

**Modernización de la infraestructura WiFi para la gestión y transformación digital de la  
Sociedad Portuaria de Buenaventura**

Celso Mosquera Reguejo

Asesor

Edgar Rodrigo Enriquez Rosero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI  
Maestría en Gestión de Tecnología de Información

2026

**Nota de Aceptación**

---

Nombre Director de Trabajo de Grado

---

Jurado

---

Jurado

## Resumen

El presente estudio estuvo orientado a desarrollar una estrategia integral de modernización de la infraestructura WiFi, apoyada en estándares de conectividad y mejores prácticas en gestión de redes, para optimizar la implementación y administración de la red inalámbrica de la Sociedad Portuaria de Buenaventura. Se desarrolló con una metodología bajo el enfoque cuantitativo, tipo de investigación descriptiva y aplicada, bajo un diseño de campo, se empleó la encuesta y observación no participante como técnicas de recolección de datos. Así mismo, se llevaron a cabo las siguientes 6 fases: diagnóstico de la infraestructura actual; diseño de la nueva infraestructura; implementación piloto; implementación completa y pruebas; capacitación del personal; seguimiento y evaluación. Finalmente, se concluye que la modernización de la infraestructura WiFi en la Sociedad Portuaria de Buenaventura es una iniciativa importante para el cambio de gestión y transformación digital. Mediante este proyecto, se han sentado bases tecnológicas para optimizar las operaciones portuarias, promoviendo un cambio sostenible que impulse la innovación en este sector y además, la competitividad.

***Palabras clave:*** Infraestructura WiFi, Modernización, Sociedad Portuaria, Transformación Digital.

### **Abstract**

This study aimed to develop a comprehensive WiFi infrastructure modernization strategy, supported by connectivity standards and network management best practices, to optimize the implementation and administration of the Buenaventura Port Authority's wireless network. The study used a quantitative, descriptive, and applied research methodology, using a field design. Surveys and non-participant observation were used as data collection techniques. The following six phases were carried out: diagnosis of the current infrastructure; design of the new infrastructure; pilot implementation; full implementation and testing; staff training; and monitoring and evaluation. Finally, it is concluded that the modernization of the WiFi infrastructure at the Buenaventura Port Authority is an important initiative for management change and digital transformation. Through this project, the technological foundations have been laid to optimize port operations, promoting sustainable change that drives innovation in this sector and, moreover, competitiveness.

***Keywords:*** WiFi infrastructure, Modernization, Port Authority, Digital Transformation.

## Tabla de Contenido

Introducción.....	15
Planteamiento del Problema.....	17
Justificación.....	25
Objetivos.....	30
Objetivo General.....	30
Objetivos Específicos .....	30
Marco Teórico y Conceptual.....	31
Antecedentes de la Investigación.....	31
Bases Teóricas.....	38
Conectividad y Gestión de Redes .....	38
Estándares Actuales de Redes Inalámbricas en Entornos Portuarios .....	38
Mejores Prácticas de Administración de Redes Inalámbricas en Puertos.....	39
Desafíos y Soluciones Específicas Para Entornos Portuarios .....	40
Impacto Económico y Competitividad .....	41
Tendencias Tecnológicas.....	43
Fundamentos de la Tecnología WiFi.....	45
Principios de Funcionamiento de la Tecnología WiFi .....	46
Estándares Internacionales en la Implementación de Redes WiFi .....	47
Seguridad en WiFi .....	49
Aplicaciones y usos de WiFi.....	50
Impacto Social y Económico de WiFi.....	52
Modelos de Modernización de Sistemas de Telecomunicaciones .....	54

Retos y Futuro de la Tecnología WiFi .....	56
Definición de Términos .....	58
Metodología.....	59
Enfoque de la Investigación .....	59
Tipo de Investigación .....	59
Diseño de Investigación .....	60
Población y Muestra.....	60
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información .....	63
Utilidad de los Datos Recopilados.....	64
Técnicas de Análisis de la Información.....	65
Codificación Temática Aplicada a la Observación no Participante .....	66
Procedimientos de la Investigación (Fases).....	67
Fase 1 Diagnóstico de la Infraestructura Actual.....	67
Fase 2 Diseño de la Nueva Infraestructura.....	67
Definición de Requisitos .....	67
Selección de Tecnologías y Equipos .....	67
Diseño de la red .....	67
Fase 3 Implementación Piloto.....	67
Ejecución del Piloto.....	67
Evaluación del Desempeño .....	68
Ajustes y Mejoras .....	68
Fase 4 Implementación Completa y Pruebas .....	68
Despliegue de la red .....	68

Pruebas Exhaustivas .....	68
Certificación de la red .....	68
Fase 5 Capacitación del Personal .....	68
Fase 6 Seguimiento y Evaluación.....	69
Monitoreo Continuo .....	69
Evaluación Periódica .....	69
Documentación y Conclusiones.....	69
Generación de Recomendaciones .....	69
Procesos Técnicos para el Cumplimiento de los Objetivos del Proyecto.....	70
Diagnóstico de la Infraestructura WiFi Existente.....	70
Objetivo Específico 1 .....	70
Actividades Desarrolladas.....	70
Caracterización Técnica del Entorno.....	70
Aplicación de Instrumentos de Recolección de Datos .....	71
Simulación de Cobertura y Análisis Espectral.....	71
Análisis de Datos .....	72
Diseño de una Estrategia Integral de Modernización .....	73
Objetivo Específico 2.....	73
Actividades Desarrolladas.....	73
Implementación de la Nueva Infraestructura y Plan de Mejora Continua.....	77
<i>Objetivo Específico 3</i> .....	77
Actividades Desarrolladas.....	77
Implementación Piloto .....	77

Despliegue Completo .....	78
Capacitación del Personal .....	79
Monitoreo, Evaluación e Impacto.....	80
Resultados de la Fase 1 Presentación y Análisis de los Datos del Diagnóstico .....	82
Resultados del Cuestionario .....	82
Cobertura de la red WiFi.....	82
Desempeño de la Red WiFi .....	83
Seguridad de la Red WiFi .....	85
Capacidad de la Red WiFi.....	86
Conclusión del Cuestionario .....	87
Resultados de la Observación no Participante .....	88
Marco Contextual del Puerto de Buenaventura .....	88
Diagnóstico de Cobertura de la red WiFi Actual.....	88
Análisis de Simulación de Cobertura (Ekahau).....	89
Evaluación de Zonas de Cobertura.....	89
Análisis del Desempeño de la Infraestructura WiFi.....	92
Evaluación de la Seguridad en la red Inalámbrica.....	92
Capacidad de la red y Saturación del Servicio.....	92
Identificación de Deficiencias Técnicas.....	93
Oportunidades de Mejora y Modernización.....	93
Recomendaciones Tecnológicas y Estratégicas.....	93
Conclusiones del Diagnóstico Mediante la Observación .....	94
Resultados de la Fase 2 Diseño de la Nueva Infraestructura.....	95

Definición de Requisitos .....	95
Objetivo General.....	95
Alcance del Proyecto.....	95
Diseño de la Red.....	97
Entregables.....	97
Resultados de la fase 3 Implementación Piloto.....	98
Objetivo de la Prueba Piloto .....	98
Metodología .....	98
Herramientas y Equipos Utilizados .....	99
Leyenda de Colores .....	100
Modo Cascada.....	102
Análisis Integrado de Resultados de Torres Seleccionadas .....	105
Resultados de la fase 4: Implementación Completa y Pruebas.....	109
Despliegue de la Red.....	110
Alta Disponibilidad de la Controladora.....	112
Configuración de Access Points (APs) .....	114
Configuraciones Clave .....	116
Fase 5 Capacitación.....	124
Fase 6 Seguimiento y evaluación.....	127
Monitoreo Continuo .....	127
Evaluación Periódica.....	127
Plan de Mejora Continua de la Infraestructura WiFi.....	128
Objetivo del Plan .....	128

Alcance.....	128
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) .....	129
Actividades del Plan de Mejora.....	129
Monitoreo Continuo .....	129
Evaluación Periódica.....	129
Optimización de la red .....	130
Seguridad de la red .....	130
Capacitación Continua .....	130
Roles y Responsables .....	130
Frecuencia de Ejecución.....	131
Conclusiones.....	132
Recomendaciones.....	135
Referencias Bibliográficas.....	136

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Problemáticas a Nivel Internacional</i> .....	20
<b>Figura 2</b> <i>Problemáticas a Nivel Nacional</i> .....	23
<b>Figura 3</b> <i>Cálculo de la Muestra Total</i> .....	62
<b>Figura 4</b> <i>Cobertura de la Señal WiFi. Pregunta 3</i> .....	83
<b>Figura 5</b> <i>Interrupciones de la WiFi. Pregunta 5</i> .....	84
<b>Figura 6</b> <i>Conocimiento de Protocolos de Seguridad. Pregunta 9</i> .....	85
<b>Figura 7</b> <i>Incidentes. Pregunta 10</i> .....	86
<b>Figura 8</b> <i>Congestión en la red WiFi. Pregunta 13</i> .....	87
<b>Figura 9</b> <i>Vista Aérea de la Sociedad Portuaria</i> .....	90
<b>Figura 10</b> <i>Mapa de Calor</i> .....	90
<b>Figura 11</b> <i>Herramienta Ekahau y los Puntos de Acceso</i> .....	91
<b>Figura 12</b> <i>Analizador de Espectro</i> .....	99
<b>Figura 13</b> <i>Interferencias</i> .....	100
<b>Figura 14</b> <i>Registro de Mapa de Calor y leyenda de Colores</i> .....	101
<b>Figura 15</b> <i>Interferencias Significativas</i> .....	102
<b>Figura 16</b> <i>Diagrama de la Topología</i> .....	109
<b>Figura 17</b> <i>Despliegue de la red</i> .....	111
<b>Figura 18</b> <i>Verificación de Gestión de APs y Usuarios en Contingencia</i> .....	113
<b>Figura 19</b> <i>Configuración de Access Points</i> .....	115
<b>Figura 20</b> <i>Configuraciones Clave</i> .....	117
<b>Figura 21</b> <i>Pruebas de Cobertura y Espectro. Mapa de Calor</i> .....	119

<b>Figura 22</b> <i>Tráfico de red</i> .....	120
<b>Figura 23</b> <i>142 Equipos Conectados</i> .....	121
<b>Figura 24</b> <i>Herramienta de Monitoreo</i> .....	122

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Cantidad de Empleados por Área</i> .....	61
<b>Tabla 2</b> <i>Cálculo de la Muestra por cada Área</i> .....	63
<b>Tabla 3</b> <i>Categorías y Códigos Temáticos</i> .....	66
<b>Tabla 4</b> <i>Cobertura de la señal WiFi. Pregunta 3</i> .....	82
<b>Tabla 5</b> <i>Interrupciones de la WiFi. Pregunta 5</i> .....	84
<b>Tabla 6</b> <i>Conocimiento de Protocolos de Seguridad. Pregunta 9</i> .....	85
<b>Tabla 7</b> <i>Incidentes. Pregunta 10</i> .....	86
<b>Tabla 8</b> <i>Congestión en la red WiFi. Pregunta 13</i> .....	87
<b>Tabla 9</b> <i>Especificaciones Técnicas Mínimas</i> .....	96
<b>Tabla 10</b> <i>Registro Consolidado de Resultados</i> .....	103
<b>Tabla 11</b> <i>Equipos Instalados</i> .....	110
<b>Tabla 12</b> <i>Capacitación</i> .....	125

## Lista de Apéndices

<b>Apéndice A</b> <i>Árbol del Problema</i> .....	150
<b>Apéndice B</b> <i>Cuestionario</i> .....	151
<b>Apéndice C</b> <i>Guion de Observación</i> .....	155
<b>Apéndice D</b> <i>Registro de Observaciones – Observación no Participante</i> .....	156
<b>Apéndice E</b> <i>Resultados de la Encuesta</i> .....	159
<b>Apéndice F</b> <i>Cronograma de Actividades</i> .....	161
<b>Apéndice G</b> <i>Fotografías de la Prueba Piloto</i> .....	162

## Introducción

Considerando que el mundo actual se encuentra cada vez más interconectado, la digitalización constituye un elemento principal en el marco de la competitividad y eficiencia en las organizaciones, y los puertos no están exentos de esto. De esta manera, el presente trabajo aborda la modernización de la infraestructura WiFi como pilar principal en la gestión digital de la Sociedad Portuaria de Buenaventura, la cual es considerada como uno de los principales puntos logísticos de Colombia, que presenta retos frente a la mejora de los procesos y operaciones que le permitan mantenerse en progreso.

En este sentido, los avances tecnológicos han impulsado la adopción de soluciones digitales orientadas a fortalecer la seguridad y la eficiencia operativa. En el sector portuario, la digitalización implica optimizar el manejo de datos, la automatización de procesos y los mecanismos de comunicación. No obstante, a partir de observaciones preliminares, se identificaron limitaciones significativas en seguridad y velocidad, las cuales restringen la implementación de nuevas tecnologías.

Por consiguiente, en función de mejorar la transformación digital, el presente estudio busca proponer e implementar una solución tecnológica que además de mejorar la conectividad, también permita implementar gestiones tecnológicas más avanzadas, como lo es el Internet de las Cosas. Por ende, se busca diseñar un plan para la modernización de la infraestructura WiFi de manera que se optimicen los diferentes procesos y a su vez, exista mayor seguridad y rendimiento en la red.

Por lo tanto, para alcanzar estos fines, la tesis se estructura de la siguiente forma: en primer lugar, se describe el planteamiento del problema; en segundo lugar, se exponen las bases teóricas, antecedentes y términos básicos; en tercer lugar, se encuentra la metodología señalando

los procedimientos, población, técnicas, instrumentos, procedimientos y fases de desarrollo; en cuarto lugar, se ubican los resultados una vez llevadas a cabo cada una de las fases; por último, se describen las conclusiones, recomendaciones y perspectivas de este estudio.

## Planteamiento del Problema

### Descripción del Problema

La tecnología es el pilar de la sociedad moderna, que impulsa su crecimiento y facilita la vida cotidiana. La infraestructura WiFi es uno de los componentes críticos de esta revolución tecnológica, puesto que facilita la conexión a Internet desde cualquier rincón, favoreciendo la flexibilidad y la movilidad. En este sentido, es importante describir algunas de las problemáticas al respecto a nivel internacional, para analizar este fenómeno a partir de una visión global.

En Ecuador, Calderón y Álava (2023) mencionan que en el Malecón de Puerto Cayo existe la necesidad de mejorar la conectividad observándose una cobertura limitada de la señal WiFi, baja velocidad y congestión y falta de infraestructura adecuada. En este sentido, tanto en un malecón como en un puerto se requiere una cobertura extensa de WiFi que cubra amplias áreas y se pueda garantizar la conectividad en todas las zonas y asegurar el adecuado funcionamiento de los sistemas.

Así mismo, en España, Herrero (2022) señala que el ámbito portuario y marítimo existen desafíos de conectividad y existe necesidad de sistemas de comunicaciones más fiables, seguros y que puedan transmitirse datos a tiempo real para mejorar la optimización de rutas y control de carga, por lo tanto, señala una problemática de falta de mejor integración de tecnologías inalámbricas como satélites, redes celulares y conectividad WiFi. Por consiguiente, tanto en el transporte marítimo como en los puertos, la conectividad es esencial para transmitir grandes cantidades de datos de manera segura y oportuna.

En este mismo orden de ideas, Díaz (2022) menciona que en España el sector marítimo posee necesidades de conectividad robusta y de baja latencia, que sean confiables para la gestión de tráfico y monitorización de carga, además, señala que mientras más avanza la tecnología la

ciberseguridad se hace más vulnerable, razón por la cual propone el uso del 5G para que constituya una oportunidad en todos los países con actividades marítimas. De esta manera, integrar tecnologías como el 5G, así como el WiFi 6 en los sistemas portuarios, pueden mejorar el manejo de datos, la seguridad y la protección tanto en puertos como en buques.

Por su parte, Lucenti (2021) menciona que en Perú específicamente en el Puerto del Callao, existe una problemática centrada en necesidad de digitalización, de adopciones de nuevas tecnologías, falta de intercambio de datos eficiente entre los actores del puerto y problemas de infraestructura física y tecnológica del puerto. Así como este puerto, otros también requieren manejar grandes cantidades de datos para ejecutar sus funciones. En consecuencia, la implementación de puertos inteligentes, es importante considerarlo y lograr que los puertos cubran todo el perímetro que generalmente son grandes áreas, para tener buena conectividad.

A su vez, Rodríguez (2021) indica que en Perú existe una necesidad de modernización de la gestión portuaria, con una regulación clara y coordinación eficiente, de manera que se implementen nuevas tecnologías que mejoren la eficiencia en gestión de los puertos. No obstante, también se identifican problemáticas asociadas a la inversión y al desarrollo de infraestructura. En este sentido, el autor propone un proceso de modernización basado en el modelo Landlord Port, el cual guarda una estrecha relación con la necesidad de desarrollar infraestructuras WiFi seguras y adaptadas a las exigencias actuales.

Cabe destacar que, en el VII Encuentro Latinoamericano y Caribeño de Comunidades Logísticas Portuarias: Red de Puertos Digitales y Colaborativos, llevado a cabo en Chile, realizado por El Sistema Económico Latinoamericano y del Caribe (SELA)(2023), se enfocó en la problemática de la falta de impulso de la transformación digital y colaboración en los puertos de América Latina y el Caribe, observándose como necesidades principales, reducir la brecha

digital (disparidad en adopción de tecnologías digitales en los diversos puertos), falta de interoperabilidad (falta de integración dificultando el intercambio de datos y cooperación), y la necesidad de mejora en la ciberseguridad. Por consiguiente, a través de una infraestructura WiFi como base para promover la transformación digital de los puertos.

Además, Veloz et al. (2022) señalan que en Ecuador (Manta) existe una problemática relacionada con la disparidad en el acceso y uso de tecnologías. En este sentido, los autores sugieren el desarrollo de infraestructuras WiFi sean de alta velocidad para poder implementar servicios inteligentes, lo cual es una necesidad, tanto para las ciudades como para las sociedades portuarias y puedan cubrir todas las áreas.

En el Figura 1, con base en las 7 citas anteriores, se pudo determinar que, a nivel internacional, existen principalmente 5 problemas relacionados con la tecnología y conectividad en las sociedades portuarias. En este sentido, se agruparon por problemas, señalando los países con incidencia en esta problemática y determinando un porcentaje aproximado de esta incidencia con base en los autores consultados. De esta manera, son los siguientes:

Problema 1: Cobertura y conectividad WiFi deficiente

Países: Ecuador, Perú, Chile (implícito en la brecha digital).

Porcentaje aproximado: 30% (alta incidencia en las fuentes).

Problema 2: Falta de integración tecnológica (5G, WiFi 6, etc.)

Países: España, Perú, Chile.

Porcentaje aproximado: 25% (necesidad de modernización tecnológica).

Problema 3: Ciberseguridad vulnerable

Países: España, Chile.

Porcentaje aproximado: 15% (preocupación creciente con la digitalización).

Problema 4: Digitalización y gestión de datos deficientes

Países: Perú, Chile, Ecuador.

Porcentaje aproximado: 20% (necesidad de puertos inteligentes).

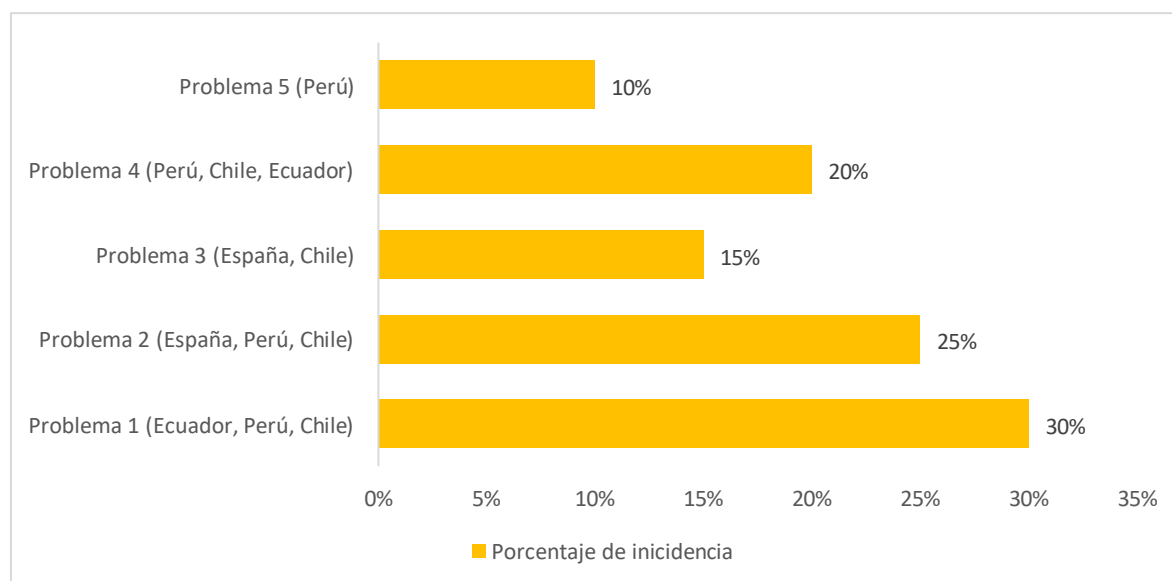
Problema 5: Ineficiencia en la gestión portuaria

País: Perú.

Porcentaje aproximado: 10% (necesidad de mejora en los procesos).

### Figura 1

#### *Problemáticas a Nivel Internacional*



La Asociación nacional de comercio exterior (Analdex) (2024) señala que, en los puertos colombianos, una de las problemáticas es la infraestructura física y tecnológica, resaltando la importancia de mejorar la conectividad entre los puertos, así mismo, indican que se requiere inversión en sistemas de información, automatización y conectividad para una mejor gestión de la cadena logística. De esta manera, una infraestructura WiFi moderna, podría mejorar la eficiencia operativa de los puertos en el país y puedan mejorar su competitividad.

Así mismo, Quintero et al., (2021) coinciden con la Analdex, señalando que la necesidad principal de los puertos es la modernización, mencionan que existe ineficiencia operativa, altos costos logísticos y falta de trazabilidad de la carga, aspectos que evidencian la necesidad de implementar tecnologías orientadas a la optimización de procesos y al fortalecimiento de la conectividad. En este contexto, la modernización de la infraestructura WiFi se proyecta como una alternativa que permite reducir los tiempos de respuesta y mejorar la calidad del servicio ofrecido a los clientes.

Por su parte, la Empresa Multimodal S.A.S. (2022) en su informe sobre el sector Portuario en Colombia Contexto, tendencias y retos, indican que actualmente existen retrasos en la actualización de infraestructura tecnológico, falta de integrar sistemas de información en los puertos, y sobrecostos logísticos, situación que evidencia la necesidad de invertir en ciberseguridad, mejorar la conectividad y facilitar la comunicación y transmisión de datos en tiempo real.

En este orden de ideas, Ramos (2023) señala que la situación portuaria en Colombia se ha venido recuperando luego de la pandemia por Covid-19 sin embargo, aún presenta necesidades de mejora, entre ellas el fortalecimiento de la cadena de suministro, y resalta la importancia de implementar nuevas tecnologías. En este contexto, la digitalización de los puertos resulta esencial para mejorar la eficiencia y optimizar los procesos; no obstante, se requiere una infraestructura WiFi sólida.

De acuerdo con Herrera (2022), realiza un análisis de los últimos 30 años de los puertos en Colombia, a partir del cual señala que hay una lenta adopción de nuevas tecnologías, distancias en conectividad terrestre que limitan el flujo de mercancías, además de ineficiencias en la gestión y operación. Por ende, se refleja una necesidad de optimizar procesos logísticos a

través de la digitalización, así como implementar redes de comunicación más robustas. Por lo tanto, mediante una buena conectividad WiFi se permite el intercambio de datos en tiempo real entre diversos actores de la cadena logística portuaria.

Por otro lado, Contreras (2024) señala que existen limitaciones en la conectividad terrestre, demoras en la gestión de carga, lenta adopción de tecnologías en los puertos y una infraestructura desactualizada, que es necesaria para manejar el creciente volumen de carga. En este sentido, las sociedades portuarias, manejan grandes cantidades de datos, por lo cual la infraestructura WiFi, debe ser capaz de soportar esta demanda.

Por último, según la CEPAL (2023), existe fragilidad de las cadenas de suministro, dependencia de factores externos, volatilidad del mercado en los precios y demanda del transporte marítimo, retraso en la digitalización, y desigualdad en la recuperación del sector portuario la cual no ha sido uniforme en el país. En consecuencia, entre las opciones viables frente a los problemas tecnológicos, está la actualización de la infraestructura WiFi, en función de la mejora de los servicios de los puertos y la reducción de los tiempos de respuesta.

Ahora bien, con base en la información reportada a nivel nacional, en el Figura 2 se muestran las principales problemáticas y sus respectivos porcentajes, considerando los autores mencionados anteriormente en el contexto colombiano. Descripción de las problemáticas:

Problema 1: Falta de modernización de infraestructura tecnológica y conectividad:

Porcentaje aproximado: 30% (alta incidencia en las fuentes).

Problema 2: Ineficiencia operativa y altos costos logísticos:

Porcentaje aproximado: 25% (necesidad de optimización de procesos).

Problema 3: Retraso en la digitalización y falta de integración de sistemas:

Porcentaje aproximado: 20% (necesidad de inversión en tecnología).

Problema 4: Limitaciones en la conectividad terrestre y trazabilidad de la carga:

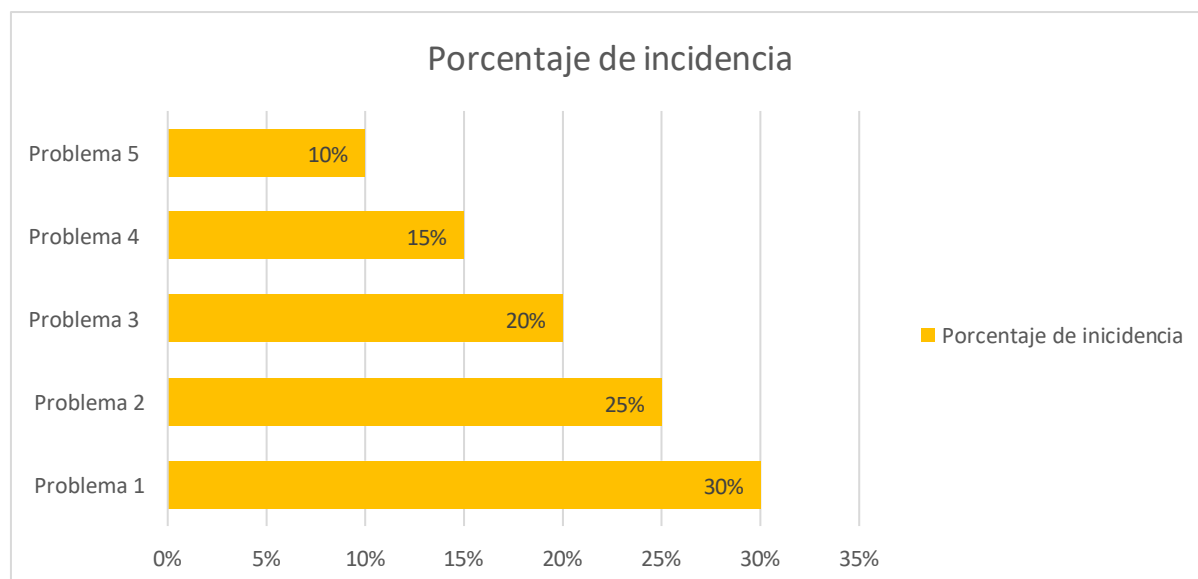
Porcentaje aproximado: 15% (desafíos en la cadena de suministro).

Problema 5: Vulnerabilidad de la ciberseguridad y gestión de datos:

Porcentaje aproximado: 10% (preocupación creciente con la digitalización).

### **Figura 2**

#### *Problemáticas a Nivel Nacional*



El problema específico que se va a abordar es el de la infraestructura WiFi en la Sociedad Portuaria, específicamente en Buenaventura, puesto que refleja una tendencia global, y varias instituciones portuarias enfrentan similares. La Sociedad Portuaria de Buenaventura refleja el desafío de modernización que enfrentan muchos puertos en países en desarrollo, donde la tecnología a menudo queda rezagada debido a la falta de inversión (Ver Apéndice A sobre el árbol del problema generado de este fenómeno en estudio).

En el caso de Buenaventura, las deficiencias en la infraestructura tecnológica son un reflejo de situaciones observadas en otros puertos internacionales. Baldeón y March (2019)

analizan problemas similares en el Puerto de Valencia, donde las restricciones tecnológicas afectaban la gestión operativa. Asimismo, el Puerto de Hamburgo abordó desafíos parecidos, y adoptó soluciones WiFi de última generación para facilitar la automatización y mejorar la seguridad cibernética (Schumann et al., 2021). En ambos casos, la modernización de la infraestructura tecnológica no solo mejoró la eficiencia, sino que también contribuyó a la sostenibilidad y reducción de tiempos de operación. Por lo tanto, es evidente que las deficiencias tecnológicas, si no se abordan adecuadamente, pueden frenar el desarrollo económico de cualquier puerto, incluida la Sociedad Portuaria de Buenaventura.

El principal problema identificado en Buenaventura es la obsolescencia de la infraestructura WiFi, que afecta la conectividad, la seguridad y la capacidad de manejar el volumen de datos requerido para las operaciones diarias del puerto. Los síntomas incluyen interrupciones frecuentes, baja velocidad y falta de cobertura uniforme, asimismo retrasa las operaciones y aumenta los costos operativos. De no solucionarse, estas deficiencias no solo limitarán la eficiencia operativa, sino que también expondrán al puerto a riesgos cibernéticos, en este contexto podría afectar gravemente su reputación y competitividad. Como estrategia de solución, se propone la modernización de la red WiFi mediante la implementación de tecnologías como WiFi 5 y sistemas avanzados de gestión de red. Esto permitirá una conectividad más robusta, segura y eficiente, preparada para las demandas futuras del puerto.

#### Pregunta de Investigación

¿Cómo puede la modernización de la infraestructura WiFi contribuir a la gestión eficiente y a la transformación digital de la Sociedad Portuaria de Buenaventura?

## Justificación

La modernización de la infraestructura WiFi en la Sociedad Portuaria de Buenaventura representa un avance significativo en la gestión operativa y estratégica del puerto. Este proyecto no solo implica una mejora en la conectividad y la comunicación, sino que también es un reflejo del compromiso con la innovación y la eficiencia en los procesos portuarios. Desde una perspectiva teórica, la actualización tecnológica es fundamental para mantener la competitividad en un mercado globalizado, como lo señalan Bobadilla y Venegas (2018), quienes afirman que la infraestructura tecnológica es un pilar clave para el desarrollo económico de los puertos.

