

“Diseño de una herramienta digital para la optimización del mantenimiento de sistemas de aire acondicionado mediante gestión predictiva, reporte técnico oportuno y comunicación efectiva con el cliente”

Autores:

Mónica Milany Valencia Duque – 1036925114

Cristián Alzate Botero- 1036643407

Director de Tesis:

MSc. Gustavo Andrés Araque González

Bogotá, Colombia

30 de junio de 2026

Contenido

1. Introducción	4
3. Planteamiento y Formulación del Problema.....	6
3.1 Formulación del problema.....	7
4. Justificación.....	7
5. Objetivos	9
5.1 Objetivo General:.....	9
5.2 Objetivos específicos:.....	9
6. Estado del Arte.....	9
7. Marco Teórico	12
8. Metodología	19
Matriz de Objetivos y Plan de Acción del Proyecto HVAC-PLUS.....	19
7.1 Tipo de investigación	20
1. Exploración Cualitativa.....	20
2. Validación Cuantitativa.....	20
3. Integración y Triangulación.....	21
7.2 Nivel de investigación	21
7.3 técnicas e instrumentos de recolección de análisis	21
7.4 Población y muestra	22
9. Cronograma	22
10. Desarrollo del proyecto	23
10.1 Diagnosticar las falencias actuales en el proceso de mantenimiento, incluyendo el registro técnico, seguimiento de rutinas y comunicación con los clientes.....	23
9.1.1 Análisis situacional de la organización citando la matriz DOFA	23

9.1.2 Definición de estrategias para el proceso de mantenimiento.	25
9.1.3 Identificación de aspectos de mejora mediante fuentes primarias de información: Entrevistas y encuestas aplicadas a funcionarios.....	26
9.1.4 Hallazgos	31
9.2 Diseñar una herramienta digital que integre funcionalidades como registro de mantenimientos, alertas de fallas recurrentes, comunicación automatizada con el cliente e historial de servicio.	31
Fase 1. Registro de mantenimientos.....	31
Fase 2. Alertas de fallas recurrentes	32
Fase 3. Comunicación automatizada con el cliente	33
Fase 4. Historial de servicio	33
9.3 Implementar y validar la herramienta digital en un entorno controlado, evaluando su impacto en la eficiencia operativa, la trazabilidad técnica y la reducción de fallas correctivas.	35
9.3.1 Alcance del piloto y entorno controlado	35
9.3.2 Alcance del piloto y entorno controlado	35
9.3.3 Diseño metodológico de validación	35
9.3.4 Indicadores y metas del piloto	36
9.3.5 Calidad del dato y protocolos.....	36
9.3.6 Procedimiento operativo del piloto.....	36
9.3.7 Gestión del cambio y adopción.....	37
9.3.8 Riesgo y mitigación.....	37
9.3.9 Cronograma del piloto (12 semanas).....	38
9.3.10 Criterios de éxito y entregables.....	38
9.3.11 Plan de escalamiento (post-piloto)	39
11. COMPONENTE ETICA.	40
12. CONCLUSIONES	42
Referencias.....	43

1. Introducción

En la actualidad el mantenimiento de sistemas de aire acondicionado enfrenta diferentes desafíos, entre los cuales se identifican la falta de planificación preventiva, la escasa sistematización de los reportes técnicos y la limitada comunicación entre el personal técnico y los clientes. Estas diferencias no solo afectan la eficiencia operativa de las empresas que prestan servicios de climatización, sino que también generan mayores costos por reparaciones correctivas e insatisfacción con los clientes.