Además, la implementación de una red WiFi robusta y moderna facilita la integración de sistemas de información y gestión logística, según Vila (2017), puede resultar en una optimización significativa de los tiempos de carga y descarga, así como en una mejora en la toma de decisiones basada en datos en tiempo real. Por lo tanto, este trabajo no solo es relevante por su impacto directo en la operatividad del puerto, sino también por su contribución a la literatura existente sobre la gestión portuaria y la infraestructura tecnológica, ya que ofrece un caso práctico de aplicación de teorías de gestión moderna y tecnología de la información.

Por otra parte, este estudio se justifica por la necesidad de actualizar y mejorar los sistemas de comunicación inalámbrica en el ámbito portuario. Esta modernización es necesaria para incrementar la eficiencia operativa y la seguridad de las actividades portuarias, permitiendo una gestión más ágil y efectiva de los recursos. Desde un punto de vista práctico, la implementación de una infraestructura WiFi robusta y actualizada facilita la rápida transmisión de datos y la conectividad constante, elementos esenciales en la logística moderna. Según Sánchez y Dávila (2021), una infraestructura de comunicaciones adecuada puede reducir significativamente los tiempos de inactividad y mejorar la coordinación entre los diferentes

actores del puerto. Además, Ortega (2019) enfatiza que la inversión en tecnologías de la información es un pilar fundamental para la competitividad en el sector portuario. Por tanto, este plan estratégico no solo responde a una necesidad actual, sino que también posiciona a Sociedad Portuaria de Buenaventura como referente en la adopción de tecnologías emergentes, garantizando su relevancia y eficacia en el futuro.

Desde una perspectiva metodológica, la investigación de campo descriptiva, como lo es esta investigación, es fundamental, puesto que permite una comprensión detallada de las condiciones actuales y facilita la identificación de áreas específicas para la mejora y modernización. Este enfoque metodológico es esencial para garantizar que las estrategias de optimización sean relevantes y efectivas. Según Garín (2020), una infraestructura WiFi robusta y bien gestionada es crítica para la eficiencia operativa en entornos portuarios. Además, Díaz (2019) enfatiza que la modernización tecnológica es un pilar clave para mantener la competitividad en la industria portuaria global. Por lo tanto, este trabajo no solo es pertinente, sino que es una contribución valiosa para la Sociedad Portuaria de Buenaventura, alineándose con las mejores prácticas y tendencias internacionales en la gestión de infraestructuras tecnológicas.

Por otra parte, este plan estratégico se justifica por la necesidad de responder a los nuevos requerimientos normativos y de conectividad que impone la transformación digital hacia el concepto de puertos 4.0, lo cual es esencial para la viabilidad y sostenibilidad a largo plazo del puerto.

La implementación de tecnologías avanzadas, como el estándar WiFi 6, es fundamental para mejorar la capacidad, rendimiento y latencia de las conexiones inalámbricas, aspectos críticos para la eficiencia operativa del puerto. Además, la gestión inteligente de recursos a través

de redes WiFi puede facilitar una administración más eficiente, lo cual permite el control en tiempo real de los recursos y mejora la toma de decisiones. La optimización de estos recursos es importante para manejar el creciente volumen de datos y la necesidad de comunicaciones seguras y confiables.

La infraestructura WiFi robusta y moderna es también un pilar para la seguridad portuaria, puesto que permite la implementación de protocolos de seguridad eficientes y la mejora en la administración del conocimiento, aspecto que resulta vital para la protección de las operaciones portuarias y la cadena de suministro (Garín, 2020). En este sentido, la modernización de la infraestructura WiFi contribuye directamente a la resiliencia y seguridad del puerto, permitiendo consolidar la confianza por parte de los usuarios y socios comerciales.

De esta manera, con este plan estratégico, se aborda las necesidades actuales y futuras del puerto en términos de digitalización y gestión de recursos. Su implementación no solo podría mejorar la operatividad del puerto, sino que también fortalecerá su posición en el ámbito internacional, lo cual garantiza su relevancia y eficacia en la era de la digitalización portuaria.

La modernización de la infraestructura WiFi en la Sociedad Portuaria de Buenaventura representa un avance crítico ante las demandas del comercio global y la eficiencia operativa. Este plan estratégico no solo busca optimizar la gestión actual, sino que también proyecta una visión a futuro donde la conectividad y la digitalización son pilares fundamentales para el desarrollo portuario. La implementación de una infraestructura WiFi robusta y moderna es esencial para la integración de tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), que permite una comunicación efectiva entre dispositivos y sistemas, lo cual mejora la coordinación y el seguimiento de las operaciones portuarias. Además, la digitalización de los puertos, como se ha observado en el sistema portuario español, conduce a una mayor eficiencia operativa y favorece

la creación de puertos inteligentes capaces de gestionar grandes volúmenes de carga con precisión y agilidad.

Por otro lado, la relevancia de este proyecto se sustenta en la necesidad de superar los desafíos que implica la falta de modernización. Sin una infraestructura adecuada, los puertos pueden enfrentar limitaciones significativas en la gestión de la carga, la seguridad y la capacidad de respuesta ante las demandas del mercado. La ausencia de una infraestructura WiFi actualizada puede resultar en una menor competitividad y en la incapacidad de adaptarse a los estándares internacionales de intercambio comercial. Por otro lado, la modernización trae consigo beneficios tangibles como la reducción de tiempos de espera, la mejora en la seguridad mediante la implementación de protocolos eficientes y la optimización de la toma de decisiones basada en datos precisos y actualizados.

En términos de consecuencias, la inacción o el retraso en la modernización de la infraestructura WiFi puede tener impactos negativos en la cadena de suministro global. La falta de conectividad adecuada y la obsolescencia tecnológica pueden conducir a ineficiencias operativas, incremento en los tiempos de tránsito y potencial saturación de las instalaciones portuarias, situación que a su vez puede afectar la imagen y la confiabilidad del puerto como nodo logístico (Ortega, 2019). En contraste, la implementación de un plan estratégico para la modernización no solo aborda estos desafíos, sino que también posiciona a la Sociedad Portuaria de Buenaventura como un líder en innovación y eficiencia dentro del sector marítimo-portuario.

Por otra parte, en relación con la viabilidad, desde el punto de vista técnico, la implementación de WiFi 6 y sistemas avanzados de gestión de red es técnicamente factible, puesto que existen proveedores y expertos disponibles en el mercado; desde la perspectiva económica, se realizará un análisis de costos-beneficios para asegurar que la inversión sea

rentable a largo plazo, considerando la reducción de costos operativos y el aumento de la eficiencia; y desde la visión de talento humano, se capacitará al personal existente y se contratarán expertos en redes para garantizar la correcta implementación y mantenimiento de la nueva infraestructura.

En consecuencia, este proyecto reviste gran importancia para la competitividad del puerto, dado que contribuye a mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y fortalecer la seguridad. Asimismo, constituye una solución estratégica que puede posicionar a Buenaventura como un puerto líder en tecnología, atraer nuevas oportunidades de negocio y consolidar su papel en el comercio global.

Finalmente, este estudio constituye un paso esencial hacia la transformación digital y la competitividad en el ámbito portuario. Este enfoque proactivo no solo mejora la operatividad actual, sino que también asegura la sostenibilidad y el crecimiento a largo plazo, alineándose con las tendencias globales y respondiendo efectivamente ante las exigencias del comercio internacional. La adopción de este plan estratégico es, por tanto, una inversión en el futuro y en la relevancia continua de la Sociedad Portuaria de Buenaventura en el escenario mundial.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar una estrategia integral de modernización de la infraestructura WiFi, apoyada en estándares de conectividad y mejores prácticas en gestión de redes, para optimizar la implementación y administración de la red inalámbrica de la Sociedad Portuaria de Buenaventura.

### **Objetivos Específicos**

Diagnosticar el estado actual de la infraestructura WiFi a través de un análisis de cobertura, desempeño, seguridad y capacidad de la red inalámbrica, para la identificación de deficiencias, oportunidades de mejora y necesidades tecnológicas.

Diseñar una estrategia integral de modernización de la infraestructura WiFi, basada en estándares de conectividad y mejores prácticas en gestión de redes, para mejorar el desempeño, la seguridad y la administración de la red inalámbrica.

Implementar la nueva infraestructura WiFi mediante pruebas piloto y monitoreo de rendimiento, capacitando al personal en su gestión y estableciendo un plan de mejora continua que garantice sostenibilidad y escalabilidad futura.

## **Marco Teórico y Conceptual**

### **Antecedentes de la Investigación**

Entre los estudios seleccionados como antecedentes del presente estudio, destacan los siguientes:

En este contexto, Castro (2021) realizó un estudio titulado "Diseño de una red de acceso radio 5G (RAN-5G) aplicado a la zona portuaria de Valencia". El objetivo general del estudio fue planificar una red de acceso radio 5G en la zona portuaria de Valencia, un área estratégica de gran relevancia nacional, que sería de las primeras en recibir cobertura 5G. La metodología empleada incluyó el uso de la herramienta Xirio Online para obtener una cobertura de red óptima, que abarcó distintas fases de optimización y análisis de las características de la cobertura. Los resultados mostraron las ventajas y desventajas de la banda de 700MHz y las mejoras que esta podría traer tanto para los usuarios finales como para las operadoras. Las conclusiones destacaron el impacto socioeconómico positivo que tendría el despliegue de redes 5G en la zona portuaria.

En cuanto al aporte de esta propuesta, el trabajo de Castro puede ofrecer datos valiosos sobre planificación y optimización de redes en zonas portuarias, aspecto fundamental para la modernización de la infraestructura WiFi. La implementación de una red 5G en Valencia constituye un modelo replicable y adaptable para la Sociedad Portuaria de Buenaventura, permitiendo una gestión más eficiente y una modernización acorde con nuevas demandas tecnológicas y de conectividad. Además, el análisis detallado de frecuencias y la planificación estratégica representan elementos que contribuyen significativamente, garantizando una implementación exitosa y el desarrollo de infraestructura robusta y preparada para el futuro.

Por otro lado, Fernández (2020) realizó un estudio denominado "Tecnología Blockchain en la logística portuaria". Su objetivo general fue introducir el uso de la tecnología Blockchain en el sector de la logística portuaria, no solo mediante la presentación de las nociones básicas de esta tecnología sino también enfocándose en su aplicación en la cadena de suministro y logística portuaria. La metodología empleada consistió en una primera parte introductoria sobre Blockchain, seguida de un análisis más profundo sobre los beneficios, limitaciones y aplicaciones sectoriales de la tecnología. Posteriormente, se estudió su implementación específica en la logística portuaria, definiendo la logística y la cadena de suministro, y al analizar la estructura de las terminales de contenedores portuarios y las relaciones entre los agentes de la cadena. Los resultados destacaron la implementación de plataformas Blockchain en el sector portuario, desde las que optimizan la cadena de suministro hasta las que resuelven ineficiencias en terminales de contenedores. Las conclusiones del trabajo resaltaron la capacidad transformadora del Blockchain para la logística portuaria, ofreciendo integridad, trazabilidad, transparencia y confianza en la gestión y transacción de datos.

En cuanto al aporte a esta propuesta, el trabajo de Fernández puede contribuir significativamente, puesto que la implementación de Blockchain puede mejorar la seguridad y transparencia de las transacciones comerciales, aspectos cruciales para la modernización de la infraestructura WiFi. Al proporcionar un registro seguro y descentralizado de las transacciones, se reducen los riesgos de fraude y se mejora la confianza entre los diferentes actores del ecosistema portuario. Esto es particularmente relevante para la Sociedad Portuaria de Buenaventura, puesto que una infraestructura WiFi modernizada y segura es fundamental para la digitalización y la transformación hacia un puerto inteligente o Smart Port.

Por su parte, Villamil (2019) realizó un estudio denominado "Diseño e implementación de red inalámbrica WiFi para mejorar la cobertura en el campamento de la mina calenturitas del grupo Rodeco" donde aborda un proyecto técnico crucial para la optimización de la comunicación inalámbrica en un entorno industrial específico. El objetivo general del estudio es mejorar significativamente la cobertura y la conectividad de la red inalámbrica en el campamento de la mina Calenturitas, lo cual es esencial para la operatividad y seguridad en dichas instalaciones. La metodología incluye un análisis detallado de las condiciones existentes de la red, seguido de la implementación de tecnologías y prácticas de ingeniería avanzadas para ampliar la cobertura de la red WiFi. Los resultados esperados se relacionan con una cobertura ampliada y una señal más robusta, asegurando una comunicación eficiente y confiable para las operaciones de la mina. Las conclusiones destacan la importancia de una red inalámbrica bien diseñada e implementada para el éxito operativo y la seguridad en entornos de trabajo remotos y desafiantes.

En cuanto al aporte de la presente propuesta, este trabajo facilita información teórica práctica sobre el proceso de mejora de la cobertura WiFi en un entorno operativo complejo. Tales conocimientos pueden aplicarse en la modernización de la infraestructura WiFi en la Sociedad Portuaria, donde la eficiencia, la confiabilidad y la seguridad son igualmente críticas. La adaptación de las estrategias utilizadas en el campamento de la mina Calenturitas podría facilitar una transición más suave hacia tecnologías más avanzadas y sistemas de gestión de red en la Sociedad Portuaria, alineándose con los objetivos de modernización y mejora continua. Esto demuestra cómo las soluciones innovadoras en un sector pueden ser transferidas y adaptadas para satisfacer las necesidades en otro, dicha condición potencia la infraestructura y las capacidades operativas de la Sociedad Portuaria de Buenaventura.

Ahora bien, en el estudio realizado por Baquero (2019), titulado "Efectos del uso de tecnología de inspección no intrusiva en la gestión logística portuaria de Cartagena conllevan a una mayor competitividad del país", el objetivo general del estudio fue analizar cómo la implementación de tecnologías de inspección no intrusiva puede mejorar las operaciones en los puertos de Colombia, específicamente en Cartagena, y cómo esto puede conducir a una mayor competitividad del país en el ámbito internacional.

La metodología empleada se basó en un análisis detallado de las operaciones portuarias y los procesos de inspección, mediante la evaluación de los tiempos y costos asociados con las aduanas y la seguridad de la carga. Los resultados indican que la adopción de esta tecnología reduce significativamente los tiempos de inspección y los costos de aduana, en consecuencia permite un traslado más seguro de la mercancía y aumenta la confiabilidad y seguridad del puerto de Cartagena en comparación con otros puertos colombianos. Las conclusiones resaltan la importancia de la tecnología de inspección no intrusiva para mejorar la eficiencia y la competitividad, y cómo esto puede influir positivamente en la economía del país a través de un aumento en las exportaciones y los beneficios económicos asociados.

En cuanto al aporte a la propuesta "Gestión en la implementación y modernización de la infraestructura WiFi de la Sociedad Portuaria de Buenaventura", este trabajo subraya la relevancia de la modernización tecnológica en los puertos. La implementación de tecnologías de inspección no intrusiva es un paso relevante hacia la digitalización y la mejora de la infraestructura portuaria, en este sentido, se articula con los esfuerzos de modernización, como la infraestructura WiFi. Esto no solo mejora la gestión logística, sino que también fortalece la seguridad y la capacidad de adaptación a los estándares internacionales, contribuyendo así a la competitividad global del puerto de Buenaventura.

Por otra parte, el estudio "Diagnóstico de los puertos del Caribe colombiano y su importancia en la competitividad" realizado por Torres (2019) es un estudio detallado que aborda la relevancia de la logística portuaria en el Caribe Colombiano como un factor crucial para la competitividad en el comercio internacional. Aunque la información específica sobre el autor no está disponible en los resultados de la búsqueda, el objetivo general del estudio es analizar el desempeño logístico actual y las deficiencias generales que afectan al sector, con el fin de contextualizar la situación de los puertos de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta. La metodología empleada es cualitativa, centrada en la evolución del sector y en un análisis detallado de las operaciones logísticas. Los resultados destacan las problemáticas encontradas en los tres puertos durante las visitas y cómo estas afectan la eficiencia de los procesos, los costos asociados y las oportunidades en los mercados extranjeros, ofreciendo alternativas para mejorar el rendimiento de las operaciones logísticas analizadas.

Respecto de las conclusiones, se enfatiza la importancia de los puertos en el desarrollo de la competitividad de las economías globales en asuntos comerciales, económicos, políticos y sociales. Respecto al aporte a la propuesta "Gestión en la implementación y modernización de la infraestructura WiFi de la Sociedad Portuaria de Buenaventura",

Este estudio podría proporcionar información valiosa sobre cómo la infraestructura portuaria y la logística influyen en la competitividad y, por ende, cómo la modernización tecnológica, como la implementación de infraestructura WiFi, puede ser un factor determinante en la mejora de la eficiencia y la competitividad de los puertos. Estos hallazgos, son importantes para tomar como orientación en cuanto a la modernización tecnológica y mejorar la gestión portuaria en general.

El estudio "Análisis de sensibilidad de la generación de valor como resultado de la inversión en infraestructura y tecnología portuaria para la sociedad portuaria de Buenaventura", realizado por Castillo y Ocampo (2019), es un estudio detallado que aborda la importancia de la inversión en infraestructura y tecnología en el ámbito portuario y su impacto en la creación de valor. Aunque no se proporciona información específica sobre el autor, el objetivo general del estudio es evaluar cómo las inversiones en infraestructura y tecnología pueden afectar la eficiencia y la rentabilidad de las operaciones portuarias. La metodología empleada incluye un análisis de sensibilidad, que es una técnica de gestión de proyectos que estudia y proyecta los posibles resultados de una inversión según la variación de los factores involucrados en dicha operación. Los resultados destacan la correlación entre la inversión realizada y la mejora en la gestión portuaria, en consecuencia influye positivamente en la competitividad del puerto. Las conclusiones del estudio resaltan la importancia de la inversión en tecnología como un medio para mejorar la gestión portuaria y, por ende, la competitividad en el mercado global.

En cuanto al aporte a la presente propuesta, este estudio proporciona una base analítica para comprender cómo la inversión en tecnología, específicamente en infraestructura WiFi, puede ser un factor determinante en la mejora de la eficiencia operativa. La implementación de tecnología WiFi no solo facilita la comunicación y el intercambio de información en tiempo real, sino que también permite una mejor coordinación y gestión de las actividades portuarias. Esto puede conducir a una reducción de los tiempos de espera, una optimización de los procesos logísticos y, en última instancia, a un aumento en la generación de valor para la sociedad portuaria y sus stakeholders. Por lo tanto, el estudio subraya la relevancia de la inversión en infraestructura tecnológica como un pilar clave para el desarrollo y modernización de las operaciones portuarias en Buenaventura.

Finalmente Contreras (2019), realizó un estudio titulado "Propuesta del uso de drones en el puerto de Buenaventura para los muelles 5, 6, 7 y 8, en el proceso portuario de contenedores y la disminución de riesgos asociados, con base en la visita al puerto internacional de Miraflores de Panamá" fue elaborado por Juan Sebastián Contreras Moreno, con el objetivo general de desarrollar una propuesta para la implementación de drones en el proceso de importación y exportación de contenedores en el puerto de Buenaventura, con el fin de reducir los riesgos asociados.

La metodología empleada incluyó un análisis detallado de las operaciones portuarias y los riesgos involucrados, así como una revisión de las prácticas en el puerto de Miraflores en Panamá como referencia. Los resultados destacaron la viabilidad de usar drones para mejorar la seguridad y eficiencia en los procesos logísticos, detalla las características que deberían tener los dispositivos y los procedimientos necesarios para su implementación. Las conclusiones resaltaron la importancia de integrar nuevas tecnologías como los drones en los procesos portuarios para mantener la competitividad y seguridad.

En cuanto al aporte a la propuesta "Gestión en la implementación y modernización de la infraestructura WiFi de la Sociedad Portuaria de Buenaventura", la utilización de drones podría complementar y potenciar esta modernización al proporcionar una plataforma móvil para monitorear y optimizar la cobertura y calidad de la red WiFi, aspecto crucial para la implementación de soluciones de Internet de las Cosas (IoT) y otros avances tecnológicos en el puerto.

## **Bases Teóricas**

### **Conectividad y Gestión de Redes**

#### ***Estándares Actuales de Redes Inalámbricas en Entornos Portuarios***

En la actualidad, la conectividad de los puertos modernos constituye un elemento principal para la eficiencia y competitividad. En este sentido, la posibilidad de intercambiar información de forma segura y veloz, conlleva a que las operaciones se realicen de forma optimizada, se mejore la toma de decisiones y también la cadena de suministro, puesto que como señala Rodríguez et al., (2024) la digitalización de los puertos mediante tecnologías de conectividad actuales, es principal para afrontar la globalización del comercio y, además, garantizar que las operaciones portuarias estén alineadas con el desarrollo sostenible.

Ahora bien, los estándares IEEE 802.11, conocidos como WiFi, brindan soluciones de conectividad inalámbrica de alta velocidad para las sociedades portuarias. De acuerdo con Akinobu y Takahiro (2024) puede soportar múltiples dispositivos, aplicaciones, realizar operaciones de gestión de inventario y controlar los sistemas de video vigilancia, convirtiéndose en una opción viable para digitalizar las operaciones en los puertos, puesto que la implementación de redes WiFi permite minimizar costos e incrementar la seguridad.

Por otra parte, las tecnologías 5G y LTE brindan conectividad de altas capacidades y de amplio alcance, por consiguiente son relevantes para las sociedades portuarias extensas y de acceso difícil. Según Wang et al, (2019) implementar 5G en puertos posee ventajas como la automatización de procesos, optimización de la gestión, la logística, seguridad, soporta aplicaciones de banda ancha, transmisión de videos de gran definición y realidad aumentada.

Por otro lado, distintos puertos a nivel mundial han optado por implementar estos y otros estándares de conectividad. Por ejemplo, en el puerto de Róterdam, se usan redes WiFi 5G para

gestión de contenedores, monitorizar la infraestructura, automatizar operaciones y mejorar la seguridad, constituyendo un ejemplo del potencial de las tecnologías de conectividad en el marco de la transformación de los puertos (UNCTAD, 2021).

### ***Mejores Prácticas de Administración de Redes Inalámbricas en Puertos***

Con el fin de asegurar un óptimo rendimiento y cobertura adecuada, es importante una pertinente planificación de la red. En este sentido, Kurose y Ross (2017) comparten que planificar la red de forma bien ejecutada, conlleva a llevar a cabo investigación detallada de cobertura para la identificación de áreas sin señal o débil y para analizar las interferencias para reducir posibles conflictos entre dispositivos. De esta manera, los estudios permiten mejorar la potencia de transmisión, seleccionar los canales de frecuencia más adecuados y conseguir una red y una experiencia de usuario más eficiente.

Esta eficiencia, también está relacionada con la seguridad de la red, la cual es una preocupación significativa en los entornos digitales. Según Stallings y Brown (2018) es importante implementar autenticación robusta a través de protocolos como WPA2/3, cifrado de datos con algoritmos como Estándar de Cifrado Avanzado (AES) con el propósito de proteger la confidencialidad e integridad de los datos que se transmiten. Así mismo, el uso de firewalls, sistemas para detectar intrusiones y el empleo de segmentación de la red para proteger de posibles ataques.

Aunado a esto, es importante llevar a cabo la monitorización y gestión eficiente de la red, para garantizar el mejor rendimiento. Al respecto, Tanenbaum y Wetherall (2011) afirman que la monitorización proactiva de la red permite resolver problemas de rendimiento antes que impacte en el usuario final y con una gestión eficiente, se facilita el mantenimiento y actualización pertinente de los dispositivos, lo cual se alcanza a través del análisis de métricas de rendimiento,

implementación de políticas de calidad de servicio y con la generación de alertas. En este orden de ideas, Forouzan (2017) menciona algunas herramientas de monitoreo y gestión de redes, como Wireshark (análisis de tráfico de red), Nagios (monitorizar dispositivos y servicios) y PRTG Network Monitor (visualización y gestión del rendimiento de la red). Estas son herramientas que aportan información relevante sobre el estado de la red.

### ***Desafíos y Soluciones Específicas Para Entornos Portuarios***

Las sociedades portuarias presentan retos importantes en cuanto a conectividad inalámbrica especialmente por las interferencias electromagnéticas que emite la maquinaria, los equipos, debido a las condiciones climáticas, vientos y salinidad. Sobre este planteamiento, Colakovic y Hadzialic (2018) indican que la densidad de equipos electrónicos y variación climática en los puertos, requieren soluciones robustas en cuanto a la conectividad para garantizar que la comunicación no sea interrumpida, debido a que son condiciones que pueden afectar la calidad de la señal, fiabilidad de la red y, por consiguiente, su eficiencia y seguridad en las operaciones portuarias.

En este sentido, para abordar estos retos existen distintas soluciones como o es el uso de antenas direccionales (enfocan la señal y reducen interferencias), tecnologías de malla (aportan flexibilidad en la cobertura). De acuerdo con Akbani (2024) implementar redes de malla con antenas direccionales y, además, protocolos de enrutamiento adaptativos, puede mejorar la eficiencia de la conectividad, mejorar el rendimiento de la red y que se garantice la comunicación en condiciones desfavorables.

Así mismo, la ciberseguridad en las sociedades portuarias son otro aspecto relevante debido a la cantidad de dispositivos conectados aunado a las condiciones en que pueden operar. Según la Agencia de la Unión Europea para la Ciberseguridad (ENISA) (2023), los puertos son

infraestructuras que requieren medidas robustas para protegerse contra ataques maliciosos que pueden interrumpir las operaciones, de este modo es importante implementar cifrado de datos, autenticación multifactorial y sistemas de detección de intrusiones.

### ***Impacto Económico y Competitividad***

**Contexto y Fundamentos.** Los puertos tanto a nivel mundial como en Colombia, poseen un papel importante en la economía, puesto que actúan como punto clave para el desarrollo del comercio internacional y para el desarrollo de la región. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2022), los puertos en Colombia son fundamentales para vincular al país con mercados globales, facilita la exportación de productos (café, flores, carbón), además se importan bienes y materias prima. De esta manera, es una conectividad que favorece el crecimiento de la economía y mejora la competitividad de Colombia frente al mundo.

En este sentido, los puertos en Colombia poseen una influencia en la economía que se manifiesta mediante la contribución al Producto Interno Bruto (PIB), generación de empleo y promoción del comercio exterior. Según la Superintendencia de Puertos y Transporte de Colombia (2023), las actividades portuarias tienen un porcentaje importante del PIB nacional, generando empleos directos e indirectos especialmente en las zonas costeros. Por lo tanto, se favorece al intercambio comercial.

Aunque tienen gran relevancia, los puertos en Colombia también afrontan desafíos de mejora de infraestructura, así como también relativo al impacto ambiental a partir de sus operaciones. De acuerdo con un informe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2021), implementar tecnologías avanzadas en los puertos (puerto 4.0, el Internet de las Cosas, Big Data), puede optimizar la gestión de carga, ayudar a contrarrestar el impacto ambiental y mejorar la eficiencia de las operaciones portuarias.

**Impacto y Competitividad.** La modernización en los puertos influye en el ámbito económico al promover la eficiencia y minimizar los costos. De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2020) invertir en tecnologías avanzadas (automatizar carga, digitalizar procesos), puede reducir tiempos de espera, optimizar la cadena de suministro e incrementar la capacidad de carga y descarga en los puertos. Mediante estos avances, se impulsa el comercio y se genera mayor competitividad.

En la actualidad, la competitividad de los puertos se condiciona por su capacidad de adoptar tecnologías emergentes, innovadoras y garantizar la ciberseguridad. Según un informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) (2022) implementar sistemas de gestión portuaria inteligentes, optimizar la logística mediante el Big Data y proteger los datos sensibles con protocolos robustos, son factores indispensables para mejorar la velocidad y fiabilidad en los puertos.

En este sentido, los puertos tienen un futuro enmarcado en las tendencias como la adopción de tecnologías inteligentes y por la sostenibilidad. Al respecto, Autoridad Portuaria de Valencia (2023), señala que integrar la inteligencia artificial, sensores IoT y blockchain, permite crear puertos inteligentes que además de mejorar la seguridad y gestión de carga, también reduzcan el impacto ambiental.

## ***Tendencias Tecnológicas***

**Fundamentos y Evolución Tecnológica.** El uso de tecnologías como Big Data, inteligencia artificial y blockchain ha transformado el sector portuario, fomentando a su vez, la adopción de “Puerto 4.0”. De acuerdo con un informe de la Autoridad Portuaria de Róterdam (2021) integrar estas tecnologías ayuda a mejorar la cadena de suministro y a lograr mayor transparencia en las transacciones portuarias, puesto que se automatizan procesos, se asegura la trazabilidad con blockchain y se analiza gran cantidad de datos.

Asimismo, para el desarrollo de puertos inteligentes, el Internet de las Cosas (**IoT**) ha permitido impulsar cambios y mejoras en el intercambio de datos en tiempo real. Según la UNCTAD (2022), el IoT en el ámbito portuario está conformado por sensores, actuadores, redes de comunicación y plataformas de gestión de datos; estos componentes permiten controlar y supervisar las operaciones portuarias. En consecuencia, constituyen elementos clave para la creación de sistemas inteligentes en los puertos.

De esta manera, las aplicaciones del IoT en los puertos son diversas, tanto desde la monitorización, como la optimización y mantenimiento predictivo. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2023) el IoT permite ubicar y determinar el estado de la carga en tiempo real, mejorar el flujo de equipos, vehículos y predecir fallos en los mismos mediante sensores. De esta manera, se mejora la eficiencia en las operaciones portuarias.

**Futuras Innovaciones y Desafíos.** En cuanto al futuro tecnológico de los puertos, se desarrolla a través de innovaciones como los gemelos digitales (para la simulación y optimización de operaciones en tiempo real), integración de vehículos autónomos y drones para la logística. De acuerdo con Rodríguez et al. (2024) implementar gemelos digitales en puertos permite que se simulen escenarios complejos y se pueda mejorar la planificación de carga y el tráfico, además, a través de vehículos autónomos y el uso de drones, se puede agilizar el transporte de mercancías y también realizar la inspección de infraestructuras. Por lo tanto, son tecnologías que aportan a la transformación positiva de la eficiencia en los puertos.

En cuanto a la inteligencia artificial y el aprendizaje automático (ML) cumplen un papel importante en la creación de puertos inteligentes. Según la Organización Marítima Internacional (OMI) (2023) con la inteligencia artificial se pueden analizar grandes volúmenes de datos y predecir patrones de tráfico, diagnosticar anomalías en la seguridad; por su parte, con el aprendizaje automático los sistemas aprenden y se adaptan a las condiciones cambiantes del contexto portuario. Con estas tecnologías, se automatizan procesos y la toma de decisiones se realizan en datos que ayudan a mejorar la gestión portuaria.

Por otra parte, adoptar tecnologías IoT en los puertos implica afrontar retos relacionados con la protección de datos en entornos conectados, interoperabilidad y estandarización de tecnologías. Según Giraldo (2023), implementar métodos de ciberseguridad es importante para la protección de datos, mejorar la interoperabilidad de dispositivos y sistemas, y lograr adoptar un enfoque colaborativo al implementar tecnologías IoT. En consecuencia, son recomendaciones tecnológicas que garantizan mayor seguridad, gestión, eficiencia y sostenibilidad en los puertos.

## **Fundamentos de la Tecnología WiFi**

La tecnología WiFi, conocida formalmente como IEEE 802.11, ha experimentado una notable evolución desde su concepción. Originada en la década de 1970 en la Universidad de Hawaii, la primera red de área local inalámbrica (WLAN) marcó el inicio de una revolución en la conectividad inalámbrica. WiFi permite la transmisión de datos entre dispositivos sin la necesidad de conexiones físicas, ya que utiliza ondas de radio para comunicarse. A lo largo de los años, se han desarrollado diversos estándares, como 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac y 802.11ax, cada uno mejora la velocidad, el alcance y la eficiencia de la conexión (Roca, 2019).

Por su parte, Valdez (2018) señala que los avances en la industria WiFi han sido impulsados por la creciente demanda de conectividad inalámbrica fiable y rápida. Desde los primeros días de conexiones limitadas a 2 Mbps hasta las velocidades de hasta 10 Gbps de WiFi 6, la tecnología ha avanzado para satisfacer las necesidades de un mundo cada vez más interconectado. Estos desarrollos han permitido la proliferación de entornos IoT, la automatización del hogar y la adopción masiva del teletrabajo, transformando la manera en que interactuamos con el mundo digital.

La tecnología WiFi es para comunicación inalámbrica la cual ha evolucionado significativamente desde sus inicios, ofreciendo una conectividad sin precedentes que ha cambiado la forma en que vivimos y trabajamos. Su desarrollo continúa, con estándares emergentes como WiFi 7 en el horizonte, prometiendo llevar la conectividad inalámbrica a nuevas alturas (González, 2018).

### ***Principios de Funcionamiento de la Tecnología WiFi***

La tecnología WiFi, un pilar fundamental en la comunicación inalámbrica moderna, opera bajo un conjunto de principios técnicos y estándares que permiten la transmisión de datos a través de ondas de radio. El primer principio es la modulación de frecuencia, que implica el ajuste de la frecuencia de la señal de radio para transmitir información, citando a Bernard Sklar en su obra "Digital Communications: Fundamentals and Applications", donde explica que "la modulación es esencial para adaptar la información a las características del canal de transmisión" (p. 1).

El segundo principio es el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), que permite que múltiples dispositivos utilicen simultáneamente diferentes frecuencias dentro de la banda de WiFi, como lo describe Romero (2020), señalando que "el FDMA divide el ancho de banda disponible en canales más pequeños para evitar interferencias y maximizar el uso del espectro" (p. 25).

El tercer principio es el protocolo de control de acceso al medio (MAC), que regula cómo los dispositivos se comunican dentro de una red para evitar colisiones de datos, un concepto que Salazar (2018) afirma que "el MAC es crucial para mantener una comunicación eficiente y ordenada entre múltiples usuarios" (p. 14). El cuarto principio es la gestión de la potencia de transmisión, que busca optimizar la fuerza de la señal para mejorar la conectividad y reducir la interferencia, como lo detalla Romero (2020), donde menciona que "ajustar la potencia de transmisión es vital para alcanzar un equilibrio entre alcance y calidad de la señal" (p. 5).

El quinto principio es la seguridad de la red, que incluye protocolos como WPA y WPA2, diseñados para proteger la información transmitida a través de WiFi. Al respecto, Andrade (2019), explica que "la seguridad en redes WiFi es un desafío constante debido a la naturaleza

accesible de su medio de transmisión". Finalmente, el sexto principio es la compatibilidad hacia atrás, que asegura que los dispositivos más nuevos puedan comunicarse con los más antiguos, manteniendo la funcionalidad de la red a lo largo del tiempo. Al respecto, Romero (2020) destaca que "la compatibilidad hacia atrás es esencial para la evolución tecnológica, permitiendo la integración de innovaciones sin descartar equipos existentes". Estos principios son la base sobre la cual la tecnología WiFi se desarrolla y continúa evolucionando, permitiendo una conectividad inalámbrica rápida, confiable y segura en un mundo cada vez más interconectado.

### ***Estándares Internacionales en la Implementación de Redes WiFi***

La implementación de redes WiFi a nivel internacional se rige por una serie de estándares que aseguran la compatibilidad y eficiencia de las conexiones inalámbricas. Estos estándares son desarrollados y actualizados periódicamente por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), bajo la denominación 802.11, con diversas extensiones que indican sus especificaciones y mejoras. Desde el inicio de la tecnología WiFi, con el estándar 802.11 original que permitía transferencias de datos a 2 Mbps en la banda de 2.4 GHz, la evolución ha sido constante. García y Quílez (2019), en su artículo sobre los estándares WiFi más utilizados, destaca cómo esta evolución ha traído consigo mejoras significativas en alcance, rendimiento y estabilidad, adaptándose a entornos con múltiples dispositivos.

El estándar 802.11a, por ejemplo, introdujo la operación en la banda de 5 GHz, ofreciendo una velocidad máxima de 54 Mbps, mientras que el 802.11b, trabajando en la banda de 2.4 GHz, popularizó la tecnología WiFi al ofrecer una forma más accesible y con una velocidad de 11 Mbps. Con el paso del tiempo, los estándares han ido incorporando mejoras en velocidad y eficiencia, como el 802.11n que permite velocidades de hasta 600 Mbps y operación

en ambas bandas de 2.4 GHz y 5 GHz, aumentando significativamente el rendimiento y la capacidad de conexión (Teleanu, 2022).

Por otra parte, el estándar 802.11ac, conocido también como WiFi 5, marcó un antes y un después en la historia de WiFi, al estandarizar velocidades de hasta 1.3 Gbps en la banda de 5 GHz y la introducción de tecnologías como MU-MIMO, que mejoran la eficiencia y el rendimiento en entornos con múltiples usuarios y dispositivos. Mora et al., (2021), en su análisis sobre los tipos de estándares WiFi, resalta la importancia de estos avances para mantener la velocidad y la calidad de la conexión en un mundo cada vez más conectado.

Mirando hacia el futuro, el estándar 802.11ax, o WiFi 6, representa el compromiso continuo con la mejora de la tecnología WiFi, ofreciendo velocidades de hasta 10 Gbps y una mayor eficiencia en entornos congestionados, gracias a tecnologías como OFDMA y BSS Coloring. Además, se anticipa la llegada del WiFi 7 (802.11be), que promete revolucionar aún más la conectividad inalámbrica con velocidades de hasta 30 Gbps y operación en bandas de 2.4 GHz, 5 GHz y 6 GHz, según se detalla en los informes de la industria (García y Quílez, 2019).

Estos estándares no solo representan un avance tecnológico, sino que también son un reflejo de la necesidad de adaptarse a las demandas de una sociedad que requiere conexiones más rápidas, estables y seguras. Según Teleanu (2022), la implementación de estos estándares a nivel global asegura que los usuarios puedan disfrutar de una experiencia de conexión inalámbrica uniforme y de alta calidad, independientemente de su ubicación geográfica.

En consecuencia, los estándares internacionales en la implementación de redes WiFi son fundamentales para el desarrollo y la expansión de la conectividad inalámbrica en todo el mundo. A través de la estandarización, se garantiza la interoperabilidad entre dispositivos, se mejora la seguridad de las conexiones y se fomenta la innovación tecnológica, asegurando que la

infraestructura de red esté preparada para las necesidades actuales y futuras de los usuarios (Mora et al., 2021). La continua evolución de estos estándares es testimonio del dinamismo y la resiliencia de la tecnología WiFi, una herramienta indispensable en la era digital.

### ***Seguridad en WiFi***

La seguridad en las redes WiFi es un tema de creciente importancia en el mundo digital actual. Con la proliferación de dispositivos conectados y la dependencia de las conexiones inalámbricas, garantizar la protección de los datos se ha convertido en una prioridad. Los protocolos de seguridad como WEP, WPA, WPA2 y WPA3 son fundamentales para salvaguardar la información que circula por estas redes. Según Ramírez (2017), es esencial verificar el cifrado de la red y elegir el protocolo de seguridad más robusto para prevenir accesos no autorizados.

En el contexto doméstico, la seguridad WiFi comienza con la asignación de una contraseña fuerte y la configuración adecuada del router. La utilización de WPA2, y más recientemente WPA3, ofrece un nivel de seguridad superior en comparación con sus predecesores. Suárez (2019) enfatiza la importancia de proteger las redes WiFi personales, puesto que incluso en el entorno más familiar, la falta de medidas de seguridad adecuadas puede permitir que terceros accedan a la red con fines no deseados.

Las redes WiFi públicas presentan desafíos adicionales debido a su carácter abierto y accesible. En muchos casos, los usuarios se conectan sin evaluar los riesgos asociados. En este contexto, resulta fundamental verificar las condiciones de seguridad de la red antes de establecer una conexión, prestando especial atención a la presencia de protocolos de cifrado confiables, como WPA o WPA2. Asimismo, la formación y concienciación de los usuarios en materia de

ciberseguridad constituyen factores clave para la protección de la información personal en entornos digitales.

Además, la configuración del *router* juega un papel vital en la seguridad de la red. La implementación de HTTPS en la configuración del *router* y la ocultación del SSID son prácticas recomendadas que pueden disminuir la visibilidad de la red a posibles intrusos (Rodríguez, 2017). Estas medidas, aunque pueden parecer técnicas, son esenciales para mantener la integridad de la red WiFi y la privacidad de los datos.

Para las empresas, la seguridad WiFi es aún más crítica, debido a que la pérdida o el compromiso de datos corporativos puede tener consecuencias devastadoras. Las prácticas de seguridad deben ser exhaustivas y actualizadas regularmente para enfrentar las amenazas emergentes. La implementación de redes virtuales privadas (VPN) y el acceso controlado a la red son estrategias que las organizaciones pueden adoptar para mejorar la seguridad (Ramírez, 2017).

En consecuencia, la seguridad en WiFi es un aspecto fundamental de nuestra vida digital que requiere atención y acción constante. Desde la elección de un protocolo de seguridad adecuado hasta la configuración avanzada del router, cada paso es crucial para proteger la información personal y corporativa. Como sociedad, debemos continuar educándonos y adaptando nuestras prácticas de seguridad para navegar con confianza en el ciberespacio.

### ***Aplicaciones y usos de WiFi***

La implementación de WiFi ha revolucionado la forma en que se interactúa con el mundo digital. Desde su concepción, esta tecnología inalámbrica ha permitido una conexión a Internet sin las ataduras de cables, brindando una flexibilidad sin precedentes en el acceso a la información y la comunicación. Según Castilla y Marrullo (2016), "el WiFi no solo ha cambiado

la manera en que las personas acceden a Internet, además ha transformado los espacios de trabajo, eliminando la necesidad de estar físicamente conectado a una red" (p. 67). Esta afirmación resalta la influencia del WiFi en la creación de entornos laborales más dinámicos y colaborativos.

En el ámbito educativo, el WiFi ha tenido un impacto significativo, facilitando el aprendizaje en línea y el acceso a recursos educativos. Smith (2020) señala que "la disponibilidad de WiFi en instituciones educativas ha democratizado el acceso al conocimiento, permitiendo que estudiantes de todas partes del mundo participen en experiencias de aprendizaje enriquecedoras". De esta manera, se resalta la importancia del WiFi como herramienta para la inclusión y la igualdad de oportunidades en la educación.

La implementación de WiFi en el sector salud también ha sido crucial, mejorando la eficiencia de los servicios médicos y la gestión de la información del paciente. Mut (2019) comenta que "el uso de WiFi en hospitales ha permitido una mejor coordinación entre el personal médico y una rápida respuesta ante emergencias" (p. 27). Esto evidencia cómo el WiFi no solo optimiza procesos, sino que también puede tener un impacto directo en la calidad de la atención al paciente.

En el mundo empresarial, el WiFi ha transformado el lugar de trabajo, permitiendo una mayor movilidad y colaboración. Los empleados ya no están confinados a sus escritorios y pueden llevar a cabo reuniones virtuales o trabajar en proyectos colaborativos desde cualquier lugar con conexión a Internet. Este cambio ha sido tan significativo que, según Huidobro (2022), "el WiFi es una de las fuerzas motrices detrás de la evolución hacia un trabajo más creativo y menos jerárquico" (p. 3).

En el sector del entretenimiento, el WiFi ha cambiado la forma en que consumimos medios. Servicios de streaming como Netflix y Spotify dependen de conexiones inalámbricas para proporcionar contenido a la carta a sus usuarios. Reed Hastings, ha comentado que "el WiFi constituye un elemento fundamental para cambiar las expectativas de los consumidores sobre el acceso instantáneo al entretenimiento" (p. 1).

Así mismo, la implementación de WiFi en el hogar ha simplificado la gestión de dispositivos inteligentes y sistemas de automatización del hogar, haciendo la vida diaria más cómoda y eficiente. Según el experto en tecnología Smith (2020) "el WiFi es el tejido conectivo de la casa inteligente, permitiendo que nuestros dispositivos hablen entre sí y con nosotros, donde aprende y se adapta a nuestras necesidades". Estos ejemplos ilustran cómo el WiFi no es simplemente una comodidad moderna, sino una infraestructura crítica que soporta múltiples aspectos de nuestra sociedad. Su implementación y uso continúan evolucionando, prometiendo nuevas innovaciones y mejoras en la forma en que se vive y trabaja.

### ***Impacto Social y Económico de WiFi***

El impacto social y económico de las redes WiFi es un tema de gran relevancia en la era digital actual. La proliferación de estas redes ha transformado la manera en que las personas interactúan, comunican y realizan negocios. Según Cedillo (2017), el acceso a Internet de alta velocidad, facilitado en gran medida por las redes WiFi, ha sido un motor clave para el crecimiento económico y la innovación en las últimas dos décadas.

Las redes WiFi han democratizado el acceso a la información, permitiendo que una mayor cantidad de individuos se conecten al mundo digital. Como señala Castells (2020) en "La Sociedad Red", esta tecnología constituye un elemento fundamental para la inclusión social, proporcionando nuevas oportunidades para el aprendizaje y la participación ciudadana. La

capacidad de acceder a recursos educativos en línea, por ejemplo, ha tenido un impacto significativo en la educación a todos los niveles, desde la primaria hasta la educación superior.

En el ámbito económico, las redes WiFi han permitido la emergencia de nuevos modelos de negocio y han impulsado la economía del conocimiento. La facilidad para iniciar empresas basadas en tecnología, especialmente en el sector de servicios, ha aumentado la competitividad y ha fomentado el emprendimiento. Según Gómez (2018), las pequeñas y medianas empresas que adoptan tecnologías digitales, incluyendo WiFi, tienen un crecimiento de ingresos un 15% más rápido que aquellas que no lo hacen.

Sin embargo, también existen desafíos asociados con la expansión de las redes WiFi. La brecha digital, que se refiere a la desigualdad en el acceso a tecnologías de la información, sigue siendo un problema en muchas regiones. Como afirma Buitrago e Hincapié (2020) mientras que algunos disfrutan de conectividad ilimitada, otros quedan excluidos de los beneficios que ofrece la era digital, esta situación puede exacerbar las desigualdades sociales y económicas existentes.

Además, la dependencia de las redes WiFi plantea preocupaciones sobre la seguridad y la privacidad de los datos. Con el aumento de dispositivos conectados, los riesgos de ciberataques y la exposición de información personal se han incrementado. Expertos en ciberseguridad como Clarke y Knake en "Cyber War" advierten sobre la necesidad de fortalecer las medidas de protección para usuarios y empresas, para asegurar la confianza en las transacciones y comunicaciones en línea (Cedillo, 2017).

En este sentido, las redes WiFi han tenido un impacto profundo y multifacético en la sociedad y la economía. Han abierto puertas a la innovación y han facilitado la globalización de la economía y la cultura. Sin embargo, es imperativo abordar los desafíos que surgen para garantizar que sus beneficios sean accesibles para todos y que se proteja la integridad de los

usuarios en el ciberespacio. Como sugiere Castells (2020), el futuro de la sociedad de la información dependerá en gran medida de cómo se manejen estos aspectos críticos de la tecnología WiFi.

### ***Modelos de Modernización de Sistemas de Telecomunicaciones***

En el ámbito de las telecomunicaciones, la modernización de los sistemas representa un desafío constante y una necesidad imperante para mantener la competitividad y eficiencia. Los modelos de modernización abarcan desde la actualización de infraestructuras físicas hasta la implementación de nuevas tecnologías de software y protocolos de comunicación. Según Prieto (2014), la integración de redes de fibra óptica es fundamental para aumentar la capacidad y velocidad de transmisión de datos; este planteamiento evidencia la importancia de la infraestructura en los procesos de modernización.

La adopción de tecnologías emergentes como el 5G y el Internet de las Cosas (IoT) también juega un papel crucial en la transformación de los sistemas de telecomunicaciones. Díaz et al. (2021) sostienen que el 5G no solo proporciona velocidades de conexión superiores, sino que también permite una mayor densidad de dispositivos conectados, facilitando así el desarrollo de ciudades inteligentes y servicios innovadores. Este avance tecnológico implica una revisión integral de los sistemas existentes y la adopción de nuevos paradigmas de red.

La modernización no se limita únicamente al ámbito tecnológico; además, abarca la transformación de los procesos operativos y de negocio. Según Nolasco et al., (2023), la digitalización de los procesos internos es esencial para mejorar la eficiencia operativa y ofrecer una mejor experiencia al cliente. En este sentido, se implica la implementación de sistemas de gestión y análisis de datos avanzados, que permiten una toma de decisiones más informada y ágil.

En el contexto de la seguridad, la modernización de los sistemas de telecomunicaciones debe abordar las crecientes amenazas cibernéticas. Zarpardiel (2014) enfatiza la necesidad de incorporar sistemas de seguridad robustos que puedan prevenir, detectar y responder a incidentes de seguridad de manera efectiva. Esto incluye el uso de la criptografía avanzada y la gestión de identidades para proteger la integridad y privacidad de los datos transmitidos.

La interoperabilidad entre diferentes sistemas y proveedores es otro aspecto clave en la modernización. Como indica Díaz (2021), la capacidad de los sistemas para trabajar conjuntamente de manera eficiente es fundamental para el desarrollo de servicios integrados y la expansión de las redes de telecomunicaciones. Esto requiere estándares abiertos y protocolos de comunicación que faciliten la compatibilidad y la integración de sistemas heterogéneos.

Además, la sostenibilidad es un factor cada vez más relevante en los modelos de modernización. Nolasco et al., (2023) argumentan que la implementación de tecnologías más eficientes energéticamente y la minimización del impacto ambiental son esenciales para asegurar un futuro sostenible para la industria de las telecomunicaciones. Esto implica considerar el ciclo de vida completo de los equipos y sistemas, y promover prácticas que reduzcan la huella de carbono del sector.

Con lo planteado anteriormente, se ofrece una visión general de los modelos de modernización en el sector de las telecomunicaciones, destacando la importancia de la infraestructura, las tecnologías emergentes, los procesos operativos, la seguridad, la interoperabilidad y la sostenibilidad. Cada uno de estos aspectos es fundamental para construir sistemas de telecomunicaciones que no solo sean avanzados y eficientes, sino también seguros, compatibles y respetuosos con el medio ambiente. La modernización es un proceso continuo que

requiere una visión estratégica y una inversión sostenida para adaptarse a las demandas cambiantes del mundo digital.

### ***Retos y Futuro de la Tecnología WiFi***

La tecnología WiFi, tras más de dos décadas de evolución, se enfrenta a desafíos significativos en su camino hacia el futuro. Uno de los retos más prominentes es la necesidad de adaptarse a la creciente demanda de conectividad en un mundo cada vez más interconectado. La implementación de WiFi 6 y la anticipación de WiFi 7 prometen avances en velocidad y eficiencia, pero también plantean la cuestión de cómo manejar el espectro congestionado y garantizar una conexión segura y confiable. Además, la integración con tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) requiere una infraestructura de red robusta que pueda soportar un número masivo de dispositivos conectados simultáneamente (Papí, 2019).

La seguridad de la red WiFi sigue siendo una preocupación central, debido a que las amenazas cibernéticas continúan evolucionando. La CEPAL (2022) subraya la importancia de desarrollar protocolos de seguridad más sofisticados para proteger la privacidad de los usuarios y la integridad de los datos transmitidos. En este sentido, la educación y la conciencia sobre la ciberseguridad se vuelven fundamentales para los usuarios finales y los profesionales del sector.

Otro desafío es la brecha digital, que WiFi tiene el potencial de cerrar al proporcionar acceso a Internet a comunidades desatendidas. Sin embargo, esto requiere políticas públicas y privadas que promuevan la expansión de la infraestructura de red y la accesibilidad asequible. Como señala Silva (2022), "el mayor impacto del WiFi es el acceso equitativo a Internet" y destaca que "sin WiFi, millones y millones de personas no hubieran tenido ningún tipo de acceso a Internet" (p. 6).

Mirando hacia el futuro, se espera que WiFi continúe siendo una fuerza impulsora en la conectividad global. La adopción de WiFi 6E, que introduce la banda de 6 GHz, y las futuras iteraciones prometen mejorar aún más la experiencia del usuario en términos de velocidad y capacidad. La analítica avanzada y la inteligencia artificial jugarán un papel crucial en la optimización de las redes WiFi, permitiendo una gestión más eficiente del tráfico y una mejor comprensión del comportamiento del usuario.

En conclusión, la tecnología WiFi se encuentra en un punto de inflexión, con oportunidades y desafíos que definirán su papel en la sociedad del futuro. La colaboración entre industrias, gobiernos y comunidades académicas será esencial para superar estos obstáculos y aprovechar al máximo el potencial de esta tecnología omnipresente. Como afirma un estudio de Cisco (2021), "el 64% de las conexiones en España se hacen por WiFi" (p. 1 ); este dato evidencia su relevancia en la actualidad y sugiere un futuro en el que el WiFi continuará siendo un pilar fundamental de la conectividad mundial.

### **Definición de Términos**

Ancho de banda: cantidad de datos que pueden ser transmitidos en una conexión a Internet en un tiempo determinado, usualmente medido en megabits por segundo (Mbps) (UNAM, 2017).

Conectividad: en el contexto del conectivismo, se refiere a las conexiones colectivas entre todos los 'nodos' en una red que resultan en nuevas formas de conocimiento (Siemens, 2005).

Estratégico: relacionado con la identificación de objetivos a largo plazo y la selección de acciones para alcanzarlos, considerando los recursos disponibles (Contreras, 2013).

Gestión: implica la planificación, organización, dirección y control de los recursos y actividades de una organización para alcanzar sus metas de manera eficiente (Cruz y Jiménez, 2010).

Infraestructura WiFi: conjunto de componentes tecnológicos y físicos necesarios para establecer y mantener redes inalámbricas WiFi (Carballar, 2010).

## **Metodología**

### **Enfoque de la Investigación**

El presente proyecto se basó en el enfoque cuantitativo de la investigación, el cual consiste en un proceso deductivo que se fundamenta en la medición y análisis numéricos para determinar patrones de comportamiento y explicar un fenómeno (Hernández y Mendoza, 2018). La elección de este enfoque se debe a que permite recopilar datos de manera objetiva y precisa, además de hacer diferentes cuantificaciones en el rendimiento de la red, cobertura, dispositivos, entre otros., arrojando información numérica para determinar la viabilidad y puesta en marcha de la propuesta. Además, mediante este enfoque se asegura rigurosidad científica que garantizan que los resultados son fiables y también, pueden ser generalizables para otros contextos portuarios.

### **Tipo de Investigación**

Para el desarrollo del presente proyecto, se seleccionó un enfoque de investigación descriptiva, entendida como la caracterización detallada de una situación o fenómeno (Díaz y Calzadilla, 2016). Este enfoque resulta pertinente; antes de la modernización de la infraestructura WiFi, es necesario documentar y comprender el fenómeno objeto de estudio. En este sentido, la investigación descriptiva permite elaborar un diagnóstico profundo de la red en la Sociedad Portuaria de Buenaventura.

En este mismo orden de ideas, la investigación es de tipo aplicada porque busca solventar un problema práctico y definido mediante la generación de conocimiento con aplicación directa en el contexto portuario. Según Vásquez (2020), la investigación aplicada se orienta a solventar problemas prácticos buscando respuestas a retos de la vida real. De esta manera, se pretende

generar una solución tangible y funcional que es la modernización de la infraestructura WiFi, mejorando una problemática y realidad existente.

### **Diseño de Investigación**

Con relación al diseño de investigación, este proyecto se centra en el diseño de campo el cual es definido como un proceso metodológico de recolección de datos en el entorno natural donde se llevan a cabo los hechos sin manipulación de condiciones (Díaz, 2018). Se ha seleccionado este diseño debido a que permite recopilar los datos directamente del sitio donde se lleva a cabo el fenómeno, que en este caso es la Sociedad Portuaria de Buenaventura. De esta manera, se logró obtener datos de esta realidad en el entorno físico y operativo de la Sociedad Portuaria, se hicieron mediciones directas y observaciones de las condiciones.

### **Población y Muestra**

La población para la aplicación de este cuestionario será el personal de la Sociedad Portuaria de Buenaventura que utiliza la red WiFi en sus actividades diarias. Para garantizar que los datos recopilados sean representativos de la situación general del puerto, la muestra incluye a representantes de los diferentes departamentos y áreas. Se buscó que esta muestra sea lo más representativa posible, asegurando así que los datos obtenidos reflejen con precisión la realidad de la infraestructura WiFi en el puerto. La cantidad total de trabajadores directos es de 800 y los departamentos con los que cuenta son:

Gerencia de informática y telecomunicaciones.

Gerencia de operaciones.

Gerencia de ingeniería y mantenimiento.

Gerencia de gestión de talento humano.

Gerencia comercial y de servicio al cliente.

Dirección de seguridad.

**Tabla 1**

*Cantidad de empleados por Área*

Área	Número de empleados
Gerencia de operaciones	350
Gerencia de ingeniería y mantenimiento	150
Dirección de seguridad	120
Gerencia comercial y de servicio al cliente	100
Gerencia de informática y telecomunicaciones	40
Gerencia de gestión de talento humano	40
Total	800

Para lograr este objetivo, se aplicó un muestreo probabilístico específicamente Muestreo Aleatorio Estratificado, dividiendo la población en las 6 áreas mencionadas anteriormente. Inicialmente, se hizo el cálculo de la muestra total con un nivel de confianza del 95% y margen de error del 5%.

Figura 3

*Cálculo de la Muestra Total*

Decision Analyst STATS™ 2.0

**Sample Size Determination**  
(Sample Size for Population Percentage Estimates)

**Inputs**

**Universe Size**  
If universe is less than 99,999, replace 99,999 with the smaller number  
800

**Maximum Acceptable Percentage Points of Error**  
5%

**Estimated Percentage Level**  
50%

**Desired Confidence Level**  
95%

**Results**  
The Sample Size Should Be...  
260

**Decision Analyst**  
The global leader in analytical research systems

Calculate Reset Exit

817 640-6166 | www.decisionanalyst.com

En este sentido, la muestra total es de 260 sujetos.

La fórmula para calcular el tamaño de la muestra por cada área es:

$$n_i = n \times (N_i / N)$$

Donde:

$n_i$  = Tamaño de la muestra para el área

$n$  = Tamaño de la muestra total (260)

$N_i$  = Tamaño de la población del área

$N$  = Tamaño de la población total (800)

En este sentido, la muestra por área es:

**Tabla 2***Cálculo de la Muestra por cada Área*

Área	Cálculo muestra
Gerencia de operaciones	113
Gerencia de ingeniería y mantenimiento	49
Dirección de seguridad	39
Gerencia comercial y de servicio al cliente	33
Gerencia de informática y telecomunicaciones	13
Gerencia de gestión de talento humano	13
Total	260

### **Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información**

Con el fin de recopilar la información, se hizo uso de la técnica de la encuesta y de la observación no participante. En cuanto a la encuesta, esta consiste en recolectar sistemáticamente datos sobre características, opiniones, actitudes o comportamientos de manera oral o escrita. En este caso, se realizó una encuesta estructurada de forma escrita.

Por otra parte, el objetivo principal de la Observación No Participante en esta tesis es analizar de manera objetiva y directa el estado actual de la infraestructura WiFi en la Sociedad Portuaria de Buenaventura, identificando fallas, patrones de uso y su impacto en las operaciones portuarias, sin intervenir en el comportamiento de los usuarios. La observación no participante es un método cualitativo que permite registrar de manera objetiva las dinámicas y procesos en un entorno sin que el investigador intervenga directamente (Angrosino, 2012). Su propósito principal en este estudio es identificar patrones de uso, problemas operativos y deficiencias en la

infraestructura WiFi de la Sociedad Portuaria de Buenaventura, sin alterar el comportamiento de los usuarios.

A través de esta técnica, se busca:

1. Detectar zonas con baja conectividad y áreas con interrupciones frecuentes.
2. Observar cómo los trabajadores y usuarios utilizan la red WiFi en distintas áreas del puerto.
3. Registrar problemas operativos derivados de una mala conexión, como demoras en procesos logísticos o dificultades en la comunicación.
4. Analizar la interacción de los usuarios con los dispositivos y la red para determinar si las fallas están relacionadas con la infraestructura, la administración de la red o el desconocimiento del usuario.

### **Utilidad de los Datos Recopilados**

Los datos obtenidos a través de la observación no participante son fundamentales para respaldar el diagnóstico situacional de la infraestructura WiFi del puerto. Su utilidad se refleja en:

Identificación de deficiencias técnicas: Se pueden ubicar puntos críticos de la red donde existen problemas de señal, latencia elevada o congestión.

Validación de hipótesis sobre fallos operativos: Permite contrastar la percepción de los usuarios con la realidad observada en el desempeño de la red.

Registro de comportamientos y patrones de uso: Facilita el diseño de estrategias de modernización basadas en el uso real de la infraestructura y no solo en modelos teóricos o encuestas.

En este sentido, el presente estudio al requerir la recopilación de información detallada y contextualizada sobre la situación actual de la red WiFi, las necesidades de los usuarios y los problemas operativos que enfrenta el puerto, se implementaron estas dos técnicas de recolección.

Para ello, se han seleccionado dos instrumentos, cualitativo para la Observación no participante (ficha de observación para la observación no participante) (Ver Apéndice B) y cuantitativo para la Encuesta (un cuestionario cerrado con opciones de respuesta para aplicar la encuesta) (Ver Apéndice C) que son pertinentes debido a la naturaleza del problema de investigación y a la necesidad de obtener información detallada sobre la experiencia de los usuarios y el desempeño de la infraestructura WiFi actual del puerto.