La implementación de tecnologías digitales en procesos de mantenimiento se ha vuelto una necesidad estratégica. Es por esto por lo que el diseño de una herramienta digital que integre gestión predictiva, emisión automatizada de reportes técnicos y canales de comunicación efectiva con los clientes representa una solución transformadora y oportuna. Esta herramienta permitirá anticipar fallas mediante el análisis de datos históricos y en tiempo real, programar intervenciones oportunas, y mejorar la transparencia y confianza en la relación con el cliente. Además, el enfoque predictivo permite optimizar recursos, reducir tiempos de inactividad de los equipos y minimizar impactos ambientales al mantener un rendimiento energético más eficiente. Por otro lado, la comunicación efectiva con el cliente, mediante notificaciones automatizadas, seguimiento de casos y canales de retroalimentación, fortalece la experiencia del usuario y la fidelización de este.

La transformación digital en el sector HVAC no solo constituye una tendencia, sino un requisito para mantener la competitividad en mercados cada vez más exigentes. Las empresas que adoptan herramientas digitales no solo logran mejorar sus indicadores de eficiencia operativa, sino que también construyen una ventaja diferenciadora en términos de calidad de servicio, capacidad de respuesta y confianza del cliente.

Asimismo, la integración de tecnologías como el internet de las cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA) en este tipo de plataformas permite recopilar datos en tiempo real, identificar patrones de comportamiento en los equipos y generar alertas predictivas antes de que se produzca una falla crítica. Esto abre la posibilidad de evolucionar hacia modelos de mantenimiento proactivo, donde las decisiones se basen en evidencia y no en la reacción a problemas ya ocurridos. De igual forma, este proyecto responde a un contexto global donde la sostenibilidad energética se ha convertido en una prioridad. Un sistema de climatización bien mantenido y supervisado digitalmente puede reducir hasta en un 30% el consumo energético, lo que no solo representa ahorros económicos para las empresas, sino también una contribución significativa a la reducción de la huella de carbono y al cumplimiento de políticas ambientales.

En la actualidad, la transformación digital ha impulsado la incorporación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial y la analítica de datos en los procesos de mantenimiento industrial, permitiendo optimizar la gestión de activos y aumentar la eficiencia operativa. En el sector HVAC, estas herramientas favorecen el monitoreo en tiempo real, la detección temprana de fallas y la reducción de costos asociados a mantenimientos correctivos, contribuyendo además a mejorar la experiencia del cliente y la sostenibilidad de las organizaciones (Aghili, 2025)

Finalmente, es importante destacar que la implementación de una herramienta digital en el mantenimiento de sistemas HVAC también genera un impacto positivo en la gestión interna del talento humano. Al contar con registros estandarizados y procesos automatizados, los técnicos pueden dedicar más tiempo a labores especializadas de diagnóstico y reparación, mientras que los supervisores disponen de información precisa para coordinar equipos de trabajo, evaluar desempeños y diseñar estrategias de mejora continua.

2. Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar una herramienta digital para optimizar el mantenimiento de sistemas de aire acondicionado mediante gestión predictiva, generación oportuna de reportes técnicos y una comunicación efectiva con los clientes. La investigación surge a partir de las dificultades identificadas en LAIR Ingeniería SAS, relacionadas con la gestión manual de la información, la falta de trazabilidad en los mantenimientos preventivos, los retrasos operativos y las deficiencias en la comunicación con los usuarios. Para abordar esta problemática se propone una solución tecnológica que integre el registro digital de mantenimientos, alertas de fallas recurrentes, comunicación automatizada e historial técnico de los equipos. La metodología empleada es de enfoque mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas mediante entrevistas, encuestas y análisis DOFA, con el fin de identificar las necesidades reales de técnicos, clientes y empresas. Los resultados del diagnóstico evidencian oportunidades de mejora en la estandarización de registros, seguimiento de rutinas preventivas y formalización de la comunicación. Como respuesta, se plantea una plataforma capaz de centralizar la información, automatizar procesos y facilitar la toma de decisiones basada en datos. Se espera que la implementación de esta herramienta contribuya a mejorar la eficiencia operativa, reducir reprocesos y fallas correctivas, fortalecer la satisfacción del cliente y promover la transformación digital del sector HVAC, alineándose con criterios de sostenibilidad, competitividad e innovación tecnológica.