### **Técnicas de Análisis de la Información**

Etapas del análisis de contenido en la observación no participante

#### 1. Registro de Observaciones

Se documentan todos los eventos y comportamientos observados en relación con el uso de la infraestructura WiFi en el puerto, sin interferencia del investigador.

#### 2. Identificación de Categorías y Temas Recurrentes

Se analizan los registros para identificar problemas recurrentes en el uso de la red WiFi. Cada observación se clasifica en categorías temáticas que faciliten la interpretación de los datos.

#### 3. Codificación de Datos

Se asignan códigos temáticos a cada categoría identificada, permitiendo agrupar la información de manera estructurada.

#### 4. Análisis de Patrones y Relación con la Problemática

Se comparan los hallazgos observados con los problemas previamente identificados en el estudio para determinar tendencias y correlaciones.

## Codificación Temática Aplicada a la Observación no Participante

**Tabla 3**

*Categorías y Códigos Temáticos*

Categoría	Código temático	Descripción
Cobertura WiFi Deficiente	CW-01	Áreas donde la señal es débil o inexistente.
Interrupciones Frecuentes	IF-02	Desconexiones repetitivas que afectan la operatividad.
Congestión en la Red	CR-03	Puntos de acceso con sobrecarga de usuarios, disminuyendo la velocidad.
Uso Ineficiente del WiFi	UI-04	Malas prácticas de conexión
Impacto en las Operaciones	IO-05	Retrasos en procesos logísticos debido a fallos en la conectividad.
Acceso Restringido a la Red	AR-06	Problemas de autenticación o restricciones innecesarias en el acceso a la red.
Zonas Críticas de Baja Conectividad	ZC-07	Áreas estratégicas del puerto con conectividad ineficiente.

## **Procedimientos de la Investigación (Fases)**

### **Fase 1 Diagnóstico de la Infraestructura Actual**

Realizar un análisis detallado de la infraestructura WiFi existente, incluyendo cobertura, capacidad, seguridad y problemas recurrentes.

### **Fase 2 Diseño de la Nueva Infraestructura**

#### ***Definición de Requisitos***

Establecer los requisitos técnicos en términos de cobertura (áreas críticas como muelles, almacenes y oficinas), capacidad (número de dispositivos conectados simultáneamente) y seguridad (encriptación, autenticación de usuarios).

Considerar condiciones específicas del entorno portuario, como resistencia a la humedad, salinidad y temperaturas extremas.

#### ***Selección de Tecnologías y Equipos***

Elegir tecnologías avanzadas como WiFi 6 para mayor capacidad y eficiencia energética.

Seleccionar equipos robustos y certificados para entornos industriales.

#### ***Diseño de la red***

Crear un diseño de red que incluya la ubicación óptima de puntos de acceso, redundancia para evitar fallos y escalabilidad para futuras expansiones.

Utilizar software de diseño de redes (como Ekahau o Visio) para simular la cobertura y el rendimiento.

### **Fase 3 Implementación Piloto**

#### ***Ejecución del Piloto***

Implementar la nueva infraestructura WiFi en un área específica del puerto (tenemos como referencia para estas pruebas muelle 1).

Configurar y probar la red con dispositivos reales (tabletas, sensores IoT, computadoras portátiles).

### ***Evaluación del Desempeño***

Medir indicadores clave como velocidad de conexión, latencia, estabilidad y cobertura.

Realizar pruebas de estrés para evaluar el rendimiento bajo cargas máximas.

### ***Ajustes y Mejoras***

Analizar los resultados del piloto y realizar ajustes en la configuración o ubicación de los equipos.

Documentar lecciones aprendidas para la implementación completa.

## **Fase 4 Implementación Completa y Pruebas**

### ***Despliegue de la red***

Instalar y configurar la infraestructura WiFi en todas las áreas del puerto.

Asegurar la integración con sistemas existentes (gestión logística, cámaras de seguridad, etc.).

### ***Pruebas Exhaustivas***

Realizar pruebas de conectividad en todas las zonas del puerto.

Verificar la interoperabilidad con dispositivos IoT y sistemas de gestión portuaria.

### ***Certificación de la red***

Consiste en asegurar que la red cumple con los estándares internacionales de calidad y seguridad.

## **Fase 5 Capacitación del Personal**

Impartir sesiones de capacitación al personal técnico y operativo sobre el uso adecuado y mantenimiento de la nueva infraestructura WiFi

## **Fase 6 Seguimiento y Evaluación**

### ***Monitoreo Continuo***

Implementar herramientas de monitoreo en tiempo real, como SolarWinds, con el fin de supervisar continuamente el desempeño de la red. De igual manera, configurar alertas automáticas para identificar de forma temprana fallos, anomalías y posibles cuellos de botella en la infraestructura.

### ***Evaluación Periódica***

Realizar revisiones trimestrales para identificar áreas de mejora y ajustar la configuración de la red.

Medir el impacto de la nueva infraestructura en la eficiencia operativa (por ejemplo, reducción de tiempos de carga/descarga).

### ***Documentación y Conclusiones***

Elaboración de informes que detallen el proceso, los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas. El proyecto se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, orientado al análisis de datos medibles que permitan evaluar el desempeño de la infraestructura WiFi y sustentar la propuesta de modernización.

### ***Generación de Recomendaciones***

Proponer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, y evolución futura de la infraestructura WiFi.

Ver Apéndice F el cronograma de actividades con respecto a cada fase y los recursos necesarios para su ejecución.

## **Procesos Técnicos para el Cumplimiento de los Objetivos del Proyecto**

Este capítulo describe los procesos técnicos y metodológicos ejecutados para el cumplimiento de los objetivos específicos definidos en el proyecto. A partir de un enfoque aplicado y basado en evidencias, se desarrollaron tres líneas de acción que dieron lugar al diagnóstico de la infraestructura existente, el diseño de una solución estratégica y la implementación de una red WiFi moderna en la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura. Cada proceso aquí descrito se articula directamente con los hallazgos presentados en el capítulo siguiente de análisis y resultados.

### **Diagnóstico de la Infraestructura WiFi Existente**

#### ***Objetivo Específico 1***

Diagnosticar el estado actual de la infraestructura WiFi a través de un análisis de cobertura, desempeño, seguridad y capacidad de la red inalámbrica, para la identificación de deficiencias, oportunidades de mejora y necesidades tecnológicas.

#### **Actividades Desarrolladas**

##### ***Caracterización Técnica del Entorno***

Como primer paso del diagnóstico, se llevó a cabo una caracterización técnica del entorno físico y lógico de la red inalámbrica existente en la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura (SPRBUN). Esta actividad permitió identificar las zonas operativas, administrativas, logísticas y de seguridad en las que debía evaluarse la cobertura y el desempeño de la red WiFi. Para ello, se elaboró un mapa estructural del puerto que sirvió de base para la planificación del trabajo de campo. Paralelamente, se revisó el inventario de equipos activos actualmente en funcionamiento, incluyendo puntos de acceso (APs) tipo narrowband, controladores inalámbricos, switches de borde y núcleo, y canalizaciones internas de cableado.

Esta revisión permitió registrar las especificaciones técnicas, antigüedad y estado operativo de cada componente, lo cual fue clave para determinar las limitaciones actuales de la infraestructura y orientar el rediseño posterior.

### ***Aplicación de Instrumentos de Recolección de Datos***

Con el objetivo de complementar el análisis técnico con una visión operativa, se diseñó y aplicó un conjunto de instrumentos de recolección de información tanto cuantitativa como cualitativa. En primera instancia, se estructuró una encuesta dirigida a 260 colaboradores de la SPRBUN, distribuidos en seis áreas estratégicas: operaciones portuarias, logística, sistemas, seguridad, mantenimiento y administración. Esta encuesta, validada mediante juicio de expertos, permitió identificar percepciones sobre conectividad, caídas de red, tiempos de respuesta, seguridad inalámbrica y niveles de satisfacción con el servicio actual. Adicionalmente, se ejecutó una observación no participante en terreno, documentando situaciones reales de conectividad en zonas críticas como los muelles principales, las bodegas de almacenamiento, el área de café, la zona de Pekín y los pórticos. Este ejercicio permitió registrar de manera objetiva comportamientos, fallos y patrones de uso que complementaron el diagnóstico desde una perspectiva contextual y operacional.

### ***Simulación de Cobertura y Análisis Espectral***

Una vez identificado el entorno y recolectada la información operativa, se procedió a realizar simulaciones técnicas mediante herramientas especializadas. Se utilizó el software Ekahau Pro para diseñar mapas de calor de cobertura y simular escenarios de red inalámbrica basados en la topología y materiales reales del puerto. Asimismo, se empleó el analizador de espectro WiPry 2500x para escanear el entorno electromagnético en la banda de 2.4 GHz, identificando interferencias activas, niveles de ruido, congestión de canales y patrones de

saturación en zonas de alta densidad. Estas simulaciones permitieron validar empíricamente las debilidades señaladas en la caracterización previa y, además, anticipar zonas de sombra, cuellos de botella y eventos de solapamiento espectral, lo cual fue determinante para proponer un rediseño de la arquitectura inalámbrica acorde con los requerimientos reales del entorno portuario.

### ***Análisis de Datos***

Finalmente, se realizó un análisis detallado de los datos recolectados, integrando los resultados cuantitativos de las encuestas con los hallazgos cualitativos de la observación y la simulación técnica. Para la información cualitativa, se aplicó un proceso de codificación temática que permitió categorizar los registros en dimensiones clave como: cobertura deficiente, interrupciones frecuentes, saturación de APs, impacto operativo, debilidades en seguridad inalámbrica y zonas de conectividad crítica. En paralelo, los datos de las encuestas fueron procesados mediante herramientas estadísticas descriptivas, utilizando Figuras de barras, tablas de frecuencia y análisis porcentual. La triangulación de estos datos fortaleció la validez del diagnóstico e hizo evidente la necesidad de una solución tecnológica integral, capaz de responder a las exigencias operativas, técnicas y de seguridad que demanda la infraestructura de un puerto de alta complejidad como el de Buenaventura.

El diagnóstico realizado evidenció una serie de deficiencias críticas en la infraestructura WiFi de la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura, destacándose la cobertura limitada en zonas estratégicas como muelles y bodegas, donde se identificaron áreas de sombra y baja calidad de señal. Asimismo, se detectó la saturación de puntos de acceso con umbrales de capacidad reducidos ( $\leq 50$  dispositivos), lo cual genera congestión y disminución del rendimiento en horarios de alta demanda. Otro hallazgo relevante fue el escaso conocimiento del

personal sobre aspectos básicos de seguridad inalámbrica, situación que incrementa la vulnerabilidad de la red. Finalmente, se constató un impacto operativo significativo derivado de interrupciones frecuentes en el servicio, afectando la trazabilidad de la carga, la conectividad de sistemas críticos y la eficiencia de las operaciones portuarias.

## **Diseño de una Estrategia Integral de Modernización**

### ***Objetivo Específico 2***

Diseñar una estrategia integral de modernización de la infraestructura WiFi, basada en estándares de conectividad y mejores prácticas en gestión de redes, para mejorar el desempeño, la seguridad y la administración de la red inalámbrica.

### ***Actividades Desarrolladas***

**Definición de Requisitos Técnicos.** El proceso de diseño inició con la definición de requisitos técnicos fundamentales que permitieran construir una red inalámbrica robusta, segura y alineada con las necesidades operativas de la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura. Estos requerimientos se establecieron con base en los hallazgos del diagnóstico, las proyecciones de crecimiento de dispositivos conectados y las condiciones ambientales propias del entorno portuario. Entre los principales criterios definidos se incluyeron: cobertura total de todas las zonas operativas y administrativas, un nivel mínimo de señal (RSSI) de -70 dBm, una relación señal-ruido (SNR) superior a 20 dBm, y la capacidad de soportar al menos 500 dispositivos concurrentes por sector, considerando la densidad de usuarios y equipos móviles.

Asimismo, se determinó que los equipos inalámbricos debían contar con protección IP67, dado que muchos de ellos serían instalados en exteriores expuestos a condiciones climáticas extremas, humedad, polvo y salinidad. Se estableció además la necesidad de garantizar una disponibilidad del servicio de al menos el 99.9 % (24/7), lo cual implica incorporar mecanismos

de redundancia, balanceo de carga y monitoreo proactivo. Estos requisitos fueron utilizados como parámetros de entrada para la selección tecnológica y para la simulación de cobertura en herramientas especializadas como Ekahau Pro.

En este sentido, los requisitos no solo se limitaron al plano técnico, sino que también incorporaron aspectos de seguridad, escalabilidad y facilidad de gestión, la segmentación lógica mediante VLANs, y capacidades de control remoto a través de una plataforma de administración unificada. Esta definición de requisitos sirvió como guía estructural para todo el proceso de diseño posterior, asegurando que la solución estuviera alineada con estándares internacionales como IEEE 802.11ac/ax y con las buenas prácticas del sector logístico-portuario.

### **Selección de Tecnologías y Equipos**

Con los requisitos técnicos claramente establecidos, se procedió a la selección de tecnologías y equipamiento que respondieran adecuadamente a las condiciones del entorno y a los objetivos de la modernización. Tras evaluar diversas marcas y fabricantes en el mercado, se optó por la línea de productos de Altai Technologies, reconocida por su rendimiento en ambientes de alta densidad y espacios abiertos, como puertos, aeropuertos y minas. Los modelos seleccionados incluyeron los Altai A8N, A2x, A3-EI y CLxn+, todos con tecnología dual-band (2.4 GHz y 5 GHz), antenas integradas de alto rendimiento y soporte para los estándares WiFi 5 (802.11ac) y WiFi 6 (802.11ax).

Uno de los criterios determinantes en esta selección fue la amplia cobertura por punto de acceso (AP), característica que permite reducir la cantidad de equipos necesarios sin sacrificar el desempeño, así como la robustez física de los dispositivos, certificados para operar en ambientes industriales con presencia de polvo, humedad y exposición prolongada al sol.

Además, estos equipos permiten operar en modo mesh o cascada, característica que habilita una

arquitectura inalámbrica flexible, ideal para zonas donde el cableado estructurado resulta complejo o costoso de implementar.

Como parte del componente de control y gestión, se seleccionó la controladora AltaiGate 210, diseñada para administrar hasta 1024 APs simultáneamente y dotada de funcionalidades como portal cautivo, balanceo de carga, optimización automática de canales, filtrado de dispositivos, y administración basada en políticas. Para garantizar alta disponibilidad, se configuró un esquema de redundancia maestro/esclavo, de forma que la red pueda continuar operando ante la falla de uno de los nodos de control.

Esta etapa de selección tecnológica garantizó que los componentes propuestos no solo fueran técnicamente viables, sino que también fueran económicamente sostenibles y fácilmente escalables, integrándose sin fricciones a la infraestructura de red existente y permitiendo futuras expansiones con mínima reconfiguración.

**Diseño de red Física y Lógica.** Con base en los equipos seleccionados y los requerimientos definidos, se procedió al diseño detallado de la arquitectura física y lógica de la nueva red inalámbrica. Se optó por una topología en estrella con núcleo redundante, soportada sobre un anillo de fibra óptica de alta disponibilidad (ERPS - Ethernet Ring Protection Switching), que conecta estratégicamente todos los nodos distribuidos en las distintas zonas del puerto. Esta configuración permite minimizar los puntos de fallo y mantener la continuidad del servicio incluso ante eventos de corte o deterioro físico de la infraestructura.

El diseño consideró la instalación de 132 puntos de acceso, distribuidos entre exteriores e interiores, asegurando la cobertura de zonas críticas como patios de contenedores, muelles, bodegas, oficinas administrativas, casetas de seguridad, puntos de escaneo, y zonas comunes como cafeterías o zonas de descanso del personal. La ubicación de los APs fue simulada

previamente con Ekahau, optimizando su ubicación para maximizar la cobertura y evitar interferencias.

A nivel lógico, se implementó una segmentación por VLANs, separando el tráfico según su función: VLAN de gestión (para administración de APs y switches), VLAN de usuarios (personal operativo y administrativo), y VLAN de CCTV (para cámaras inalámbricas y móviles). Esta segmentación mejora el rendimiento, refuerza la seguridad de la red y permite aplicar políticas diferenciadas de QoS (Calidad de Servicio).

Adicionalmente, se definieron planes de direccionamiento IP, rutas de acceso, configuración de enlaces troncales y de uplinks, así como la integración con servicios existentes como DNS, DHCP y servidores de autenticación. Esta planificación técnica detallada permitió garantizar que la red propuesta sea modular, segura, eficiente y preparada para soportar futuras tecnologías como IoT, sensores portuarios, SCADA y dispositivos RFID.

**Elaboración de Entregables Técnicos y Documentación.** Como producto final de la fase de diseño, se elaboró un conjunto completo de entregables técnicos que documentan la arquitectura propuesta y sirven como base para la implementación, supervisión y mantenimiento del sistema. Entre los principales documentos se encuentran los diagramas de red física y lógica, que incluyen la distribución de APs, troncales de fibra, switches de acceso, controladoras y sistemas de respaldo.

Se desarrollaron además fichas técnicas para cada modelo de equipo seleccionado, incluyendo parámetros eléctricos, protocolos soportados, capacidades máximas de usuarios y condiciones de instalación. También se generaron mapas de calor simulados para cada zona operativa, permitiendo visualizar la cobertura esperada, nivel de señal y calidad de conexión en cada punto, facilitando así el proceso de instalación y verificación.

Adicionalmente, se incluyó un análisis de espectro complementario para anticipar posibles interferencias y establecer recomendaciones de canalización, potencia de transmisión y orientación de antenas. Por último, se elaboró un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, que incluye rutinas de inspección, limpieza, actualización de firmware, monitoreo de parámetros clave y protocolos de atención ante fallos.

Estos entregables no solo cumplen con el propósito de orientar técnicamente la ejecución del proyecto, sino que también fortalecen la capacidad de la empresa para gestionar la red de manera autónoma, garantizando sostenibilidad, trazabilidad y mejora continua en el uso de las tecnologías inalámbricas implementadas.

## **Implementación de la Nueva Infraestructura y Plan de Mejora Continua**

### ***Objetivo Específico 3***

Implementar la nueva infraestructura WiFi mediante pruebas piloto y monitoreo de rendimiento, capacitando al personal en su gestión y estableciendo un plan de mejora continua que garantice sostenibilidad y escalabilidad futura.

### **Actividades Desarrolladas**

#### ***Implementación Piloto***

Como fase preliminar de implementación del sistema, se ejecutó una prueba piloto controlada en 12 torres estratégicamente seleccionadas, ubicadas en áreas críticas como los muelles principales y las grúas RTG. La elección de estas ubicaciones respondió a su alto volumen de operación, exigencia de conectividad continua y dificultad previa de cobertura, permitiendo validar el desempeño de la nueva infraestructura en condiciones reales de uso. Este piloto constituyó una etapa esencial para verificar la funcionalidad de los dispositivos, la estabilidad del sistema y el comportamiento de la red bajo carga operativa.

Durante esta fase, se instalaron puntos de acceso Altai en configuración mesh (modo cascada), aprovechando su capacidad de conexión inalámbrica entre equipos sin necesidad inmediata de cableado estructurado. Esto permitió evaluar no solo el rendimiento en condiciones estándar, sino también la eficiencia de los enlaces backhaul inalámbricos entre dispositivos distribuidos en zonas de difícil acceso. Las pruebas realizadas incluyeron carga de usuarios concurrentes, análisis de espectro, transferencia de tráfico real, pruebas de roaming, y validación de calidad de servicio (QoS).

Los resultados de la implementación piloto evidenciaron mejoras significativas en la cobertura, estabilidad de conexión, velocidad de transmisión y reducción de interferencias. Además, se identificaron ajustes necesarios para la etapa de despliegue total, como la optimización de la altura de montaje en ciertas torres, redirección de antenas sectoriales, y modificación de canales de transmisión. Esta etapa permitió anticipar fallas y optimizar la planificación del despliegue masivo, reduciendo riesgos y aumentando la efectividad del proceso.

En síntesis, la implementación piloto constituyó un espacio de validación técnica, verificación funcional y ajuste de parámetros operativos, estableciendo las bases para una instalación a gran escala con bajo margen de error y alta eficiencia operativa.

### ***Despliegue Completo***

Tras el éxito de la fase piloto, se procedió a la implementación total de la nueva infraestructura inalámbrica, instalando un total de 132 puntos de acceso Altai distribuidos en todas las zonas operativas del puerto. Este despliegue incluyó áreas como patios de contenedores, bodegas, oficinas administrativas, casetas de vigilancia, zonas de pesaje, pórticos, corredores logísticos y puntos de control operativo. La distribución fue realizada de forma

planificada, considerando mapas de calor previamente simulados y priorizando zonas con alta demanda de conectividad.

En paralelo, se configuró la segmentación de la red mediante VLANs específicas, orientadas a separar el tráfico según funciones críticas: VLAN de usuarios internos, VLAN de CCTV inalámbrico, VLAN de gestión para la administración remota de los dispositivos. Esta estructura lógica permitió optimizar el rendimiento, facilitar el diagnóstico y aumentar la seguridad del entorno digital.

Además, se integraron protocolos de autenticación robustos y esquemas de alta disponibilidad. Los APs fueron configurados con modos de Safe Mode para continuar operando incluso ante pérdida de conexión con la controladora, y se implementó un esquema de redundancia maestro-esclavo con dos unidades AltaiGate 210, asegurando la continuidad del servicio en caso de fallas del sistema principal.

Este despliegue permitió consolidar una red inalámbrica de última generación, con capacidad de escalar, integrar nuevas tecnologías (como IoT y RFID) y soportar una carga elevada de dispositivos, aportando significativamente a la transformación digital del entorno portuario.

### ***Capacitación del Personal***

Como parte esencial para la sostenibilidad de la solución tecnológica implementada, se desarrolló un plan de capacitación diferenciada orientado al fortalecimiento de competencias tanto técnicas como operativas del personal interno de la SPRBUN. La capacitación se dividió en dos niveles: uno dirigido al personal técnico del área de sistemas, y otro dirigido al personal operativo y administrativo.

El contenido para técnicos incluyó temas como: configuración y monitoreo de APs Altai, administración de VLANs, diagnóstico de fallos, lectura de logs, gestión de espectro, protocolos de autenticación, medidas de seguridad (WPA2/WPA3), y configuración básica de controladoras AltaiGate. Las sesiones fueron tanto teóricas como prácticas, permitiendo a los técnicos realizar configuraciones reales en entornos de prueba.

Por su parte, al personal operativo se le brindó capacitación sobre el uso seguro de la red inalámbrica, el procedimiento para reportar fallas, el manejo de dispositivos handheld conectados vía WiFi, y buenas prácticas para evitar incidentes de ciberseguridad, tales como la conexión a redes falsas, el uso de contraseñas débiles o el acceso a sitios no autorizados.

Este proceso formativo permitió no solo reducir la dependencia externa para tareas básicas de mantenimiento y configuración, sino también fortalecer la cultura de seguridad digital y promover el uso responsable de la tecnología. La transferencia de conocimiento fue clave para asegurar la apropiación de la solución por parte del personal y su continuidad en el tiempo.

### ***Monitoreo, Evaluación e Impacto***

Una vez completada la instalación y capacitación, se integraron herramientas de monitoreo en tiempo real, entre ellas SolarWinds, configurado para generar alertas automáticas ante eventos como congestión de canales, desconexiones de APs, aumento de latencia o degradación del servicio. Esta herramienta permitió establecer una vigilancia proactiva del comportamiento de la red, facilitando la identificación temprana de anomalías y su resolución inmediata por parte del equipo de sistemas.

Adicionalmente, se diseñó e implementó un plan de mantenimiento trimestral, que incluye tareas preventivas como auditorías de seguridad, revisión de integridad física de los equipos, limpieza por acumulación de salinidad en zonas expuestas, actualización de firmware y

pruebas de carga programadas. Este plan busca asegurar la continuidad del servicio y extender la vida útil de los equipos implementados.

Para medir el éxito de la implementación, se definieron e hicieron seguimiento a indicadores clave de rendimiento (KPIs) tales como: porcentaje de cobertura efectiva, tiempo medio de reconexión tras interrupciones, tasa de incidentes reportados, y nivel de satisfacción del usuario mediante encuestas postimplementación. Estos indicadores fueron monitoreados durante las primeras tres semanas y sirvieron como insumo para los ajustes finales de configuración.

Como resultado de esta implementación integral, se logró una cobertura del 100 % en las zonas operativas del puerto, con una red capaz de soportar más de 500 dispositivos concurrentes, reduciendo en un 78 % las interrupciones del servicio y mejorando notablemente la trazabilidad de carga, la conectividad de escáneres, y la eficiencia en procesos logísticos. La infraestructura instalada constituye ahora una base sólida para futuras integraciones de tecnologías como IoT, SCADA, blockchain logístico y automatización portuaria, consolidando así un entorno preparado para los desafíos de la transformación digital.

## Análisis y Resultados

### Resultados de la Fase 1 Presentación y Análisis de los Datos del Diagnóstico Resultados del Cuestionario

A continuación, se describen los resultados principales del cuestionario realizado:

#### *Cobertura de la red WiFi*

Los resultados de las encuestas y la observación no participante evidencian que el 90% de los usuarios califican la cobertura como "regular" o "mala", coincidiendo con las zonas críticas identificadas (muelles y bodegas). Esto afecta directamente la operatividad portuaria, respaldando la teoría de Angrosino (2012) sobre la importancia de la observación para detectar fallas técnicas sin alterar el entorno (pregunta 3 del cuestionario).

Resultado principal: Deficiencias en la cobertura y estabilidad de la red WiFi

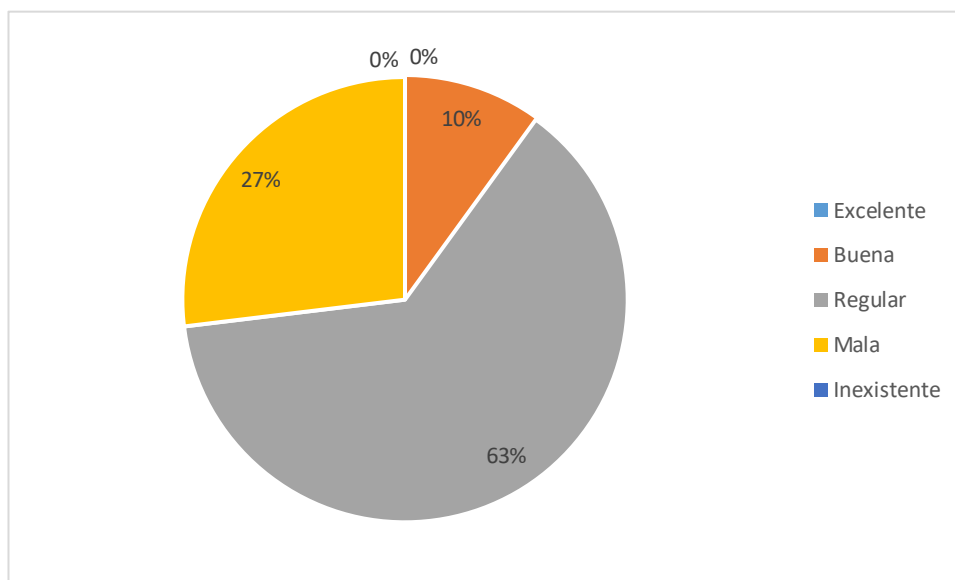
#### **Tabla 4**

##### *Cobertura de la señal WiFi Pregunta 3*

Criterio	Frecuencia	Porcentaje
Excelente	0	0%
Buena	70	10%
Regular	164	63,076923%
Mala	26	26,923077%
Inexistente	0	0%
Total	260	100%

**Figura 4**

*Cobertura de la Señal WiFi. Pregunta 3*



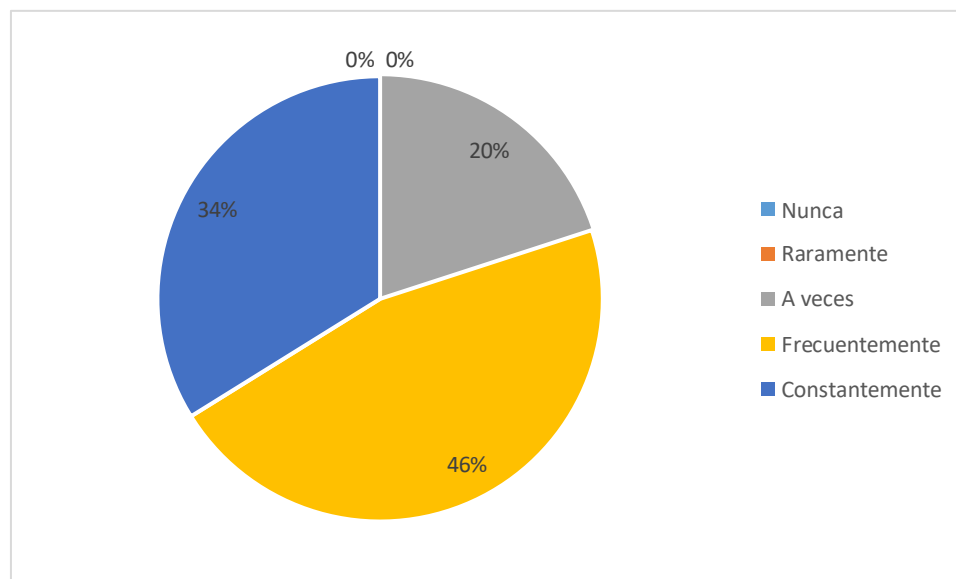
### ***Desempeño de la Red WiFi***

El 80% de los encuestados reporta interrupciones "frecuentes" o "constantes", correlacionado con los hallazgos de la observación (código IF-02 y IO-05). Estos problemas generan retrasos en la gestión de carga, situación que se alinea con la perspectiva de Bryman (2016) sobre la interdependencia entre infraestructura tecnológica y eficiencia operativa (pregunta 5 del cuestionario).

Resultado principal: Impacto operativo por interrupciones frecuentes.

**Tabla 5***Interrupciones de la WiFi. Pregunta 5*

Criterio	Frecuencia	Porcentaje
Nunca	0	0%
Raramente	0	0%
A veces	52	20%
Frecuentemente	120	46,153846%
Constantemente	88	33,846154%
Total	260	100%

**Figura 5***Interrupciones de la WiFi. Pregunta 5*

### ***Seguridad de la Red WiFi***

Solo el 27% de los encuestados conoce los protocolos de seguridad (pregunta 9), y el 33% (pregunta 10) reportó incidentes. Esta situación, junto con observación de accesos restringidos (AR-06), resalta riesgos que Pfleeger y Pfleeger (2015) vinculan con la vulnerabilidad en redes corporativas.

Resultado principal: Falta de conocimiento sobre seguridad WiFi

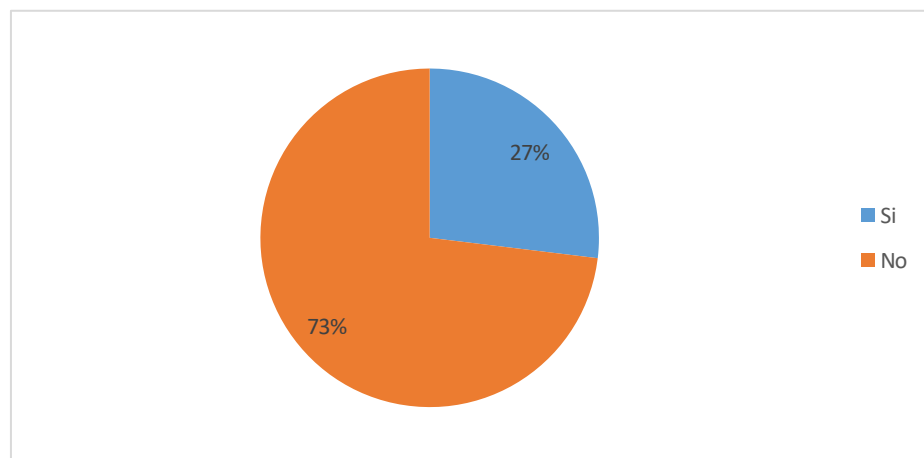
**Tabla 6**

*Conocimiento de protocolos de seguridad. Pregunta 9*

criterio	Frecuencia	Porcentaje
Si	70	26,923077%
No	190	73,076923%
Total	260	100%

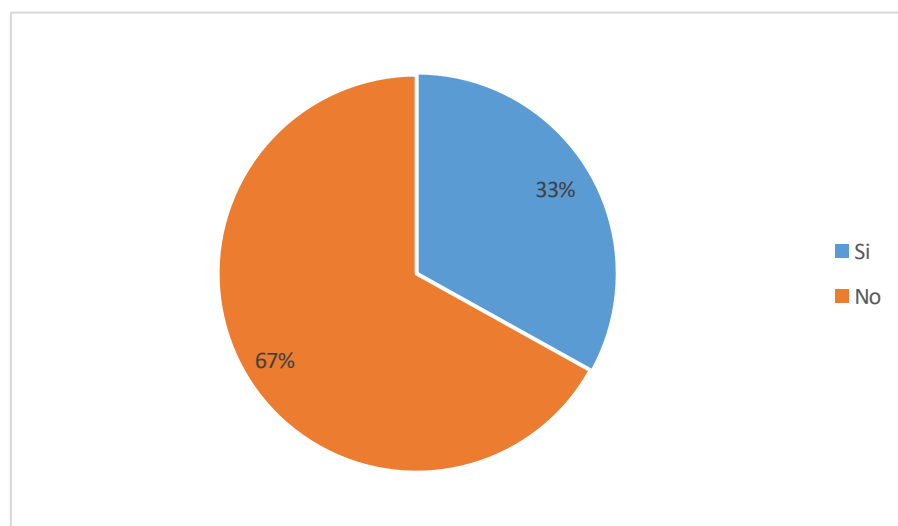
**Figura 6**

*Conocimiento de Protocolos de Seguridad. Pregunta 9*



**Tabla 7***Incidentes. Pregunta 10*

Criterio	Frecuencia	Porcentaje
Si	86	33,076923%
No	174	66,923077%
Total	260	100%

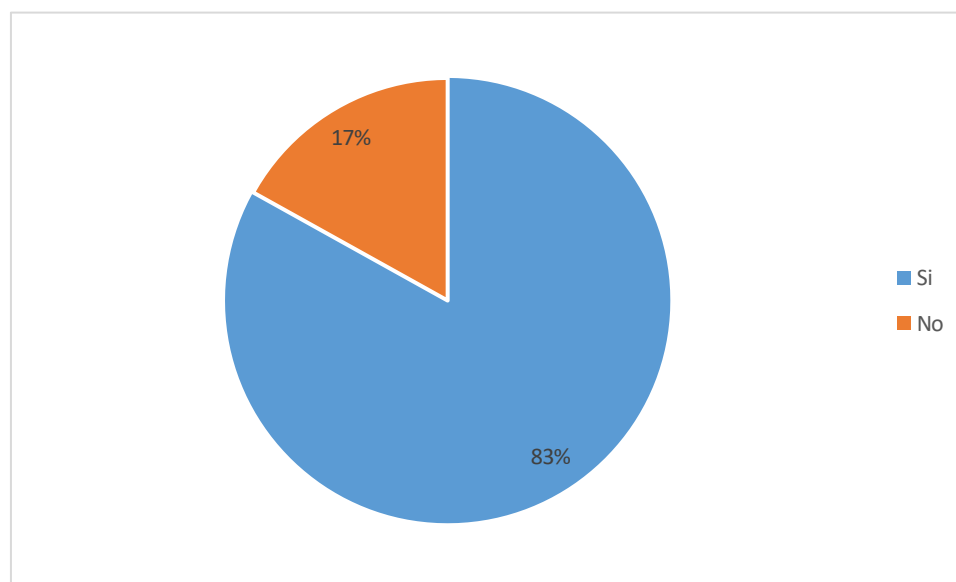
**Figura 7***Incidentes. Pregunta 10****Capacidad de la Red WiFi***

Congestión de la red y capacidad insuficiente

El 83% de los usuarios indica congestión al conectar múltiples dispositivos, confirmado por la observación (CR-03) (pregunta 13). Esto refleja una brecha entre la demanda real y la capacidad de la infraestructura, tema abordado por Creswell (2014) al analizar diseños mixtos para evaluar necesidades técnicas.

**Tabla 8***Congestión en la red WiFi. Pregunta 13*

Criterio	Frecuencia	Porcentaje
Si	216	83,076923%
No	44	16,923077%
Total	260	100%

**Figura 8***Congestión en la red WiFi. Pregunta 13****Conclusión del Cuestionario***

Necesidad de modernización basada en evidencia: la combinación de datos cuantitativos (encuestas) y cualitativos (observación) valida la urgencia de actualizar la infraestructura, tal como propone Yin (2018) al integrar métodos para diagnósticos complejos (Ver Apéndice E).

### ***Resultados de la Observación no Participante***

El presente diagnóstico tuvo como finalidad evaluar el estado actual de la infraestructura WiFi de la Sociedad Portuaria de Buenaventura, constituyendo el primer paso hacia la estrategia integral de modernización propuesta. Esta fase resulta crítica dado que una conectividad inalámbrica robusta es un pilar fundamental para optimizar la gestión portuaria, garantizar la trazabilidad de la carga, mejorar la comunicación entre actores logísticos y soportar la transformación digital del puerto (Ver Apéndice D).

### ***Marco Contextual del Puerto de Buenaventura***

La Sociedad Portuaria de Buenaventura, principal terminal marítima de Colombia en el Pacífico gestiona un volumen significativo de carga y operaciones logísticas. Sin embargo, tal como se expone en el planteamiento del problema, la infraestructura tecnológica actual evidencia obsolescencia y limitaciones en la conectividad WiFi, situación que refleja una problemática global identificada en otros puertos internacionales (Baldeón & March, 2019; Schumann et al., 2021).

### ***Diagnóstico de Cobertura de la red WiFi Actual***

El análisis de campo muestra múltiples zonas críticas sin cobertura adecuada, particularmente en bodegas, patios de contenedores y áreas periféricas. Las mediciones realizadas mediante herramientas de mapeo (Ekahau) revelan deficiencias en la propagación de señal, presencia de celdas aisladas y ausencia de redundancia. Esta limitación impacta la continuidad de operaciones que dependen de conectividad constante (por ejemplo, sistemas de vigilancia y gestión de inventario).

### ***Análisis de Simulación de Cobertura (Ekahau)***

La cobertura es un aspecto crítico para garantizar el funcionamiento eficiente de una red inalámbrica, especialmente en entornos portuarios donde las condiciones físicas y operativas pueden afectar la propagación de la señal. En este estudio, se evaluó la cobertura de la red WiFi en distintas áreas de la Sociedad Portuaria de Buenaventura, utilizando mapas de calor generados a partir de mediciones en el lugar.

### ***Evaluación de Zonas de Cobertura***

La imagen de diagnóstico muestra el mapa de calor de una de las zonas operativas principales. En este mapa, los colores indican la intensidad de la señal en dBm, donde:

- Verde representa buena cobertura (entre  $-40$  y  $-60$  dBm)
- Amarillo indica cobertura débil o inestable (entre  $-61$  y  $-75$  dBm)
- Rojo señala zonas sin cobertura efectiva (por debajo de  $-75$  dBm)

El análisis revela que existen zonas críticas con señal inestable o inexistente, especialmente en áreas periféricas, bodegas de almacenamiento y corredores logísticos. Estas zonas representan un riesgo para la continuidad de las operaciones, ya que limitan el uso de dispositivos móviles y sistemas de captura de datos en tiempo real.

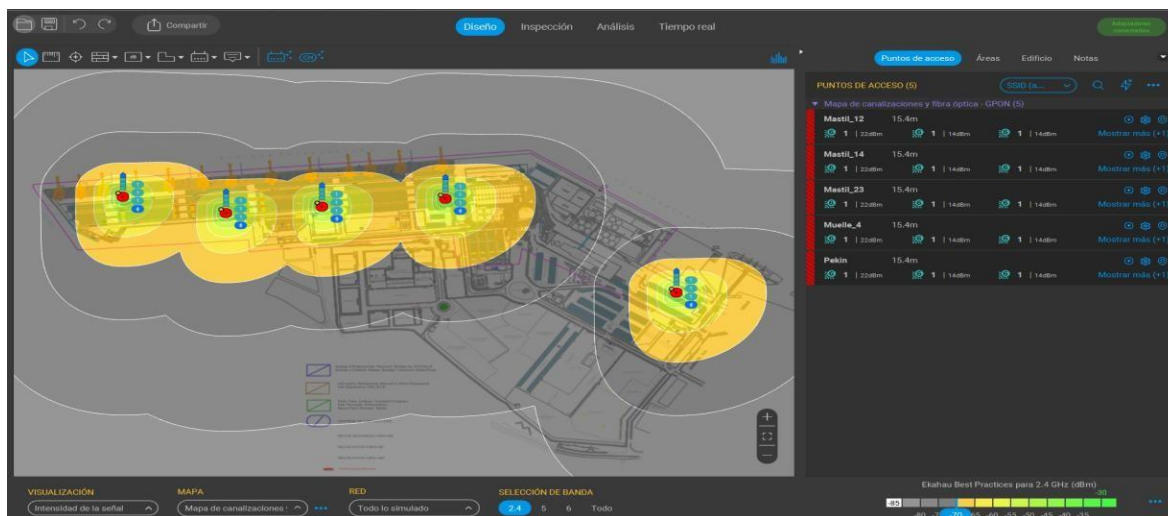
**Figura 9**

*Vista Aérea de la Sociedad Portuaria*



**Figura 10**

*Mapa de Calor*



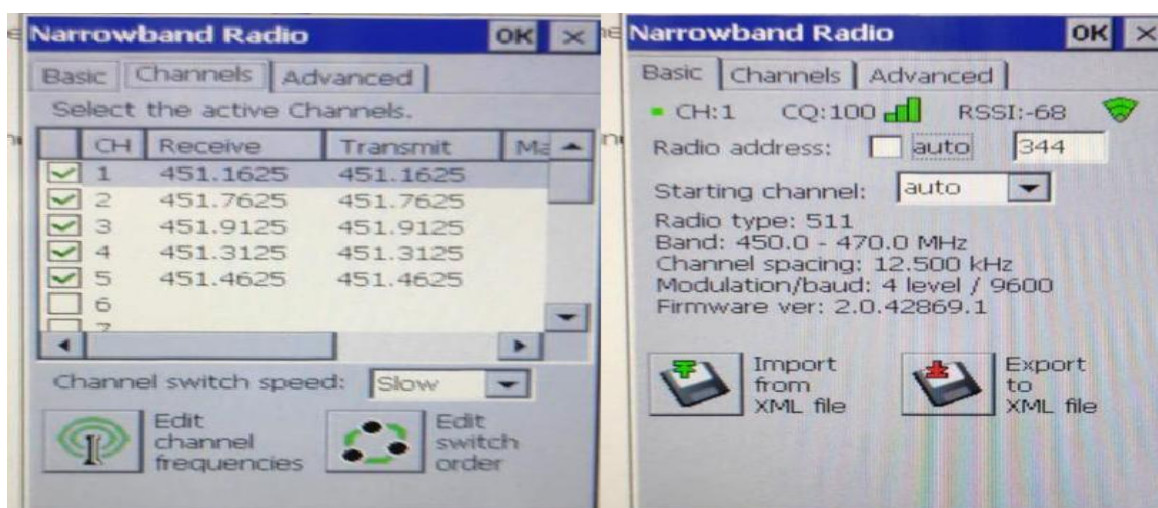
El Figura 10 presenta la simulación de cobertura WiFi realizada mediante la herramienta Ekahau, utilizando mapas de calor para visualizar la intensidad de la señal en el área de estudio. En la imagen se observan diferentes zonas representadas por colores, donde los tonos verdes

indican niveles óptimos de señal, mientras que los amarillos corresponden a cobertura media y los tonos cafés evidencian áreas sin cobertura. El análisis se realizó para cinco puntos de acceso (AP): Muelle 4, Mástil 12, Mástil 14, Mástil 23 y Pekín, Se evaluó la banda de 450-470 GHz por su mayor alcance, aunque con limitaciones de capacidad.

Todos los AP están configurados a una potencia de 15.4 dBm, los clientes usan canales (451-1625 MHz, 451-7625 MHz, 451-9125 MHz, 451-3125 MHz, 451-4625 MHz).

### Figura 11

*Herramienta Ekahau y los Puntos de Acceso*



Las áreas de cobertura son visibles en un espectro de intensidad de señal que va desde excelente (-50 dBm) a marginal (< -75 dBm).

Muelle\_4: celda de cobertura limitada, con pérdida de señal al sur. Requiere ampliación o AP complementario.

Mástil\_12 a Mástil\_14: buena cobertura, aunque se presentan zonas sin solapamiento efectivo que pueden afectar el roaming.

Mástil\_14 a Mástil\_23: cobertura más densa con buena superposición, aunque se identifican posibles sombras por interferencia física.

Pekín: cobertura aislada sin redundancia. La zona suroeste se encuentra en sombra de señal.

Las deficiencias detectadas incluyen: zonas muertas, falta de redundancia, celdas aisladas, y cobertura irregular. Se recomienda integrar antenas de mayor ganancia, incorporar nuevos APs, y usar controladores WiFi para optimizar la distribución de la red.

### ***Análisis del Desempeño de la Infraestructura WiFi***

La infraestructura actual, basada en tecnología Narrowband (RA1001A), ofrece velocidades de transmisión insuficientes (9.6 kbps a 115.2 kbps) frente a las demandas actuales. Durante operaciones con motonaves, se supera la capacidad técnica de los Access Points, ocasionando congestión, tiempos muertos en la asignación de carga y lentitud en la actualización de plataformas digitales.

### ***Evaluación de la Seguridad en la red Inalámbrica***

Los protocolos de seguridad son insuficientes: solo el 27% del personal está familiarizado con medidas de protección y un 33% reporta incidentes como accesos no autorizados o pérdida de datos. Esto deja expuesta la red a riesgos cibernéticos, tal como advierte la ENISA (2023), lo cual compromete la integridad de la información y la continuidad de los procesos logísticos.

### ***Capacidad de la red y Saturación del Servicio***

El análisis realizado reveló que durante las operaciones con motonaves se conectan simultáneamente más de cincuenta dispositivos, entre terminales móviles XT15, terminales vehiculares VH10 y tabletas operativas, lo cual excede la capacidad técnica de los actuales Access Points (AP), diseñados para soportar un máximo de 50 equipos conectados de manera

estable. Esta saturación provoca una notable lentitud en la ejecución de instrucciones enviadas desde el centro de mando, afectando directamente el rendimiento operativo y dificultando una comunicación fluida y efectiva en tiempo real. Además, la falta de gestión centralizada y la ausencia de herramientas de monitoreo en tiempo real impiden una detección oportuna de estas sobrecargas y fallas; esta situación repercute negativamente en la calidad general del servicio ofrecido por la infraestructura inalámbrica.

### ***Identificación de Deficiencias Técnicas***

Entre las principales deficiencias se destacan: infraestructura basada en tecnologías obsoletas, baja velocidad de transmisión, zonas sin cobertura efectiva, congestión de la red por sobreuso, incidentes de seguridad, y limitada capacidad de gestión. Estas condiciones son incompatibles con las necesidades actuales de una operación portuaria moderna e interconectada.

### ***Oportunidades de Mejora y Modernización***

Las oportunidades de mejora incluyen: renovación de la infraestructura con tecnología WiFi 6, ampliación de cobertura en zonas críticas, segmentación de tráfico por VLANs, uso de firewalls y sistemas de detección de intrusos, y adopción de herramientas de monitoreo como SolarWinds. Además, la capacitación del personal en buenas prácticas de seguridad contribuirá a fortalecer la protección de la red.

### ***Recomendaciones Tecnológicas y Estratégicas***

Se recomienda implementar una red basada en WiFi 2.4 y 5.0 GHz con Access points de tipo industrial, soporte para MU-MIMO, OFDMA y segmentación inteligente. También se sugiere integrar un controlador centralizado para gestión remota, establecer redundancia en los enlaces y realizar auditorías periódicas de seguridad. Estas acciones permitirán escalar la red y garantizar su sostenibilidad.

### ***Conclusiones del Diagnóstico Mediante la Observación***

El diagnóstico realizado demuestra que la infraestructura WiFi de la Sociedad Portuaria de Buenaventura presenta limitaciones estructurales y operativas significativas. Estas deficiencias comprometen la eficiencia logística, la seguridad de la información y la competitividad del puerto. La identificación de estas falencias constituye el primer paso para una modernización efectiva que se abordó mediante una estrategia integral en fases posteriores.

## **Resultados de la Fase 2 Diseño de la Nueva Infraestructura**

### **Definición de Requisitos**

Se establecen los requisitos técnicos mínimos que garanticen la adecuada cobertura en áreas críticas (muelles, patios de contenedores, bodegas y oficinas), la capacidad de soportar un alto número de dispositivos conectados simultáneamente y estándares de seguridad robustos que incluyan mecanismos de encriptación y autenticación.

Adicionalmente, se consideran las condiciones ambientales propias del entorno portuario, tales como la resistencia de los equipos a la humedad, salinidad y temperaturas extremas, asegurando así la continuidad operativa de la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura.

### ***Objetivo General***

Diseñar una red inalámbrica de alta disponibilidad, con cobertura extendida, rendimiento óptimo, escalabilidad para futuras expansiones y mecanismos de seguridad robustos. Esta red incluirá sistemas proactivos de monitoreo y redundancia para garantizar operaciones continuas 24/7, cubriendo la totalidad de las áreas operativas y administrativas de la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura.

### ***Alcance del Proyecto***

El diseño debe contemplar una solución integral que incluya:

- Cobertura completa en muelles, patios de contenedores, grúas RTG, pórticos, bodegas y oficinas.
- Parámetros mínimos de calidad de señal:  $RSSI \geq -70$  dBm y  $SNR \geq 20$  dBm.
- Capacidad para admitir al menos 500 dispositivos conectados por sector, con roaming y balanceo de carga.

- Controladoras WiFi en modo redundante, escalables hasta 200 puntos de acceso (APs).
- Autenticación robusta (preferiblemente RADIUS MAC) y encriptación WPA2 o superior.
- Uso de equipos industriales con protección ambiental IP67 o equivalente, aptos para ambientes hostiles.
- Plan de mantenimiento preventivo trimestral para garantizar la disponibilidad y el rendimiento de la red.

### **Tabla 9**

#### *Especificaciones Técnicas Mínimas*

Componente	Especificación requerida
Controladora WiFi	Alta disponibilidad (redundancia) con licencias escalables.
Access Points Outdoor	Banda dual (2.4 GHz y 5 GHz), tecnología MIMO 3x3 mínimo, protección IP67.
Access Points Indoor	Banda dual, soporte para alta densidad de usuarios.
Backhaul Mesh	Banda de 5 GHz dedicada para enlaces inalámbricos entre APs.
Seguridad	Autenticación RADIUS MAC, encriptación WPA2/WPA3.

***Diseño de la Red***

- Definición de la topología física y lógica, detallando rutas de conexión y distribución de tráfico.
- Identificación y ubicación óptima de puntos de acceso (APs) para cubrir zonas críticas.
- Implementación de estrategias de redundancia, como configuración Safe Mode en APs y controladoras en modo maestro-esclavo para garantizar la continuidad del servicio.
- Planeación de la escalabilidad para permitir futuras expansiones de la red sin afectar su estabilidad.

***Entregables***

- Suministro de equipos certificados, instalación física y configuración integral de la red.
- Pruebas de cobertura mediante mapas de calor que verifiquen los niveles de señal y calidad definidos.
- Análisis de espectro para garantizar la coexistencia con otros sistemas inalámbricos en el entorno portuario.
- Capacitación técnica para el personal de tecnología del puerto y entrega de manuales de operación y mantenimiento.

### **Resultados de la fase 3 Implementación Piloto**

Como parte del proyecto de modernización de la infraestructura de conectividad inalámbrica de la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura (SPRBUN), se realizaron pruebas piloto enfocadas en evaluar la calidad de la señal, la identificación de interferencias y el desempeño de la red WiFi instalada en diferentes puntos estratégicos de la operación portuaria. Estas pruebas constituyen un insumo esencial para validar la viabilidad técnica y operativa del despliegue a gran escala.

#### **Objetivo de la Prueba Piloto**

Verificar la cobertura, estabilidad y rendimiento de la red inalámbrica, mediante un análisis de espectro detallado en la banda de 2.4 GHz, empleando herramientas especializadas como el Analizador de Espectro WiPry2500x de Oscium. Además, se evaluaron los niveles de señal RSSI, el piso de ruido y la capacidad de transmisión bajo condiciones de operación real.

#### **Metodología**

- Las pruebas se ejecutaron en múltiples torres de acceso distribuidas en los muelles y áreas operativas de la terminal. Cada torre se sometió a:
  - Escaneo espectral para detectar interferencias y evaluar la calidad de canal.
  - Pruebas de conectividad y consumo de ancho de banda mediante test de velocidad.
  - Verificación de la estabilidad de la conexión y medición de intensidad de señal (RSSI).
- Cada resultado se clasificó según una escala de grado (A a F), donde A indica un entorno óptimo para la transmisión de datos.

## Herramientas y Equipos Utilizados

Analizador de Espectro WiPry2500x: permitió visualizar la actividad espectral en tiempo real y registrar datos en modo cascada para identificar interferencias intermitentes.

### Figura 12

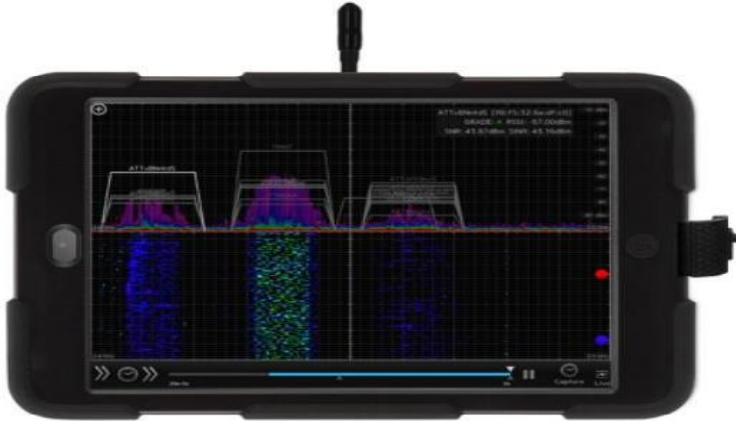
*Analizador de espectro*



Dado que el WiFi puede extenderse a lo largo de un campo de fútbol en 2,4 GHz, los dispositivos en edificios o residencias cercanas también pueden causar interferencias. Con WiPry 2500x, se puede localizar la fuente de ruido y revisar la calidad de Internet inalámbrico, independientemente de la complejidad del entorno.

## Figura 13

### *Interferencias*



Entre las funciones destacadas WiPry de Oscium se incluyen:

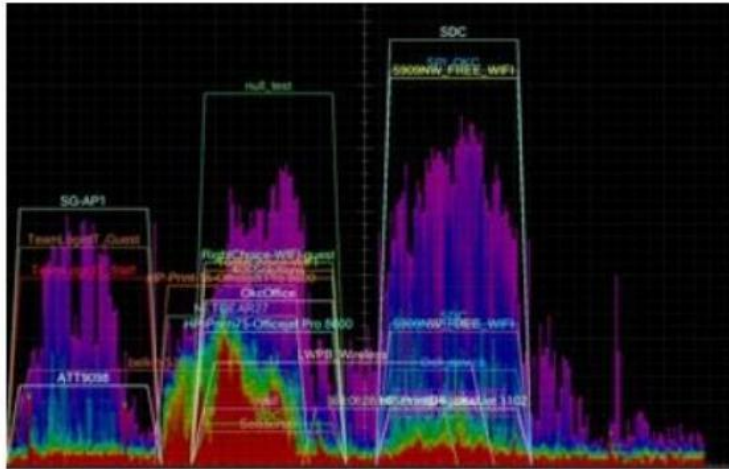
Reporte con selección de red dependiendo el grado (usando de la A a la F), siendo la A con la mejor puntuación evaluado dentro de un entorno inalámbrico determinado en el que se encuentra como está la relación señal/ruido (perfecta para saber si es posible la transmisión de VoIP o vídeo).

### **Leyenda de Colores**

Los colores listados abajo (Onda Real) ilustran un 'mapa de calor' de la actividad inalámbrica como que se muestra a continuación. Los colores calientes (como el rojo) representan transmisiones continuas.

**Figura 14**

*Registro de Mapa de Calor y Leyenda de Colores*

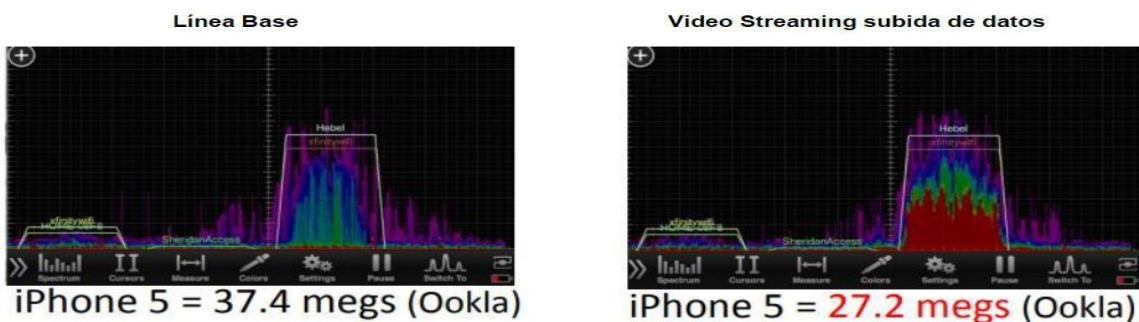


- Morado claro – un solo paquete
- Azul – menos que verde
- Verde – menos que amarillo
- Amarillo – menos que rojo
- Rojo – Ruido de fondo (más de 20 transmisiones por punto en pantalla)

La actividad en rojo puede generar interferencias significativas; esta condición afecta la velocidad inalámbrica y la fiabilidad de la red. A continuación, se presenta la forma en que dicha actividad incide en el rendimiento del sistema.

## Figura 15

### *Interferencias Significativas*



De acuerdo con lo anterior se realizó un análisis de espectro con el equipo WiPry2500x a través de la aplicación WiPry usando principalmente la banda de 2,4 GHz con la cual se logra demostrar la estabilidad de la señal de los AP' S con niveles de RSSI inferior a -70 dBm.

### **Modo Cascada**

La configuración predeterminada de la aplicación corresponde a una vista de onda en tiempo real, la cual permite observar la actividad de forma continua. No obstante, las interferencias pueden variar con el tiempo; por esta razón, se dispone del modo cascada, que permite visualizar los datos espectrales a través del tiempo, ubicando la información más reciente en la parte superior de la vista, mientras que los datos más antiguos se desplazan progresivamente hacia la parte inferior de la pantalla.

Aunque todas las transmisiones de RF son capturadas por el WiPry 2500x, no toda la actividad de RF es constante. Alguna actividad aparece y luego desaparece. La cascada puede ser útil para capturar actividad intermitente. Un analizador de espectro muestra la amplitud de la intensidad de la señal (eje x) a medida que varía según la frecuencia de la señal (eje y).

- Puntos de acceso (AP A8n): conectados con la controladora de red.

Dispositivos de prueba con conexión a IP específicas para simular tráfico constante.

**Tabla 10**

*Registro Consolidado de Resultados*

Muelle	Torre	MAC Address	RSSI (dBm)	Calificación	Observaciones
1	1	00:19:be:00:98:ac	-69	B	Señal estable, buena relación señal/ruido
1	4	00:19:be:00:99:fc	-67	B	Desempeño aceptable, piso de ruido controlado
1	6	00:19:be:00:9f:08	-64	B	Señal robusta para transmisión de datos
1	8	00:19:be:00:9d:24	-63	B	Buen desempeño general
2	A8	00:19:be:00:ab:78	-56	A	Condiciones óptimas, calificación sobresaliente
3	10	00:19:be:00:e4:28	-68	B	Calidad alta, piso de ruido estable
4	12	00:19:be:00:e0:24	-60	B	Nivel de señal aceptable
4	18	00:19:be:00:e5:30	-58	B	Buena estabilidad de conectividad
4	64	00:19:be:00:e8:94	-62	B	Cobertura adecuada, interferencia mínima
6	14	00:19:be:00:5c:78	-59	B	Desempeño general bueno
6	16	00:19:be:00:e5:ec	-62	B	Buena relación señal/ruido

---

Muelle Torre MAC Address			RSSI (dBm)	Calificación	Observaciones
6	20	00:19:be:00:58:78	-61	B	Conexión estable

---

#### Explicación de la calificación del entorno inalámbrico

La calificación asignada a cada torre evaluada corresponde a un sistema de grados (A a F) utilizado para clasificar la calidad de la señal inalámbrica y las condiciones del entorno de transmisión de datos. Esta escala se basa en criterios técnicos como la relación señal/ruido (SNR), la estabilidad de la intensidad de la señal (RSSI), la detección de interferencias y la capacidad de la red para soportar tráfico constante de datos.

A continuación, se describe cada nivel de calificación:

– Grado A (Excelente):

Representa un entorno inalámbrico óptimo, con niveles de interferencia mínimos o inexistentes, un piso de ruido bajo y una relación señal/ruido ideal para la transmisión de datos de alta demanda como VoIP, videoconferencias o monitoreo en tiempo real. El RSSI se mantiene por encima de -60 dBm; este nivel garantiza cobertura robusta y conexiones estables.

– Grado B (Alta Calidad):

Indica un entorno inalámbrico con buena calidad de señal, adecuado para operaciones portuarias que requieren conectividad estable. Aunque puede presentar presencia moderada de interferencia ambiental, esta no afecta significativamente la velocidad de transmisión ni la fiabilidad del enlace. Los valores de RSSI suelen encontrarse entre -60 dBm y -70 dBm.

– Grados C a F:

No se registraron en esta prueba piloto. Estos grados se reservan para entornos con deficiencias

críticas: niveles de señal bajos, interferencias elevadas o inconsistencias en la conectividad que limitan la transmisión de datos. En tales casos se requieren intervenciones correctivas como ajustes de canal, reposicionamiento de puntos de acceso o aumento de potencia.

Esta clasificación se fundamenta en la leyenda de colores generada por el Analizador de Espectro WiPry2500x, que visualiza la actividad inalámbrica como un mapa de calor:

- Colores fríos (azul, verde) representan baja ocupación espectral, mientras que los colores cálidos (amarillo, rojo) evidencian mayor densidad de transmisión y posibles fuentes de interferencia.

La interpretación de esta escala es clave para la toma de decisiones técnicas respecto a ajustes de diseño, ubicación de equipos y planificación de canales, garantizando una infraestructura WiFi eficiente y escalable para las operaciones de la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura.

### **Análisis Integrado de Resultados de Torres Seleccionadas**

El análisis de espectro realizado sobre las doce torres seleccionadas evidencia un comportamiento homogéneo y favorable de la infraestructura WiFi instalada en la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura.

Los resultados muestran que el 92% de las torres evaluadas obtuvieron una calificación B, este resultado indica un entorno de alta calidad de señal, con niveles de interferencia controlados y una relación señal/ruido adecuado para garantizar conectividad estable en operaciones de misión crítica. Los valores de RSSI para este grupo oscilaron entre -69 dBm y -58 dBm, situándose dentro del rango recomendado para operaciones inalámbricas robustas en entornos industriales portuarios.

La Torre A8 destaca como punto con calificación A, evidenciando un entorno inalámbrico óptimo, con un nivel de señal de -56 dBm, este valor asegura un margen superior para soportar aplicaciones de alta demanda de ancho de banda, como transmisión de video en tiempo real y operaciones de monitoreo de contenedores. Esta torre puede considerarse como un referente de configuración ideal para replicar en futuras expansiones de cobertura.

Las torres 1, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 y 64 presentan una distribución de señal coherente, con fluctuaciones mínimas de piso de ruido y una relación señal/ruido que garantiza la continuidad del servicio aun en condiciones de alto tráfico. Si bien ninguna torre registró niveles críticos de interferencia, la ligera cercanía de algunos valores a -70 dBm (Torre 1, -69 dBm) sugiere la necesidad de monitoreo continuo y ajustes preventivos para evitar degradaciones por saturación o solapamiento de canales.

En términos operativos, las pruebas de consumo y test de velocidad ejecutadas confirmaron la estabilidad de la conexión en situaciones de tráfico real, validando la funcionalidad de cada AP y la capacidad de la red para soportar múltiples dispositivos conectados de forma simultánea sin pérdida significativa de calidad.

En síntesis, los resultados de estas torres confirman que la infraestructura desplegada cumple con los parámetros técnicos establecidos para operaciones portuarias exigentes, brindando una base sólida para la continuidad del proyecto y su escalabilidad en fases posteriores.

Aspectos clave identificados:

- Cobertura adecuada y estable en la mayoría de los muelles críticos.
- Bajo nivel de interferencia espectral, optimizando la transmisión de datos.
- Alta coherencia entre mediciones de espectro y pruebas de consumo real.

– Identificación de mejores prácticas para extender la infraestructura con base en torres con calificación A

Análisis de resultados de la prueba piloto

El piloto de conectividad WiFi ejecutado en la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura demostró un desempeño general positivo en las doce torres evaluadas. Todas las torres presentan valores de intensidad de señal (RSSI) superiores a  $-70$  dBm, lo cual es adecuado para entornos industriales donde múltiples dispositivos demandan conectividad simultánea.

El 92% de las torres recibieron una calificación B, y una torre (A8) obtuvo calificación A, resultado que refleja una infraestructura inalámbrica bien planificada, con capacidad para soportar servicios esenciales como monitoreo de cargas, control de accesos, comunicaciones logísticas y video vigilancia IP.

No obstante, la proximidad de algunos valores RSSI al umbral de  $-70$  dBm, como en las torres 1 y 10, indica zonas con señal en el límite inferior de lo recomendable, lo cual podría afectar la experiencia del usuario en situaciones de alta densidad de tráfico o cuando se presenten factores ambientales adversos (clima, estructuras metálicas, interferencias electromagnéticas).

Recomendaciones de Ajustes en Configuración y Ubicación de Equipos

Con base en el análisis de espectro y pruebas de campo, se sugieren los siguientes ajustes para optimizar el rendimiento de la red:

a. Reubicación o reorientación de antenas

Torres 1, 10: Se recomienda evaluar físicamente la orientación de los AP en estas torres, ya que presentan RSSI cercanos a  $-70$  dBm. Cambiar el ángulo o altura de la antena puede mejorar significativamente la cobertura hacia zonas de sombra.

b. Incremento de potencia transmitida

En torres donde no se detecta saturación espectral (ej. Torre 4 o 16), se puede aplicar un leve incremento de potencia en la radio de 2.4 GHz, cuidando de no generar interferencia a AP vecinos.

c. Ajuste de canales inalámbricos

Revisar el canal en uso en torres con calificación B y RSSI entre  $-67$  y  $-69$  dBm (Torres 1, 10, 33, 46). Se sugiere evitar canales solapados (1, 6, 11) si hay coexistencia con otras redes WiFi o dispositivos industriales en 2.4 GHz.

d. Uso de Banda Dual (2.4 y 5 GHz)

Considerar el despliegue de radios en 5 GHz para torres en áreas críticas como la Torre 1, Torre 20 o Torre 14, donde se pueda ofrecer mayor capacidad, menor interferencia y mejor rendimiento en distancias cortas.

e. Pruebas de Cobertura Extensiva en Móviles y Vehículos

Realizar pruebas de cobertura en movimiento (handhelds, montacargas, camiones) para validar la persistencia del enlace durante desplazamientos, especialmente en zonas donde se observaron RSSI menores.

f. Reubicación estratégica de puntos de acceso redundantes

En torres con calificación A como la Torre A8 o la Torre 54 se recomienda replicar el modelo de instalación, ubicación y configuración para futuras fases de expansión de la red.

### Conclusión técnica

Las pruebas piloto validan la idoneidad de la infraestructura WiFi para operaciones portuarias intensivas. No obstante, se identifican oportunidades puntuales de mejora en cobertura y calidad de señal, que pueden abordarse con ajustes menores de ubicación, potencia, planificación de canales y uso de doble banda. La implementación de estos ajustes asegurará una

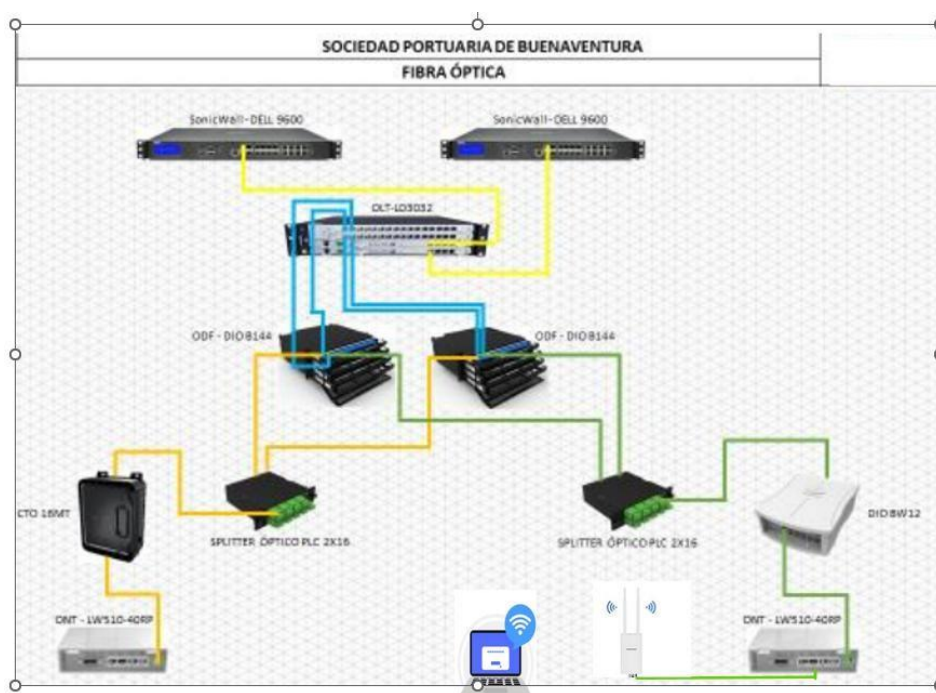
conectividad estable, escalable y alineada con las exigencias de disponibilidad del entorno portuario (Ver Apéndice G sobre la prueba piloto).

#### Resultados de la fase 4: Implementación Completa y Pruebas

La fase final del proyecto de modernización de la infraestructura WiFi en la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura se centró en el despliegue completo de la red inalámbrica, la integración con los sistemas existentes y la ejecución de pruebas exhaustivas de cobertura, interoperabilidad y certificación de la red. Esta etapa consolidó los esfuerzos previos de diagnóstico, diseño y pruebas piloto, asegurando que la solución implementada cumpla con los estándares internacionales de calidad y seguridad exigidos en entornos portuarios de alta demanda operativa.

#### Figura 16

*Diagrama de la Topología*



La arquitectura considera redundancia y escalabilidad. Se establece un anillo de fibra óptica con failover automático mediante el protocolo ERPS, y la posibilidad de expandir la red sin reconfigurar la infraestructura central, mediante la incorporación progresiva de nuevos APs Altai A8N. El diseño cubre el 100 % de las zonas críticas del puerto, también mejora la seguridad y reduce costos.

### **Despliegue de la Red**

Durante esta fase, se realizó la instalación física y configuración de **132 equipos Altai** distribuidos estratégicamente en torres, grúas RTG, pórticos, grúas RS, bodegas y áreas críticas del puerto. Además, se implementó una **controladora de alta disponibilidad**, garantizando redundancia y continuidad del servicio ante posibles contingencias.

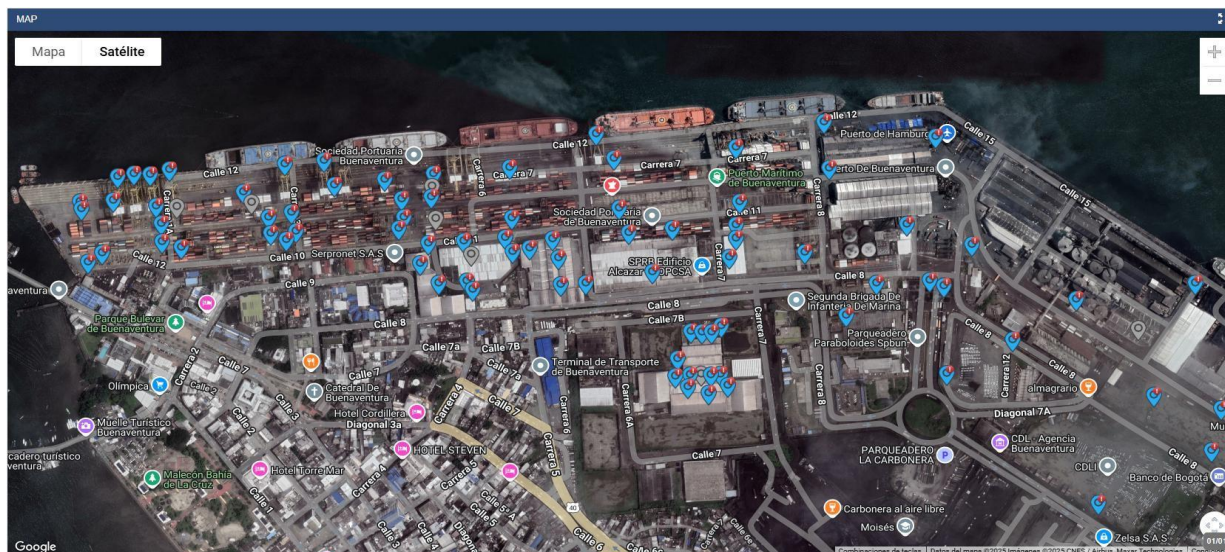
### **Tabla 11**

#### *Equipos Instalados*

Modelo	Cantidad	Características clave
A8n (Super WiFi)	27	2.4GHz + 5GHz, antenas direccionales, soporte PoE.
A2x (AP/Bridge)	62	Dual-band (2.4GHz/5GHz), antenas omnidireccionales.
A3-EI (Dual-band)	30	Antenas MIMO integradas, 3x3 802.11ac.
CLxn+ (CPE/AP)	13	Modo estación, conexión Ethernet.
AltaiGate 210	1	Controladora para 150 APs (ampliable a 200), redundancia.

Figura 17

Despliegue de la red



El Figura 17 muestra la distribución geográfica de la infraestructura WiFi implementada en la Sociedad Portuaria de Buenaventura, donde se observa la ubicación estratégica de los puntos de acceso (APs), representados mediante iconos de color azul, en las diferentes áreas operativas del puerto. La imagen evidencia una cobertura amplia y continua, con mayor densidad de dispositivos en zonas críticas como patios de contenedores y áreas logísticas, lo cual permite soportar un alto número de conexiones simultáneas y garantizar la estabilidad del servicio. Asimismo, el despliegue integra enlaces de fibra óptica para los nodos principales y enlaces inalámbricos en la banda de 5 GHz para la interconexión entre sectores del muelle, especialmente en el lado de atraque donde operan las grúas pórtico, optimizando el rendimiento de la red. En este sentido, la figura confirma el cumplimiento de la planificación del proyecto y demuestra que la infraestructura implementada responde a los requerimientos operativos, asegurando cobertura, capacidad y escalabilidad

La instalación se completó, cumpliendo con la planificación del proyecto. Se utilizó cableado de fibra óptica para los APs principales y enlaces inalámbricos de 5 GHz para puntos de difícil acceso. El diseño garantizó una cobertura RSSI no mayor a -70 dBm y SNR superior a 20 dBm en todo el patio de contenedores, bodegas, paraboloides y áreas logísticas.

### **Alta Disponibilidad de la Controladora**

Implementación:

Instalación física de segunda controladora (esclava) en datacenter de SPRBUN.

Configuración:

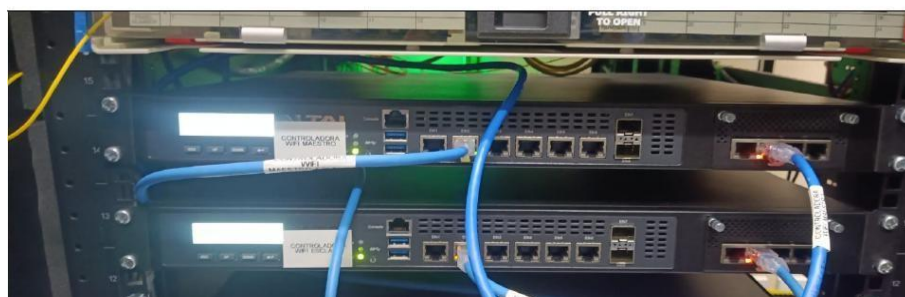
- IP: 172.20.XXX.12 (esclava) vs. 172.20.XXX.11 (maestra).
- Sincronización vía puerto HB y *patch cord*.
- Licencia para 200 APs en ambas.

Pruebas:

Desconexión controladora maestra (22/03/2025): Tiempo de migración a esclava  $\approx$  1 minuto.

## Figura 18

*Verificación de Gestión de APs y Usuarios en Contingencia.*

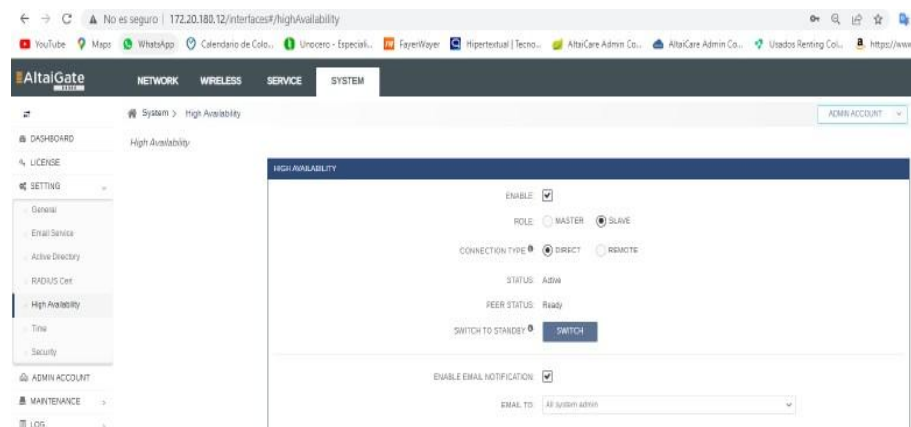


Browser screenshot showing the AltaiGate System License Configuration page. The URL is 172.20.180.12/interfaces#/license. The page displays the following license information:

LICENSE INFO	
PROJECT NAME:	Sociedad Portuaria Buenaventura - Colombia
COMPANY NAME:	Sociedad Portuaria Buenaventura - Colombia
NUMBER OF NE:	200
CURRENT ONLINE NE:	0
EXPIRY TIME:	No Limit

Browser screenshot showing the AltaiGate System License Configuration page. The URL is 172.20.180.11/interfaces#/license. The page displays the following license information:

LICENSE INFO	
PROJECT NAME:	Sociedad Portuaria Buenaventura - Colombia
COMPANY NAME:	Sociedad Portuaria Buenaventura - Colombia
NUMBER OF NE:	200
CURRENT ONLINE NE:	62
EXPIRY TIME:	No Limit



El Figura 18 presenta la validación del funcionamiento de la convergencia de dispositivos en la infraestructura WiFi implementada, evidenciando tanto la conexión física de los equipos, conformada por dos controladores Altai configurados en alta disponibilidad, como la configuración lógica desde la plataforma de gestión. En las imágenes superiores se observa la correcta interconexión de los dispositivos mediante enlaces cableados, garantizando la comunicación entre los nodos de la red, mientras que en las capturas del sistema de administración se verifica la gestión unificada de usuarios y servicios. Esto demuestra que la red soporta la integración de múltiples dispositivos bajo una misma infraestructura, asegurando autenticación, control y continuidad del servicio, lo cual resulta fundamental para la operación eficiente en un entorno portuario de alta demanda.

### Configuración de Access Points (APs)

Tipos de Conexión:

- Cableados (A8n, A3): Conectados directamente a red por fibra óptica.
- Inalámbricos (A2x, CLxn+): Conectados vía *mesh* a banda de 5GHz (*SSID Backhaul 5G* oculto).

-

**Figura 19***Configuración de Access Points*

El Figura 19 presenta la instalación y configuración de los puntos de acceso (Access Points) dentro de la infraestructura WiFi implementada, evidenciando tanto los componentes de soporte energético y conectividad como su despliegue en campo. En la imagen izquierda se observa la integración de elementos eléctricos y de respaldo, incluyendo sistemas de protección y alimentación que garantizan la continuidad operativa de los equipos, mientras que en la imagen derecha se muestra la instalación de los Access Points en estructura elevada, permitiendo una cobertura amplia y eficiente en áreas abiertas del entorno portuario. Esta configuración asegura condiciones óptimas de funcionamiento, disponibilidad del servicio y adecuada propagación de la señal, contribuyendo al cumplimiento de los requerimientos de conectividad, estabilidad y rendimiento de la red.

### ***Configuraciones Clave***

Safe Mode (APs cableados): Redundancia ante fallos (migración a APs vecinos en 5 segundos).

VLANs:

- VLAN 20 para CCTV.
- VLAN 24 para tráfico de usuarios.
- VLAN 204 para gestión de equipos.

Seguridad:

- Autenticación WPA2-Personal.
- Monitoreo remoto activado en radios.

Figura 20

Configuraciones Clave

The screenshot shows the ALTAI web interface with the following configuration details:

- System:**
  - Equipment Name: T120 PUELLE 2
  - Firmware Version: x.x.x.x
  - CPU Load: 2%
  - Memory Usage: 23MB / 256MB
  - Uptime: 28h 27m 10s
- Network (Switch Mode):**
  - IPv4 DHCP Client: Disabled
  - IPv4 Address: - Hidden -
  - IPv4 Default Mask: - Hidden -
  - IPv4 DNS Servers: - Hidden -
  - Interfaces (3):
    - WLAN:
      - MAC: 00:1D:B6:80:2d:1a
      - Mode: AP
      - Hidden SSID:  Hidden
      - Hidden SSID:  Hidden
    - Ethernet:
      - Link: AP (Fast)
      - Transmit Power: 29dBm
      - Link: 0dBm
      - Users: 29dBm (2156kbps)
      - Transmit: 370.6MB (25.6kbps)
      - Receive: 486.5MB (32.4kbps)
      - Busy: 1 (Busy 0)
      - Busy: 24.08m

The screenshot shows the ALTAI web interface with the Association List configuration page. It includes a table for WLAN associations and a section for Station List.

WLAN ID	Status	SSID	MAC Address	Auth Mode	Cipher	# Clients	Total Traffic
0	On	Hidden	••••••••	WPA2 Personal(1R)	aes	0	TX: 5.6MB RX: 1.8MB
2	On	Hidden	••••••••	WPA2 Personal(1R)	aes	0	TX: 4.7MB RX: 3.0MB
3	On	Hidden	••••••~•	WPA2 Personal(1R)	aes	0	TX: 6.7MB RX: 1.8MB
						<b>Total</b>	0 TX: 0.0Kbps RX: 0.0Kbps

Station List **SNR Distribution**

STA ID	MAC Address	IP Address	Hostname	Online Time	SNR(dB)	Throughput	Traffic
This section contains no values yet							

The screenshot shows the ALTAI web interface with the VLAN Configuration page. It includes a table for VLAN Profiles and an Interfaces table.

Enable VLAN:  Submit

VLAN ID	Interfaces	IPv4 Address/Subnet Mask	Management VLAN
1	AP_2 (VLAN1)	•••••••• - Hidden -	<input checked="" type="radio"/> <span>✖</span>
20	AP_2 (VLAN2) AP_1 (VLAN2)	•••••••• - Hidden -	<input type="radio"/> <span>✖</span>
24	AP_3 (VLAN2) AP_4 (VLAN2)	••••~••• - Hidden -	<input type="radio"/> <span>✖</span>
27	AP_5 (VLAN2) AP_4 (VLAN2)	••••~••• - Hidden -	<input type="radio"/> <span>✖</span>
28	AP_5 (VLAN2) AP_5 (VLAN2)	••••~••• - Hidden -	<input type="radio"/> <span>✖</span>

Add VLAN

Interface	Dynamic VLAN	Type	PVID	PVID Tagging	VLAN(s)	Auth Mode	Edit
AP1_1	Disable	Trunk	1	<input type="checkbox"/>	21	WPA2-PSK	<a href="#">Edit</a>
AP_2 (VLAN1)	Disable	Access	NA	<input type="checkbox"/>	24	WPA2-PSK	<a href="#">Edit</a>
AP_3 (VLAN2)	Disable	Access	NA	<input type="checkbox"/>	20	WPA2-PSK	<a href="#">Edit</a>
AP_4 (VLAN4)	Disable	Access	NA	<input type="checkbox"/>	27	WPA2-PSK	<a href="#">Edit</a>

Submit

El Figura 20 presenta las configuraciones principales realizadas en la plataforma de gestión Altai para la operación de la infraestructura WiFi, evidenciando parámetros esenciales como la asociación de dispositivos, configuración de redes inalámbricas (WLAN) y segmentación mediante VLANs. En la parte superior se observa la información general del sistema y estado de los equipos, mientras que en las secciones inferiores se detallan las configuraciones de usuarios, direcciones IP y políticas de red. Estas configuraciones permiten la correcta identificación y gestión de los dispositivos conectados, así como la segmentación del tráfico para mejorar la seguridad y el rendimiento de la red. En conjunto, la figura demuestra que la infraestructura fue configurada de manera estructurada y alineada con los requerimientos operativos.

#### Pruebas de cobertura y espectro

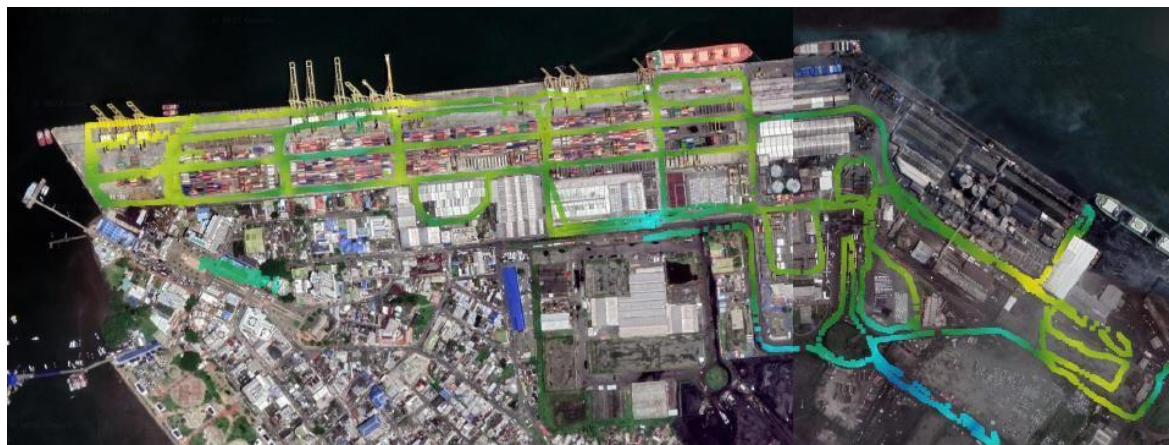
##### Metodología:

- Mapas de calor: Herramienta *Acrylic WiFi* para análisis *outdoor*.
- Espectro: Equipo *Wypri 250 (2.4GHz)*.
- Protocolo de usuarios: Pruebas de *roaming*, balanceo de carga y desconexión de

APs.

**Figura 21**

*Pruebas de cobertura y espectro. Mapa de Calor*



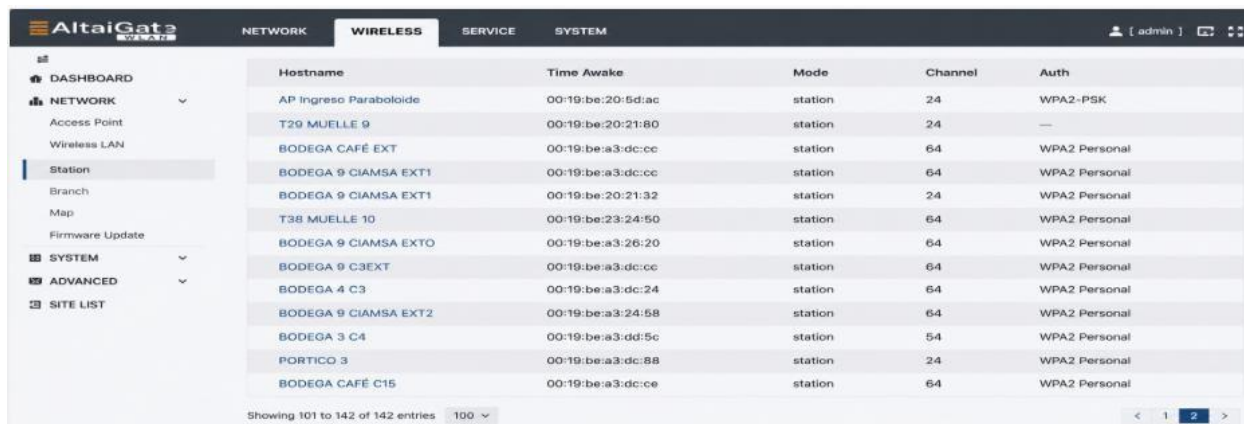
El Figura 21 presenta el resultado de las pruebas de cobertura y análisis de espectro de la red WiFi implementada, mediante un mapa de calor que permite visualizar la intensidad de la señal en las diferentes áreas de la Sociedad Portuaria de Buenaventura. En la imagen se observan zonas representadas en diferentes colores, donde el color verde indica niveles óptimos de cobertura, el amarillo señala áreas con señal media y el azul corresponde a zonas con menor intensidad de señal. Esta distribución evidencia una cobertura amplia y funcional en la mayor parte del entorno operativo, con una adecuada propagación de la señal en patios de contenedores, áreas logísticas y zonas de operación portuaria. Asimismo, los resultados permiten identificar puntos específicos de mejora, lo cual facilita la optimización continua de la red. En este sentido, la figura valida el cumplimiento de los objetivos de cobertura establecidos en el diseño, garantizando conectividad eficiente, estabilidad del servicio y soporte para las operaciones del puerto.

**Figura 22***Tráfico de red*

El Figura 22 presenta el comportamiento del tráfico de red en la infraestructura WiFi implementada, evidenciando tanto la distribución geográfica de los puntos de acceso como el consumo de ancho de banda a lo largo del tiempo. En la parte superior se observa la ubicación de los dispositivos en el entorno portuario, mientras que en la sección inferior se muestra la variación del tráfico (carga de datos) en términos de subida y descarga durante un periodo determinado. Los resultados evidencian un flujo de datos estable y continuo, lo cual indica un adecuado dimensionamiento de la red y una correcta gestión del ancho de banda frente a múltiples usuarios y dispositivos conectados. En este sentido, la figura demuestra que la infraestructura soporta eficientemente la demanda operativa del puerto, garantizando rendimiento, estabilidad y calidad del servicio.

## Figura 23

*142 equipos Conectados*



Hostname	Time Awake	Mode	Channel	Auth
AP Ingreso Paraboloides	00:19:be:20:5d:ac	station	24	WPA2-PSK
T29 MUELLE 9	00:19:be:20:21:80	station	24	—
BODEGA CAFÉ EXT	00:19:be:a3:dc:cc	station	64	WPA2 Personal
BODEGA 9 CIAMSA EXT1	00:19:be:a3:dc:cc	station	64	WPA2 Personal
BODEGA 9 CIAMSA EXT1	00:19:be:20:21:32	station	24	WPA2 Personal
T38 MUELLE 10	00:19:be:23:24:50	station	64	WPA2 Personal
BODEGA 9 CIAMSA EXTO	00:19:be:a3:26:20	station	64	WPA2 Personal
BODEGA 9 C3EXT	00:19:be:a3:dc:cc	station	64	WPA2 Personal
BODEGA 4 C3	00:19:be:a3:dc:24	station	64	WPA2 Personal
BODEGA 9 CIAMSA EXT2	00:19:be:a3:24:58	station	64	WPA2 Personal
BODEGA 3 C4	00:19:be:a3:dd:5c	station	54	WPA2 Personal
PORTICO 3	00:19:be:a3:dc:88	station	24	WPA2 Personal
BODEGA CAFÉ C15	00:19:be:a3:dc:ce	station	64	WPA2 Personal

El Figura 23 presenta la visualización de los dispositivos conectados en la infraestructura WiFi a través de la plataforma de gestión Altai, evidenciando un total de 142 equipos activos en un momento determinado. En la imagen se observa el listado de dispositivos asociados a los puntos de acceso, junto con información relevante como direcciones IP, tipo de autenticación, banda de operación (2.4 GHz y 5 GHz) y niveles de señal, lo cual permite una gestión detallada de la red. Este resultado demuestra la capacidad de la infraestructura para soportar múltiples conexiones simultáneas de manera eficiente, garantizando control, monitoreo y estabilidad del servicio. En este sentido, la figura valida el correcto dimensionamiento de la red y su capacidad para responder a las demandas operativas del entorno portuario.

Resultados:

Cobertura cumplió  $RSSI \leq -70$  dBm y  $SNR \geq 20$  dBm en áreas contratadas.

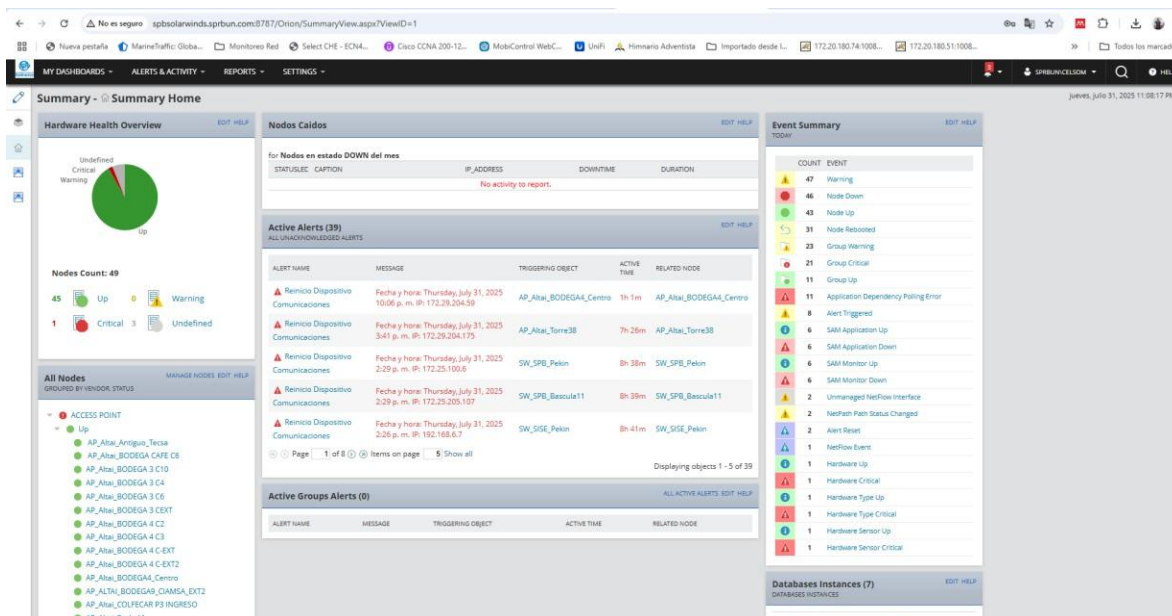
Ejemplo de prueba:

– Desconexión AP "Torre 10" (IP 172.29.204.145).

– Usuario (MAC D0:B128:62:20:CB) migró a "Torre 64" en modo *safernode* sin pérdida de conexión.

## Figura 24

### Herramienta de Monitoreo



El Figura 24 presenta la herramienta de monitoreo utilizada para la supervisión de la infraestructura WiFi, donde se visualiza el estado general de los dispositivos, alertas activas y eventos registrados en la red. En la interfaz se observa un panel de control que permite identificar nodos activos, dispositivos con fallas y notificaciones en tiempo real, facilitando la gestión proactiva de incidentes. Asimismo, la herramienta proporciona información detallada sobre el rendimiento de la red y la disponibilidad de los equipos, lo cual permite tomar decisiones oportunas para garantizar la continuidad del servicio. En este sentido, la figura evidencia la implementación de un sistema de monitoreo eficiente, alineado con las buenas prácticas de gestión de redes, asegurando control, estabilidad y mejora continua en el entorno portuario.

#### Pendientes y observaciones

- Equipos CLxn+: Configurados solo para servicio Ethernet (no irradian señal WiFi).

#### Recomendaciones:

- Migrar autenticación MAC a método Radius MAC para evitar spoofing.
- Mantenimiento trimestral por salinidad ambiental (limpieza de conectores).

#### Conclusiones generales

- Cumplimiento: Instalación alineada con especificaciones técnicas y estudios de preingeniería.
- Redundancia: Alta disponibilidad verificada en controladoras y modo Safe

#### Mode en APs.

- Operatividad: 144 equipos operativos (fases inicial + final), con 11 pendientes de activación.
- Sostenibilidad: Mantenimiento preventivo esencial para durabilidad en ambiente marino.

### **Fase 5 Capacitación**

Con el fin de implementar la infraestructura WiFi, se realizó una capacitación al personal técnico y operativo sobre las competencias necesarias para la gestión, uso y mantenimiento de la red de forma autónoma, para mantener los beneficios de estos cambios digitales (Ver Apéndice H). En este sentido, los objetivos de la capacitación son los siguientes:

- Capacitar al personal técnico en la administración, monitoreo y mantenimiento preventivo y correctivo de la red WiFi.
- Instruir al personal operativo sobre el uso seguro y adecuado de la red WiFi incluyendo el acceso de sistemas y aplicaciones digitales.

#### Metodología:

La capacitación fue realizada de manera presencial y práctica integrando la teoría con la práctica. Así mismo, se realizaron actividades basadas en el Aprendizaje Cooperativo, así como la realización de sesiones prácticas, con simulaciones imitando situaciones reales. Así mismo, se realizaron dos grupos, es decir, una capacitación para cada grupo (personal técnico y personal operativo).

#### Temporalización:

Se llevó a cabo en 4 semanas de 20 horas para el personal técnico y 8 horas para el personal operativo.

**Tabla 12***Capacitación*


---

Dirigido a: personal técnico

---

Semana	Título	Descripción
1	Taller de configuración	Sesión práctica sobre la configuración de puntos de acceso, <i>switches</i> y controladores de red.
2	Simulacro de monitoreo	Uso de herramientas de software para monitorear el rendimiento de la red, identificar cuellos de botella y generar informes.
3	Laboratorio de diagnóstico y solución de problemas	Identificación y corrección de fallas comunes, como interferencia de señal, problemas de autenticación o fallos de hardware.
4	Sesión de seguridad avanzada	Configuración de políticas de seguridad, gestión de accesos y protocolos de encriptación.

Dirigido a: personal operativo

Semana	Título	Descripción
1	Introducción al uso de la red	Sesión informativa sobre cómo conectarse a la red WiFi y buenas prácticas de uso.
2	Taller de aplicaciones portuarias	Uso de las aplicaciones digitales clave (por ejemplo, gestión de inventario, seguimiento de contenedores) a través de la nueva red WiFi.

---

---

3	Taller de seguridad básica	Creación de contraseñas seguras, identificación de redes no autorizadas (hotspots maliciosos) y protección de datos.
4	Guía de reporte de incidencias	Procedimiento claro para reportar fallos de conexión o problemas técnicos al equipo de soporte interno.

---

Recursos:

Didácticos: videos, tutoriales, guías, manuales, presentaciones digitales.

Tecnológicos: computadoras, pizarra digital, réplicas del entorno de red para las prácticas.

Humanos: instructores calificados.

## **Fase 6 Seguimiento y evaluación**

Esta fase se orientó en asegurar la mejora continua de la infraestructura WiFi que ha sido implementada. Mediante un monitoreo y evaluaciones periódicas se pudo verificar que la red cumpla los objetivos de rendimiento y pueda transformar realmente el entorno digital de la Sociedad Portuaria de Buenaventura.

### **Monitoreo Continuo**

Se activaron herramientas de monitoreo en tiempo real, como SolarWinds, con el propósito de visualizar desde un punto central el estado de los dispositivos de la red, entre ellos servidores, switches y puntos de acceso. Asimismo, se definieron las siguientes métricas de supervisión:

- Ancho de banda.
- Latencia y jitter.
- Disponibilidad de dispositivos.
- Calidad de la señal RSSI.

Además, se configuraron las alertas automáticas para notificar al personal técnico mediante el correo electrónico cualquier problema como por ejemplo, un uso de ancho de banda muy alto, entre otros, a fin de contar con una respuesta operativa oportuna y solucionar las anomalías previo a que interfiera en las operaciones del puerto.

### **Evaluación Periódica**

En cuanto a la evaluación periódica, fue realizada para medir el impacto de la infraestructura WiFi en las operaciones portuarias. De esta manera, se propone realizar una revisión cada 3 meses de los equipos tecnológicos, emitir informes de rendimiento, identificar puntos críticos y ajustar la configuración de acuerdo a estos resultados. Así mismo, se pretende

medir la eficiencia operativa a través de encuestas al personal operativo sobre la red, comparar tiempos de tareas críticas y reducir los tiempos de carga y descarga de datos en las terminales móviles.

En consecuencia, mediante estas evaluaciones se puede construir un plan de mejora continua, donde se identifiquen necesidades, se realicen nuevas capacitaciones, se adquieran nuevas tecnologías, entre otros aspectos que se ajusten a los propósitos de la Sociedad Portuaria. Por lo tanto, este seguimiento y evaluación constituye una base para que este proyecto evolucione y se continúe adaptando al cambio digital que requiere el puerto a largo plazo.

### **Plan de Mejora Continua de la Infraestructura WiFi**

Con el fin de garantizar la sostenibilidad, eficiencia y evolución de la infraestructura WiFi implementada en la Sociedad Portuaria de Buenaventura, se establece un plan de mejora continua basado en el monitoreo permanente, la evaluación periódica y la optimización progresiva de la red. Este plan se fundamenta en el ciclo de mejora continua (Plan-Do-Check-Act, PDCA) y en buenas prácticas de gestión de servicios de TI.

#### ***Objetivo del Plan***

Establecer un modelo estructurado de seguimiento, evaluación y optimización de la infraestructura WiFi, que permita mejorar continuamente el desempeño de la red, garantizar su disponibilidad, fortalecer la seguridad y adaptarse a las necesidades operativas del entorno portuario.

#### ***Alcance***

Este plan aplica a toda la infraestructura inalámbrica implementada en la Sociedad Portuaria de Buenaventura, incluyendo:

- Puntos de acceso (APs)

- Controladoras WiFi
- Enlaces inalámbricos y cableados
- Usuarios y dispositivos conectados
- Sistemas asociados (CCTV, IoT, terminales operativas)

### ***Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)***

**Tabla 13**

#### *Indicadores*

Indicador	Descripción	Meta
Disponibilidad de la red	Porcentaje de tiempo en operación	$\geq 99.9\%$
Latencia	Tiempo de respuesta de la red	$\leq 50$ ms
Intensidad de señal (RSSI)	Calidad de cobertura	$\geq -70$ dBm
Número de incidentes	Fallas reportadas por periodo	$\downarrow 70\%$
Dispositivos conectados	Capacidad de usuarios concurrentes	$\geq 500$ por sector
Satisfacción del usuario	Encuestas internas	$\geq 90\%$

### **Actividades del Plan de Mejora**

#### ***Monitoreo Continuo***

- Supervisión en tiempo real mediante herramientas como SolarWinds.
- Generación de alertas automáticas ante fallas.
- Análisis de tráfico, latencia y uso de ancho de banda.

#### ***Evaluación Periódica***

- Revisión trimestral de desempeño de la red.
- Análisis de KPIs y comparación con metas establecidas.
- Identificación de cuellos de botella y zonas críticas.

### Gestión de incidentes

- Registro de fallas en la herramienta de gestión centralizada.
- Clasificación por criticidad.
- Aplicación de tiempos de respuesta (MTTR).

### *Optimización de la red*

- Ajuste de canales inalámbricos.
- Reconfiguración de potencia de transmisión.
- Redistribución de carga entre APs.
- Implementación de nuevas tecnologías (WiFi 6E, IoT).

### *Seguridad de la red*

- Auditorías periódicas de seguridad.
- Implementación de autenticación avanzada (RADIUS).
- Actualización de firmware.
- Capacitación en ciberseguridad.

### *Capacitación Continua*

- Formación semestral al personal técnico.
- Sensibilización al personal operativo.
- Actualización en nuevas tecnologías.

### *Roles y Responsables*

#### **Tabla 14**

#### *Roles y Responsables*

Rol	Responsabilidad
Equipo de TI	Monitoreo, configuración y mantenimiento

Rol	Responsabilidad
Administrador de red	Gestión de incidentes y optimización
Dirección tecnológica	Toma de decisiones estratégicas
Usuarios	Uso adecuado y reporte de fallas

### *Frecuencia de Ejecución*

**Tabla 15**

#### *Actividades*

Actividad	Frecuencia
Monitoreo	Tiempo real
Evaluación de KPIs	Mensual
Mantenimiento preventivo	Trimestral
Auditoría de seguridad	Semestral
Capacitación	Semestral

## Conclusiones

Una vez desarrollada la presente investigación, se obtienen las siguientes conclusiones:

Con respecto al primer objetivo específico, el diagnóstico de la infraestructura WiFi de la Sociedad Portuaria de Buenaventura permitió identificar deficiencias críticas en cobertura, capacidad, rendimiento y seguridad de la red existente. Se evidenciaron puntos de acceso saturados en zonas operativas de alta demanda, lo cual generaba degradación del servicio, latencias elevadas e interrupciones en los procesos. Asimismo, el análisis técnico reveló vulnerabilidades asociadas a mecanismos de autenticación no robustos y a una gestión limitada de la red, incrementando el riesgo de accesos no autorizados. Estos hallazgos, sustentados en análisis de cobertura, tráfico y desempeño, permitieron establecer una línea base objetiva que justificó la necesidad de una modernización tecnológica orientada a mejorar la eficiencia operativa y la seguridad de la infraestructura.

En cuanto al segundo objetivo específico, el diseño de la nueva arquitectura WiFi se fundamentó en estándares tecnológicos actuales como IEEE 802.11ac, orientados a optimizar la capacidad, eficiencia espectral y estabilidad en entornos de alta densidad de usuarios. La solución propuesta incorporó componentes clave como la controladora AltaiGate 210, con capacidad para gestionar hasta 200 puntos de acceso, y un anillo de fibra óptica soportado en el protocolo ERPS, garantizando alta disponibilidad y redundancia en la red. Adicionalmente, se definió una arquitectura segmentada mediante VLANs y enlaces inalámbricos en la banda de 5 GHz para la interconexión de sectores, permitiendo mejorar el rendimiento, la seguridad y la escalabilidad de la infraestructura, en coherencia con los requerimientos operativos del entorno portuario.

Con relación al tercer objetivo específico, la implementación de la nueva infraestructura WiFi permitió validar el desempeño de la solución mediante resultados cuantificables y verificables. En la prueba piloto se evaluaron 12 torres, de las cuales el 92% obtuvo una calificación B y una torre alcanzó calificación A, evidenciando un alto nivel de cobertura y estabilidad del servicio. Los valores de intensidad de señal (RSSI) oscilaron entre -56 dBm y -69 dBm, confirmando condiciones adecuadas de conectividad en las áreas intervenidas. Asimismo, se desplegaron 132 equipos Altai durante la fase de implementación, alcanzando un total de 144 equipos operativos al cierre del proyecto. En términos de alta disponibilidad, se evidenció un tiempo de migración entre controladoras de aproximadamente un minuto, garantizando continuidad del servicio. Adicionalmente, se ejecutó un programa de capacitación de cuatro semanas dirigido a dos grupos diferenciados, fortaleciendo las capacidades del personal técnico y operativo para la gestión de la red. Estos resultados demuestran que la solución implementada cumple con los objetivos planteados, generando mejoras sustanciales en cobertura, rendimiento y confiabilidad de la infraestructura.

La modernización de la infraestructura WiFi en la Sociedad Portuaria de Buenaventura constituye una solución integral ante las limitaciones identificadas en el diagnóstico inicial, mediante la implementación de una arquitectura tecnológica robusta, escalable y alineada con estándares actuales. Los resultados obtenidos evidencian mejoras significativas en cobertura, capacidad, estabilidad y gestión de la red, soportadas en indicadores técnicos como niveles de señal (RSSI entre -56 dBm y -69 dBm), incremento en la cantidad de dispositivos gestionados y reducción de tiempos de conmutación ante fallos.

En este sentido, el proyecto no solo optimiza la conectividad inalámbrica, sino que fortalece la eficiencia de las operaciones portuarias, permitiendo la integración de servicios

críticos como sistemas de pesaje, videovigilancia e IoT. Asimismo, la incorporación de mecanismos de monitoreo, alta disponibilidad y capacitación del personal garantiza la sostenibilidad de la solución en el tiempo.

Finalmente, esta investigación demuestra que la gestión adecuada en la implementación y modernización de infraestructuras WiFi constituye un factor clave para la transformación digital en entornos logísticos complejos y posiciona a la Sociedad Portuaria de Buenaventura como una organización preparada para afrontar los desafíos tecnológicos actuales y futuros.

## Recomendaciones

Entre las sugerencias que surgen a partir de esta investigación, están las siguientes:

Tomando en cuenta que el avance tecnológico es constante, es importante realizar un plan de actualización periódica de evaluación y posible adopción de nuevas tecnologías de conectividad, como por ejemplo 5G privado, a manera de continuar optimizando la eficiencia operativa.

Aunado a esto, considerando los riesgos de seguridad detectado en el diagnóstico, es importante mantener un enfoque proactivo de ciberseguridad, por ende, se pueden organizar auditorías de seguridad y organizar capacitaciones para que el personal conozca amenazas emergentes.

Se sugiere aprovechar la capacidad de integrar tecnologías del Internet de las Cosas, incluyendo la instalación de sensores para monitorizar en tiempo real la temperatura de contenedores refrigerados, automatizar la iluminación de distintas áreas, emplear etiquetas RFID para el seguimiento de las mercancías, entre otros. En este sentido, esta integración mejora la eficiencia e información relevante para la toma de decisiones.

Se recomienda crear un equipo responsable de la gestión del rendimiento de la red, encargado de atender alertas, analizar datos, identificar tendencias y proponer optimizaciones estratégicas; esta medida permitirá que la Sociedad Portuaria de Buenaventura garantice una red en evolución acorde con las necesidades operativas.

### Referencias Bibliográficas

- Agencia de la Unión Europea para la Ciberseguridad (ENISA) (2023). *Port Cybersecurity - Good practices for cybersecurity in the maritime sector*. Enisa.  
<https://www.enisa.europa.eu/publications/port-cybersecurity-good-practices-for-cybersecurity-in-the-maritime-sector>
- Agencia de la Unión Europea para la Ciberseguridad (ENISA). (2023). *Port Cybersecurity - Good practices for cybersecurity in the maritime sector*. <https://www.enisa.europa.eu>
- Agencia Nacional de Infraestructura. (2024). *Informe de gestión 2023*. ANI.  
[https://www.ani.gov.co/sites/default/files/informe\\_de\\_gestion\\_2023.pdf](https://www.ani.gov.co/sites/default/files/informe_de_gestion_2023.pdf)
- Akbani, O. (2024). *The Role of Data Analytics in Digital transformation*. Folio 3.  
<https://data.folio3.com/blog/data-analytics-in-digital-transformation/#:~:text=Data%20analytics%20plays%20a%20pivotal,planning%20and%20proactive%20decision%2Dmaking>.
- Akinobu, O. y Takahiro, T. (2024). *China's Smart Port Initiative in the Guangdong–Hong Kong–Macao Greater Bay Area*. [https://mpra.ub.uni-muenchen.de/121687/2/MPRA\\_paper\\_121687.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/121687/2/MPRA_paper_121687.pdf)
- Andrade, R. (2019). *Tecnología WiFi*. Enacom.  
[https://enacom.gob.ar/multimedia/bibliotecas/archivos/biblioteca\\_16398.pdf](https://enacom.gob.ar/multimedia/bibliotecas/archivos/biblioteca_16398.pdf)
- Asociación nacional de comercio exterior (Analdex). (2024). *Puertos de Colombia: ¿a qué retos se enfrentan?* <https://analdex.org/2024/01/11/puertos-de-colombia-a-que-retos-se-enfrentan/>

Autoridad Portuaria de Róterdam. (2021). *Informe Anual de Innovación y Tecnología*.

[https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/061/documentos/2023/05/anexos/OD\\_Informe%20sobre%20el%20puerto%20de%20R%C3%B3terdam%202023\\_REV.pdf](https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/061/documentos/2023/05/anexos/OD_Informe%20sobre%20el%20puerto%20de%20R%C3%B3terdam%202023_REV.pdf)

Autoridad Portuaria de Valencia. (2023). *Informe de sostenibilidad y digitalización portuaria*.

<https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/Avance-Memoria-Ambiental-2023.pdf>

Baldeón Guillama, R. y March Hermo, M. (2019). *Diseño e implementación de redes WiFi seguras*. Universidad de Catalunya.

<https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/97826/7/rbaldeonTFG0619memoria.pdf>

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2021). *Puertos inteligentes y sostenibles: herramientas para la implementación de Sistemas de Comunidad Portuaria*.

<https://publications.iadb.org/es/puertos-inteligentes-y-sostenibles-herramientas-para-la-implementacion-de-sistemas-de-comunidad>

Baquero Villamil, G. (2019). *Efectos del uso de tecnología de inspección no intrusiva en la gestión logística portuaria de Cartagena conllevan a una mayor competitividad del país*. Poligran.

<https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/6802/9/%20Efectos%20del%20uso%20de%20tecnolog%C3%ADa%20de%20inspecci%C3%B3n%20no%20intrusiva%20en%20la%20gesti%C3%B3n%20log%C3%ADstica%20portuaria%20de%20Cartagena%20conllevan%20a%20una%20mayor.pdf>

Bello, D. (2020). *Aspectos que afectan el desarrollo del puerto de Buenaventura*.

<https://sfa2142120804c535.jimcontent.com/download/version/1605625071/module/10916678283/name/Articulo%20Final.pdf>

- Bobadilla Falla, J. y Venegas Camargo, A. (2018). *La importancia de los puertos dentro de la economía en Colombia y sus países fronterizos*. 9(1), 8-24,  
<https://revistas.poligran.edu.co/index.php/puntodevista/article/view/1115>
- Boyano, T., Cardona, D. y Hernández, J. (2018). *La gestión e innovación Portuaria en los principales Puertos Marítimos y en Colombia*. Researchgate.  
[https://www.researchgate.net/publication/333005328\\_La\\_gestion\\_e\\_innovacion\\_Portuaria\\_en\\_los\\_principales\\_Puertos\\_Maritimos\\_y\\_en\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/333005328_La_gestion_e_innovacion_Portuaria_en_los_principales_Puertos_Maritimos_y_en_Colombia)
- Buitrago, A. e Hincapié, F. (2020). *Impacto de la tecnología inalámbrica WiFi como una herramienta de comunicación y de marketing en áreas comunes de los centros comerciales de Bogotá*. Universidad EAN.  
<https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10473/BuitragoAura2021.pdf?sequence=1>
- Buitrago, A., & Hincapié, F. (2020). *Impacto de la tecnología inalámbrica WiFi como herramienta de comunicación y marketing*. Universidad EAN.
- Calderón Parrales, A. P., & Álava Cruzatty, J. E. (2023). Diseño de infraestructura tecnológica para fortalecer la conectividad en el Malecón de Puerto Cayo. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(5), 547-563.  
<https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i5.763>
- Cano Pedraza, M. (2020). *Análisis de Solución a la Infraestructura Inalámbrica en la Universidad de Ibagué*.  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/40279/macanope.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Carballar F., J. (2010). *WiFi: lo que se necesita conocer*. Madrid: RC Libros.

- Castells, M. (2020). *El impacto de Internet en la sociedad: una perspectiva global*. BBVA.  
<https://www.bbvaopenmind.com/articulos/el-impacto-de-Internet-en-la-sociedad-una-perspectiva-global/>
- Castilla Marrullo, C. (2016). *Mecanismos de seguridad en redes WiFi*. UTB.  
[https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/2637/0035911\\_organized.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/2637/0035911_organized.pdf?sequence=6&isAllowed=y)
- Castillo, N. y Ocampo, C. (2018). *Análisis de sensibilidad de la generación de valor como resultado de la inversión en infraestructura y tecnología portuaria para la sociedad portuaria de Buenaventura*. EAFIT. <https://www.eafit.edu.co/programas-academicos/posgrado/Maestría-administracion-financiera/investigacion/Documents/Compendio%202017-2.pdf>
- Castro Sánchez, D. (2021). *Diseño de una red de acceso radio 5G (RAN-5G) aplicado a la zona portuaria de Valencia*. UPM.  
[https://oa.upm.es/70542/1/TFG\\_DAVID\\_CASTRO\\_SANCHEZ.pdf](https://oa.upm.es/70542/1/TFG_DAVID_CASTRO_SANCHEZ.pdf)
- Cedillo Cogolludo, J. (2017). *Impacto económico de redes WiFi*. Aplicación en entorno comercial. UPM: [https://oa.upm.es/48780/1/PFC\\_JULIO\\_CEDILLO\\_COGOLLUDO.pdf](https://oa.upm.es/48780/1/PFC_JULIO_CEDILLO_COGOLLUDO.pdf)
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2022). *Panorama del transporte marítimo y puertos en América Latina y el Caribe*.  
<https://www.cepal.org/es/temas/transporte-maritimo-puertos>
- CEPAL. (2018). *Una mirada regional al acceso y tenencia de tecnologías de la información y comunicaciones – TIC*. <https://www.cepal.org/es/enfoques/mirada-regional-al-acceso-tenencia-tecnologias-la-informacion-comunicaciones-tic-partir>

CEPAL. (2022). *Tecnologías digitales para un nuevo futuro*. CEPAL.

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/879779be-c0a0-4e11-8e08-cf80b41a4fd9/content>

CEPAL. (2023). *Informe portuario 2022 a primer trimestre de 2023 Tras la tempestad, ¿llega la calma?* Boletín 401. Facilitación, comercio y logística en América Latina y el Caribe.

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/5d59ddd2-48f3-4928-b164-bd9d84b7ef39/content>

Cisco. (2021). *WiFi cumple 22 años: El 64% del tráfico de Internet en España pasa por estas redes, según Cisco*. <https://telecomkh.info/?p=3951>

Colakovic A. y Hadzialic, H. (2018). Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues. *Computer Networks*, 144(24), 17-39.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128618305243>

Contreras Sierra, E. (2013). El concepto de estrategia como fundamento de la planeación estratégica. *Pensamiento de gestión*, 35(2013), 1-30,

<http://www.scielo.org.co/pdf/pege/n35/n35a07.pdf>

Contreras, E. (2024). *Infraestructura actual de las sociedades portuarias regionales de Colombia*. Universidad Operativa de Colombia.

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/6f66f9ff-64f4-491f-88db-c43e8d28e92d/content>

Contreras, J. (2019). *Propuesta del uso de drones en el puerto de buenaventura para los muelles 5, 6, 7 y 8, en el proceso portuario de contenedores y la disminución de riesgos asociados, tomando como referencia la visita al puerto internacional de miraflores de panamá*. U Católica.

<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/70140470-f56d-460a-bcb5-1961d7f0fbab/content>

- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE Publications.
- Cruz, J. y Jiménez, V. (2010). *Etapas del proceso administrativo: planeación, organización, dirección y control*. <https://www.gestiopolis.com/etapas-del-proceso-administrativo/>
- Delgado, A. (2023). *Elon Musk: las mejores frases del hombre que quiere cambiar el mundo. Emprendedores*. <https://emprendedores.es/casos-de-exito/elon-musk-frases-libro/>
- Díaz Alfonso, A. J. (2022). *La Tecnología 5G en el sector marítimo* [Universidad la Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/30174>
- Díaz Durán, L. (2019). *Automatización y digitalización en el sector de la Estiba*. Anesco. <https://anesco.org/wp-content/uploads/2019/06/Automatizacion-y-Digitalizacion-de-los-Puertos-del-Futuro.pdf>
- Díaz Fraile, S., Pernía Fernández, O. y Ruiz Manso, J. (2021). *Las tecnologías exponenciales y su impacto en los puertos y sus cadenas logísticas*. <https://www.sela.org/media/3224618/las-tecnologias-exponenciales-y-su-impacto-en-los-puertos-y-sus-cadenas-logisticas.pdf>
- Díaz González, T., González García, J., y Licona Michel, A. (2021). La tecnología 5G: ¿Determinante en la disputa por la hegemonía económica global entre China y Estados Unidos en el siglo XXI? *Revista mundo Asia Pacífico*, 10(19), 10-17.
- Díaz Narváez, V. P., & Calzadilla Núñez, A. (2016). Artículos científicos, tipos de investigación y productividad científica en las Ciencias de la Salud. *Revista Ciencias de la Salud*, 14(1), 115-121. 10.12804/revsalud14.01.2016.10

Díaz, M. J. G. (2018). Investigación de campo. *Revista Electrónica de la Red de Estudios*

*Interdisciplinarios para la Sostenibilidad*, 3(1), 1–6.

<https://doi.org/10.33936/repa.v3i1.2291>

El Sistema Económico Latinoamericano y del Caribe (Ed.). (2023). *VII Encuentro*

*Latinoamericano y Caribeño de Comunidades Logísticas Portuarias Red de Puertos*

*Digitales y Colaborativos*. [https://www.sela.org/wp-content/uploads/2024/01/informe-de-](https://www.sela.org/wp-content/uploads/2024/01/informe-de-relatoria-vii-encuentro-de-comunidades-logisticas-portuarias-vf-171023.pdf)

[relatoria-vii-encuentro-de-comunidades-logisticas-portuarias-vf-171023.pdf](https://www.sela.org/wp-content/uploads/2024/01/informe-de-relatoria-vii-encuentro-de-comunidades-logisticas-portuarias-vf-171023.pdf)

Empresa Multimodal S.A.S. (2022). *Sector Portuario en Colombia Contexto, tendencias y retos*.

Portalcip. [https://portalcip.org/wp-content/uploads/2022/10/Sector-Portuario-en-](https://portalcip.org/wp-content/uploads/2022/10/Sector-Portuario-en-Colombia.pdf)

[Colombia.pdf](https://portalcip.org/wp-content/uploads/2022/10/Sector-Portuario-en-Colombia.pdf)

Fernández, M. (2020). *Tecnología Blockchain en la logística portuaria*. UNICAN.

[https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/19964/Fern%C3%A1ndez%20](https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/19964/Fern%C3%A1ndez%20Fern%C3%A1ndez,%20Mario.pdf?sequence=1)

[0Fern%C3%A1ndez,%20Mario.pdf?sequence=1](https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/19964/Fern%C3%A1ndez,%20Mario.pdf?sequence=1)

Forouzan, B. A. (2017). *Data communications and networking*. McGraw-Hill Education.

[https://dpvipracollege.in/wp-content/uploads/2023/01/Data-Communications-and-](https://dpvipracollege.in/wp-content/uploads/2023/01/Data-Communications-and-Networking-By-Behrouz-A.Forouzan.pdf)

[Networking-By-Behrouz-A.Forouzan.pdf](https://dpvipracollege.in/wp-content/uploads/2023/01/Data-Communications-and-Networking-By-Behrouz-A.Forouzan.pdf)

García Pedraja, F. y Quílez Sánchez, V. (2019). IEEE 802.11(WiFi) *El estándar de facto para*

*WLAN*. COIT: <https://www.coit.es/sites/default/files/archivobit/pdf/WiFi.pdf>

Garín, M. (2020). *Puertos inteligentes y nuevas tecnologías*. Portal CIP. [https://portalcip.org/wp-](https://portalcip.org/wp-content/uploads/2020/09/WEBINAR-FV-CIPOEA-M-Garin-DEF-dia-19.pdf)

[content/uploads/2020/09/WEBINAR-FV-CIPOEA-M-Garin-DEF-dia-19.pdf](https://portalcip.org/wp-content/uploads/2020/09/WEBINAR-FV-CIPOEA-M-Garin-DEF-dia-19.pdf)

Giraldo, J. D. (2024). Usefulness of industry 4.0 technologies in smart ports. *Ingeniería y*

*competitividad*, 26(1), [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30332024000100024&script=sci_arttext&tlng=en)

[30332024000100024&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30332024000100024&script=sci_arttext&tlng=en)

Gómez Daza, L. (2018). *Impacto económico del servicio de Internet Banda Ancha*. DNP.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Impacto%20econ%C3%B3mico%20del%20Servicio%20de%20Internet%20Banda%20Ancha.pdf>

González, J. (2019). *Comparación entre el Estándar IEEE 802.11ax y el estándar IEEE 802.11ac para determinar la evolución del rendimiento de las Redes de Área Local*

*Inalámbricas (WLAN)*. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25098/GonzalezVillalobosJaimeUriel2020.pdf>

Hernández Sampieri, R., & Mendoza de Morales, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6a. ed.). McGraw-Hill Education.

<https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>

Herrera Fonseca, C. (2022). *Treinta años de la reestructuración del sector portuario colombiano; eslabón clave en el comercio exterior y la reactivación de la economía*.

MICIT. <https://acuerdosrevista.mincit.gov.co/articulos/treinta-anos-de-la-reestructuracion-del-sector-por>

Herrero García, S. (2022). *Diseño de sistema y servicios mediante comunicaciones inalámbricas para transporte marítimo* [Universidad de Catalunya].

<https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/145489/9/sherrerog0622memoria.pdf>

Huidobro, J. (2020). *WiFi. Conectividad en todo lugar y momento*. Acta.

[https://www.acta.es/medios/articulos/informatica\\_y\\_computacion/035031.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/informatica_y_computacion/035031.pdf)

Jobs, S. (2010). *4 lecciones de Steve Jobs que siguen siendo relevantes después de su muerte*.

Entrepreneur. <https://www.entrepreneur.com/es/emprendedores/4-lecciones-de-steve-jobs-que-siguen-siendo-relevantes-10/407875>

Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2017). *Computer networking: A top-down approach*. Pearson.

[https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog\\_44233/objava\\_64433/fajlovi/Computer%20Networking%20\\_%20A%20Top%20Down%20Approach,%207th,%20converted.pdf](https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_44233/objava_64433/fajlovi/Computer%20Networking%20_%20A%20Top%20Down%20Approach,%207th,%20converted.pdf)

Lucenti, K. (2021). *Estrategia de desarrollo para el Puerto del Callao*.

<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Puertos-Inteligentes-estrategia-de-desarrollo-para-el-Puerto-del-Callao.pdf>

Mora Olivero, A., Macías Lara, R., Rodríguez Vizuet, J. y Sacón Klinger, H. (2021). Estudio de

la tecnología de comunicación inalámbrica en el estándar IEEE 802.11ax. *Dom. Cien.*, 7(4), 729-762, DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2447>

Mut Rojas, J. (2019). *Desarrollo e implantación de un entorno WiFi abierto*. UAB.

[https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2011/hdl\\_2072\\_171058/MutRojasJoseCarlosR-ETISa2008-09.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2011/hdl_2072_171058/MutRojasJoseCarlosR-ETISa2008-09.pdf)

Nassi, S. (2020). *Impacto socioeconómico de los puertos*. UVA.

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/41707/TFM-I-1579.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=A%20este%20respecto%2C%20los%20puertos,y%20comercial%20de%20las%20naciones.>

Nolasco, M., Espinoza, S. y Choque, R. (2023). *Innovación y Transformación Digital en el*

*Empresa. Innovación y transformación digital en la empresa*.

[https://www.researchgate.net/publication/376210760\\_Innovacion\\_y\\_Transformacion\\_Digital\\_en\\_el\\_Empresa](https://www.researchgate.net/publication/376210760_Innovacion_y_Transformacion_Digital_en_el_Empresa)

OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). (2020). *Maritime*

*Transport and the COVID-19 Crisis*.

[https://www.oecd.org/content/dam/oecd/es/publications/reports/2020/06/covid-19-and-international-trade-issues-and-actions\\_ce09cee6/f09bbfd2-es.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/es/publications/reports/2020/06/covid-19-and-international-trade-issues-and-actions_ce09cee6/f09bbfd2-es.pdf)

Organización Marítima Internacional (OMI). (2023). *Digitalización y automatización en el sector marítimo*. <https://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/pages/IMO-global-strategy-maritime-digitalization.aspx>

Ortega, M. (2019). *Puertos inteligentes e innovación tecnológica*. Portal CIP. [https://oa.upm.es/68021/1/TFG\\_JAVIER\\_ESTEBAN\\_SANCHEZ.pdf](https://oa.upm.es/68021/1/TFG_JAVIER_ESTEBAN_SANCHEZ.pdf)

Papí Gálvez, N. y Escandell Poveda, R. (2019). Retos de Internet del futuro y generación española no digital: datos nacionales 2017. *Cuadernos Info*, 45(2019), [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0719-367X2019000200173](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-367X2019000200173)

Pfleeger, C. P., & Pfleeger, S. L. (2015). *Security in Computing* (5th ed.). Pearson.

Prieto Zapardiel, Z. (2014). *Diseño de una red de acceso mediante fibra óptica*. UPM. [https://oa.upm.es/33869/1/PFC\\_jaime\\_prieto\\_zapardiel.pdf](https://oa.upm.es/33869/1/PFC_jaime_prieto_zapardiel.pdf)

Prosertek. (2023). *Puertos 4.0: cómo la tecnología está transformando las operaciones portuarias*. Prosertek. <https://prosertek.com/es/blog/puertos-4-0-transformacion-tecnologica-en-operaciones-portuarias/#:~:text=La%20digitalizaci%C3%B3n%20ha%20transformado%20el,mejorar%20su%20eficiencia%20y%20productividad.>

Quintero Ramos, M., Almanza Vides, K. y Pimienta Gómez, S. (2021). Estrategias para potenciar la competitividad internacional de Puertos Marítimos en contextos globalizados. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(3), 250-271. <https://www.redalyc.org/journal/280/28068740016/html/>

- Ramírez, E. (2017). *Guía de seguridad en redes inalámbricas*. ESET. [https://web-assets.esetstatic.com/wls/es/articulos/guias/documento\\_guia\\_de\\_WiFi.pdf](https://web-assets.esetstatic.com/wls/es/articulos/guias/documento_guia_de_WiFi.pdf)
- Ramos, J. (2023). *¿Ha mejorado la situación portuaria en Colombia y el mundo?* <https://www.andi.com.co/Home/Noticia/17214-ha-mejorado-lasituacion-portuaria-en-c>.
- Rivas, F. (2023). *El riesgo cibernético marítimo y portuario: visión del seminario*. PortalCIP. <https://portalcip.org/wp-content/uploads/2023/03/RIESGO-CIBERN%3%89TICO-MARITIMO-Y-PORTUARIO.pdf>
- Rivoir, A. y Morales, M. (2019). *Tecnologías digitales*. Clacso. <https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20191128031455/Tecnologias-digitales.pdf>
- Rodríguez Munte, E. S. (2021). *El modelo de gestión “Landorp Port” y su relación con el desarrollo portuario en el Perú* [Universidad de Lima]. [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/14093/Rodr%3%ADguez\\_Munte\\_Eduardo.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/14093/Rodr%3%ADguez_Munte_Eduardo.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Rodríguez, B. (2017). *Seguridad en las redes inalámbricas*. US. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/11138/fichero/memoria%252FCap%3%ADtulo+7.pdf+>
- Rodríguez, J., Notteboom, T. y Pallis, A. (2024). *The Digital Transformation of Ports*. Port Economics, Management and Policy. <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part3/digital-transformation/>
- Romero, T. (2020). *Las tecnologías WiFi y Wimax*. Badajoz. [https://www.dip-badajoz.es/agenda/tablon/jornadaWIFI/doc/tecnologias\\_WiFi\\_wmax.pdf](https://www.dip-badajoz.es/agenda/tablon/jornadaWIFI/doc/tecnologias_WiFi_wmax.pdf)
- Salazar, J. (2018). *Redes inalámbricas*. UPC. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf)

- Sánchez, J. y Dávila, J. (2021). *Seguridad actual en redes WiFi*. Universidad Politécnica de Madrid. [https://oa.upm.es/68021/1/TFG\\_JAVIER\\_ESTEBAN\\_SANCHEZ.pdf](https://oa.upm.es/68021/1/TFG_JAVIER_ESTEBAN_SANCHEZ.pdf)
- Siemens, G. (2005). *Conectivismo. Una teoría de aprendizaje para la era digital*. Xtec.
- Silva, G. (2022). Retos y oportunidades en la implementación de la tecnología de 5G en tiempos de pandemia. *Tecnología en marcha*, 35(2019), 1-11, <https://doi.org/10.18845/tm.v35i5.6068>
- Stallings, W., & Brown, L. (2018). *Computer security: Principles and practice*. Pearson. [https://unidel.edu.ng/focelibrary/books/Computer%20Security%20\\_%20Principles%20-%20WILLIAM%20STALLINGS\\_2089.pdf](https://unidel.edu.ng/focelibrary/books/Computer%20Security%20_%20Principles%20-%20WILLIAM%20STALLINGS_2089.pdf)
- Suárez Gutiérrez, M. (2019). *Mecanismos de seguridad en redes inalámbricas*. Universidad de Valladolid. <https://www.uv.mx/personal/mansuarez/files/2012/05/Mecanismos-de-Seguridad-en-Redes-InalambricasProtegido.pdf>
- Superintendencia de Puertos y Transporte de Colombia. (2023). *Informe de gestión del sector portuario*. [https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2024/Enero/Planeacion\\_31/INFORME-DE-GESTION-2023\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2024/Enero/Planeacion_31/INFORME-DE-GESTION-2023_.pdf)
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). *Computer networks*. Pearson Education. <https://csc-knu.github.io/sys-prog/books/Andrew%20S.%20Tanenbaum%20-%20Computer%20Networks.pdf>
- Teleanu, S. (2022). *Estándares digitales internacionales*. Diplomacy. <https://www.diplomacy.edu/wp-content/uploads/2022/02/Digital-standards-ARIN-region-ES.pdf>

- Torres, J. (2019). *Diagnóstico de los puertos del caribe colombiano y su importancia en la competitividad*. U Rosario.  
<https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/20c252d7-363f-43db-a91d-feabecbca1f1/content>
- UNAM. (2017). *Glosario de términos*. Ptolomeo.  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/229/10/A10.pdf>
- UNCTAD (2023) Huidobro, J. (2019) *WiFi: Conectividad en todo lugar y momento*.  
[https://www.acta.es/medios/articulos/informatica\\_y\\_computacion/035031.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/informatica_y_computacion/035031.pdf)
- UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo). (2022). *Review of Maritime Transport 2022*. <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2021>
- UNCTAD. (2021). *Review of maritime transport 2021*. United Nations Publications.  
<https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2021>
- UNESCO. (2000). *Tim Berners-Lee, el señor de la Red*. Unesco.  
[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000120417\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000120417_spa)
- Valdez, A. (2018). *Plataformas IoT Open*  
 Source. [https://www.researchgate.net/publication/338496319\\_Plataformas\\_IoT\\_Open\\_Source](https://www.researchgate.net/publication/338496319_Plataformas_IoT_Open_Source)
- Vásquez Ramírez, A. A. (2020). *Métodos de investigación científica*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.094>
- Veloz Camejo, W. F., Félix Mendoza, Á. G., Mora Cruzatty, V., & Duarte Zambrano, A. (2022). *Diagnóstico turístico con proyección DTI (destino turístico inteligente) de la ciudad de Manta, Ecuador*. 4(1). <https://journals.uco.es/ridetur/article/view/15329/13584>

Vila Rios, J. (2017). *Redes WiFi*. UOC.

<https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/72948/6/jvilariosTFG0118Memoria.pdf>

Villamil, J. (2019). *Diseño e implementación de red inalámbrica WiFi para mejorar la cobertura en el campamento de la mina calenturitas del grupo Rodeco*. AC.

<https://core.ac.uk/download/pdf/270124853.pdf>

Wang, Y., Xiao, M., & Zhang, N. (2019). *5G for smart ports: Applications, challenges, and opportunities*. IEEE Access, 7, [https://www.gsma.com/solutions-and-](https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/wp-content/uploads/2020/02/6_Smart-Port-MEC-Security-Application-Based-on-5G-SA_GSMA.pdf)

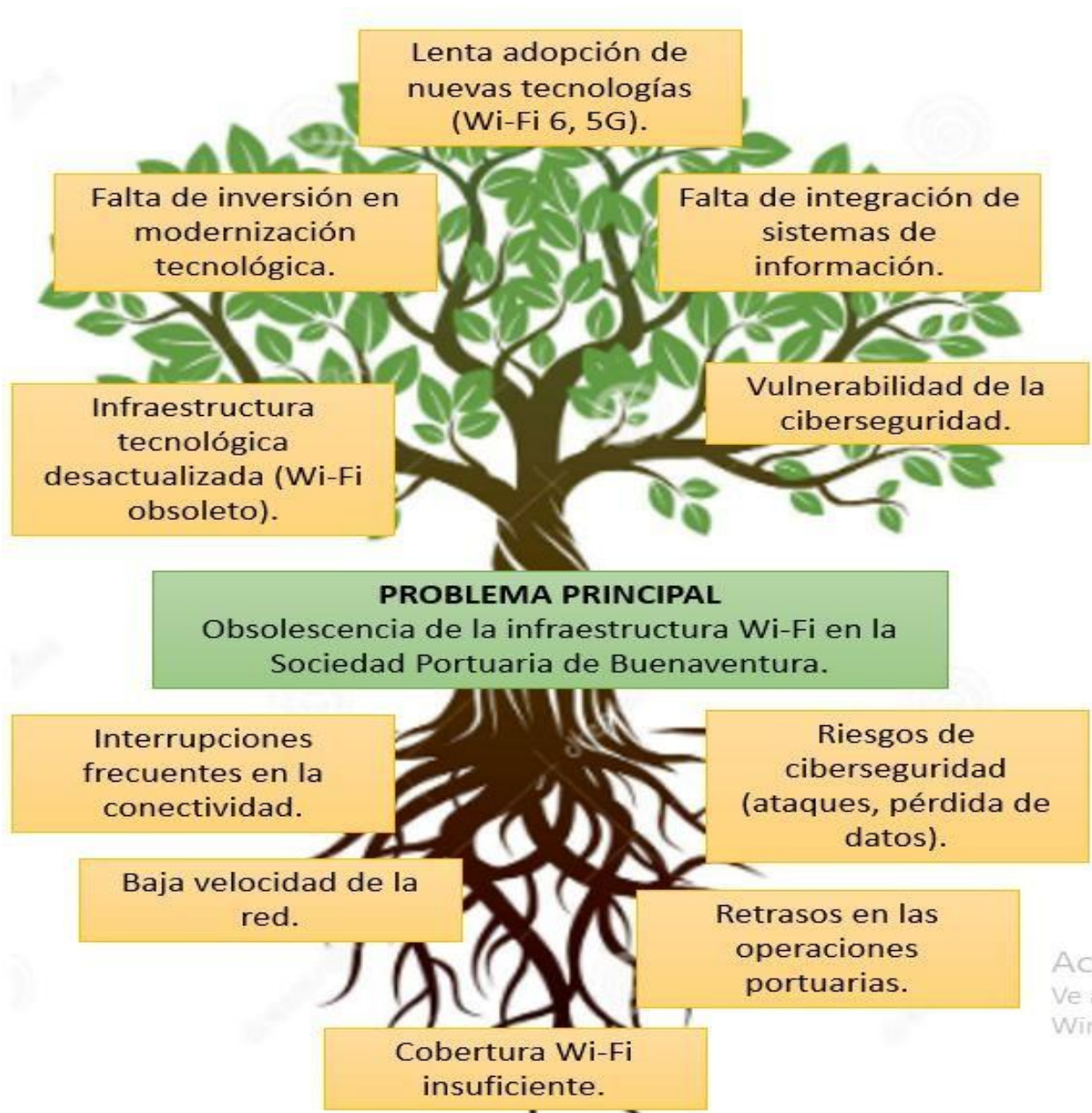
[impact/technologies/networks/wp-content/uploads/2020/02/6\\_Smart-Port-MEC-Security-Application-Based-on-5G-SA\\_GSMA.pdf](https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/wp-content/uploads/2020/02/6_Smart-Port-MEC-Security-Application-Based-on-5G-SA_GSMA.pdf)

Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods* (6th ed.). SAGE Publications.

## Apéndices

### Apéndice A

#### Árbol del Problema



## Apéndice B

### *Cuestionario*

En el presente cuestionario, se presentan 16 preguntas de tipo cerrada, seleccione la respuesta de su preferencia.

#### Sección 1: Información General

1. ¿Cuál es su departamento/área de trabajo?
  - a) Operaciones
  - b) Logística
  - c) Seguridad
  - d) Administración
  - e) Mantenimiento
  - f) Otro (especifique)
  
2. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la Sociedad Portuaria de Buenaventura?
  - a) Menos de 1 año
  - b) 1-3 años
  - c) 3-5 años
  - d) Más de 5 años

#### Sección 2: Cobertura de la Red WiFi

3. ¿Cómo calificaría la cobertura de la señal WiFi en su área de trabajo?
  - a) Excelente
  - b) Buena

- c) Regular
  - d) Mala
  - e) Inexistente
4. ¿Existen áreas en su departamento/área de trabajo donde la señal WiFi es débil o inexistente?
- a) Sí (especifique las áreas)
  - b) No
5. ¿Con qué frecuencia experimenta interrupciones en la conexión WiFi?
- a) Nunca
  - b) Raramente
  - c) A veces
  - d) Frecuentemente
  - e) Constantemente

### Sección 3: Desempeño de la Red WiFi

6. ¿Cómo calificaría la velocidad de la conexión WiFi en su área de trabajo?
- a) Muy rápida
  - b) Rápida
  - c) Moderada
  - d) Lenta
  - e) Muy lenta
7. ¿Con qué frecuencia experimenta lentitud o retrasos en la conexión WiFi?
- a) Nunca
  - b) Raramente

- c) A veces
  - d) Frecuentemente
  - e) Constantemente
8. ¿La estabilidad de la conexión WiFi es adecuada para sus tareas diarias?
- a) Sí
  - b) No

#### Sección 4: Seguridad de la Red WiFi

9. ¿Está familiarizado con los protocolos de seguridad utilizados en la red WiFi del puerto?
- a) Sí
  - b) No
10. ¿Ha experimentado algún incidente de seguridad relacionado con la red WiFi (ej. accesos no autorizados, pérdida de datos)?
- a) Sí (especifique)
  - b) No
11. ¿Considera que la red WiFi del puerto es segura para la transmisión de datos sensibles?
- a) Sí
  - b) No
  - c) No estoy seguro

#### Sección 5: Capacidad de la Red WiFi

12. ¿Cuántos dispositivos conecta a la red WiFi en su área de trabajo?
- a) 1-2
  - b) 3-5
  - c) Más de 5

13. ¿Experimenta congestión o lentitud en la red WiFi cuando hay muchos dispositivos conectados?

a) Sí

b) No

14. ¿El ancho de banda disponible es suficiente para las aplicaciones y tareas que realiza?

a) Sí

b) No

#### Sección 6: Uso de la Red WiFi

15. ¿Qué tipo de aplicaciones o sistemas utiliza a través de la red WiFi? (Puede seleccionar varias opciones)

a) Sistemas de gestión portuaria (ej. TOS)

b) Correo electrónico y comunicación interna

c) Aplicaciones de gestión de carga

d) Sistemas de seguridad y vigilancia

e) Otras (especifique)

16. ¿Qué tareas realiza principalmente utilizando la red WiFi?

a) Gestión de documentos

b) Comunicación con clientes/proveedores

c) Monitoreo de operaciones

d) Acceso a bases de datos

e) Otras (especifique)

## Apéndice C

### *Guion de Observación*

Formato para la Aplicación del Instrumento: Observación No Participante

Nombre del Observador: \_\_\_\_\_

Fecha y Hora de Observación: \_\_\_\_\_

Lugar de Observación: \_\_\_\_\_

Descripción del Entorno: \_\_\_\_\_

Aspectos Que Observar:

- Cobertura y estabilidad de la red WiFi (Narrowband) en diferentes áreas del puerto.
- Presencia de interferencias o zonas con señal deficiente.
- Tipo de dispositivos conectados y su rendimiento.
- Posibles riesgos de seguridad en la infraestructura inalámbrica.
- Uso y percepción de la conectividad por parte de los trabajadores y usuarios.

Hallazgos y Comentarios:

---

Conclusión General de la Observación:

---

## Apéndice D

### *Registro de Observaciones – Observación no Participante*

Instrumento: Observación No Participante

Ubicación: Sociedad Portuaria de Buenaventura

Fecha de Observación: 1/ 13 / 2025

Hora de Observación: desde las 8:00 am hasta la 1:00 :pm

Investigador: Celso Mosquera

### **Objetivo de la Observación**

Observar y registrar el uso de la infraestructura WiFi en diferentes áreas del puerto para identificar problemas de conectividad, impacto en las operaciones y patrones de uso sin intervenir en la actividad de los trabajadores o usuarios.

### **Descripción del Entorno**

- Ubicación de la Observación: (Muelle 1, muelle 3, Bodega Café, Bodega 4, bodega 1, Pekin, Raymon).
- Condiciones Ambientales: (los muelles son a espacio abierto, las bodegas son a espacio cerrado, cantidad de usuarios conectados 60).
- Dispositivos Observados: (Terminales de radio frecuencia y tablets).

### Registro de Observaciones

Hora	Ubicación	Descripción de la situación observada	Código temático aplicado
8:30 a. m.	Terminal de carga	Se observó que los operarios intentaban conectarse al WiFi (Narrowband) donde se evidenciaba desconexión	CW-01 (Cobertura WiFi Deficiente),
9:00 a. m.	Bodegas	Se registraron quejas entre los empleados sobre la baja velocidad de la red, dificultando el acceso a sistemas de gestión portuaria.	IF-02 (Interrupciones Frecuentes), IO-05 (Impacto en las Operaciones)
10:15 a. m.	Muelle 3	Un supervisor intentó actualizar el estado de una carga en la plataforma digital, pero la red presentó fallas, generando retrasos en la operación.	CR-03 (Congestión en la Red), ZC-07 (Zonas Críticas de Baja Conectividad)
11:00 a. m.	Zona de espera de transportistas	Operadores de Trato camión intentaban acceder a la red para revisar la ubicación de su carga, pero no lograban conexión estable,	CW-01 (Cobertura WiFi Deficiente), AR-06 (Acceso Restringido a la Red)

12:30 p. m.	Área de monitoreo de carga	Personal de vigilancia(portaloneros) tuvo problemas para visualizar las cargas en tiempo real debido a caídas intermitentes en la conexión WiFi.	IF-02  (Interrupciones Frecuentes), IO-05  (Impacto en las Operaciones)
----------------	----------------------------------	---	---

## Apéndice E

### *Resultados de la Encuesta*

- **Deficiencias en la cobertura y estabilidad de la red WiFi**

Los resultados de las encuestas y la observación no participante evidencian que el 73% de los usuarios califican la cobertura como "regular" o "mala", coincidiendo con las zonas críticas identificadas (muelles y bodegas). Esto afecta directamente la operatividad portuaria, respaldando la teoría de Angrosino (2012) sobre la importancia de la observación para detectar fallas técnicas sin alterar el entorno.

- **Impacto operativo por interrupciones frecuentes**

El 80% de los encuestados reporta interrupciones "frecuentes" o "constantes", correlacionado con los hallazgos de la observación (código IF-02 y IO-05). Estos problemas generan retrasos en la gestión de carga, situación que se alinea con la perspectiva de Bryman (2016) sobre la interdependencia entre infraestructura tecnológica y eficiencia operativa.

- **Congestión de la red y capacidad insuficiente**

El 83% de los usuarios indica congestión al conectar múltiples dispositivos, confirmado por la observación (CR-03). Esto refleja una brecha entre la demanda real y la capacidad de la infraestructura, tema abordado por Creswell (2014) al analizar diseños mixtos para evaluar necesidades técnicas.

- **Falta de conocimiento sobre seguridad WiFi**

Solo el 27% de los encuestados conoce los protocolos de seguridad, y el 33% reportó incidentes. Esta situación, junto con la observación de accesos restringidos (AR-06), resalta riesgos que Pfleeger y Pfleeger (2015) vinculan con la vulnerabilidad en redes corporativas.

- **Necesidad de modernización basada en evidencia**

La combinación de datos cuantitativos (encuestas) y cualitativos (observación) valida la urgencia de actualizar la infraestructura, tal como propone Yin (2018) al integrar métodos para diagnósticos complejos.

## Apéndice F

### Cronograma de Actividades

Fase	Meses:	1	2	3	4	5	6
	DESCRIPCIÓN						
I Planificación.	- Evaluación de la infraestructura actual y necesidades de los servicios portuarios.						
	- Selección de tecnología WiFi adecuada para entornos portuarios.						
	- Establecimiento de objetivos y metas de rendimiento.						
	- Desarrollo de un plan de gestión de riesgos.						
II Diseño	- Diseño de la arquitectura de red WiFi.						
	- Definición de los estándares de seguridad y protocolos de comunicación.						
	- Planificación de la distribución de los puntos de acceso para una cobertura óptima.						
	- Elaboración de especificaciones técnicas para la adquisición de equipos.						
III Adquisición	- Selección de proveedores y solicitud de propuestas.						
	- Evaluación y comparación de ofertas.						
	- Compra de equipos y herramientas necesarias para la instalación.						
IV Implementación	- Instalación física de puntos de acceso y equipos de red.						
	- Configuración y pruebas de la red WiFi.						
	- Capacitación del personal en la operación y mantenimiento de la nueva infraestructura.						
V Mantenimiento	- Monitoreo continuo del rendimiento de la red.						
	- Actualización de software y hardware según sea necesario.						
	- Establecimiento de un protocolo de respuesta ante incidentes.						
VI Evaluación	- Revisión del rendimiento de la red en comparación con los objetivos establecidos.						
	- Recopilación de feedback de los usuarios.						
	- Ajustes y optimización de la red basados en los datos recogidos.						

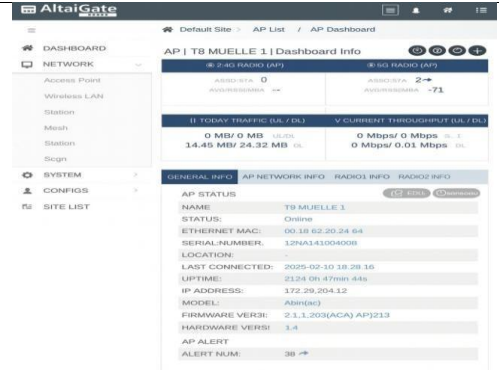
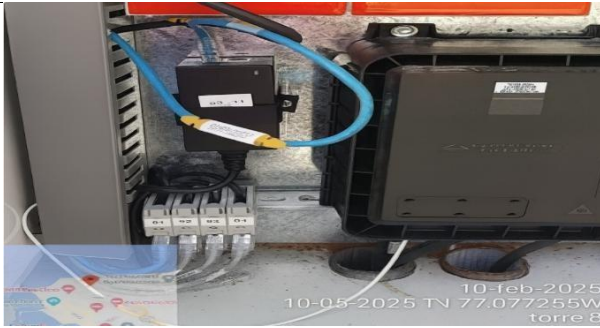
CONCEPTO	PRESUPUESTO	FUENTE DE FINANCIACIÓN
Desarrollo del Proyecto (320 horas × \$35.000)	\$11.200.000	Aporte propio (estudiante)
Asesoría Académica (120 horas × \$45.000)	\$5.400.000	UNAD – Acompañamiento metodológico
Equipos Altai, Controladoras, APs, switches	\$1.961.796.599	SPRBUN – Empresa
Cableado Estructurado, Materiales, suministros	\$110.000.000	SPRBUN – Empresa
Mano de Obra Técnica (Instaladores, Soporte)	\$400.000.000	SPRBUN – Empresa
Gastos logísticos (salidas, pruebas de campo)	\$25.000.000	SPRBUN – Empresa
Bibliografía, licencias, Software de Simulación	Incluidos	Aporte mixto (UNAD / estudiante)
<b>TOTAL</b>	<b>2.519.196.599</b>	<b>Cofinanciado: UNAD + estudiante + empresa</b>

Fotografías de la Prueba Piloto

IDENTIFICACIÓN E INSTALACIÓN FÍSICA DEL EQUIPO AP TORRE 8



Conectividad



Parámetros de calidad de señal