3. Planteamiento y Formulación del Problema

Para este proyecto se ha seleccionado la empresa LAIR INGENIERIA SAS la cual es una empresa colombiana que brinda asesoría en soluciones integrales de instalación, mantenimiento, automatización de controles y servicio técnico de sistemas de aire acondicionado a nivel local y nacional. En la actualidad y luego de realizar un diagnóstico e identificación de las problemáticas de la empresa se encuentra con un tema muy importante que se centra en la gestión manual y descentralizada de las operaciones preventivas ya que se identifica que se presentan malos procesos, retrocesos y falencias que están afectando una correcta gestión de los servicios afectando las relaciones comerciales con el cliente. Por lo anterior se plantea realizar un Diseño e implementación de una herramienta digital para optimizar el control técnico y el mantenimiento predictivo realizado a los equipos de A.A. Esto con el fin de mejora en la gestión operativa y de atención al cliente.

Esta situación genera múltiples consecuencias negativas, como; retrasos en la ejecución de mantenimientos preventivos por falta de recordatorios automáticos o historial técnico actualizado. Errores en la planificación y ejecución de tareas, como la asignación incorrecta de técnicos o la duplicidad en visitas. Pérdida de información técnica relevante sobre los equipos intervenidos.

Todo lo anterior evidencia una eficiencia en los procesos operativos que compromete la calidad de los servicios ofrecidos y limita la capacidad de crecimiento y competitividad de la empresa en el mercado. Por esta razón, surge la necesidad de diseñar e implementar una herramienta que permita optimizar el control técnico de las operaciones y facilite la gestión de mantenimiento preventivo *“el cual garantiza que los sistemas de aire acondicionado funcionen de manera adecuada, manteniendo los niveles de temperatura, humedad y calidad del aire deseado”* (Revista Mundo HVAC&R, 2024). Esta solución tecnológica permitirá centralizar la información técnica y operativa, automatizar alertas y seguimientos de mantenimientos, Registrar de forma eficiente el historial de cada equipo, generar reportes para la toma de decisiones y mejorar la comunicación interna con los clientes.

Adicionalmente, la herramienta proyectada permitirá reducir la dependencia de procesos manuales que actualmente demandan un alto consumo de tiempo y recursos humanos. Al digitalizar las operaciones, la empresa podrá concentrar sus esfuerzos en labores estratégicas y de mayor valor agregado, disminuyendo reprocesos y fortaleciendo la capacidad de respuesta frente a los requerimientos del cliente.

Finalmente, esta propuesta no solo responde a las necesidades inmediatas de la organización, sino que también constituye un paso clave hacia la transformación digital del sector HVAC en Colombia. La implementación de esta herramienta posicionará a la empresa como pionera en innovación tecnológica dentro de su rubro, facilitando la apertura a nuevos clientes, la expansión hacia mercados más exigentes y el alineamiento con tendencias globales en sostenibilidad, eficiencia energética y servicio al cliente.

3.1 Formulación del problema

¿Cómo diseñar una herramienta digital que optimice el control técnico, facilite el mantenimiento predictivo y mejore la comunicación con el cliente en el servicio de mantenimiento de aire acondicionado?

Inteligencia de negocios y analítica de datos aplicadas a la gerencia de proyectos

4. Justificación

La empresa LAIR dedicada al suministro, instalación y mantenimiento de sistemas de aire acondicionado enfrenta actualmente dificultades operativas relacionadas con la digitalización y descentralización de sus procesos post a la finalización de sus servicios de mantenimiento. Estas deficiencias se traducen en errores en el registro técnico, demoras en la ejecución de rutinas de mantenimiento, deficiencia en la trazabilidad de fallas y problemas en la comunicación con los clientes. Como consecuencia, la calidad del servicio se ve afectada, impactando directamente en la satisfacción del cliente y en la eficiencia general de la operación.

Ante esta problemática, el presente proyecto cobra relevancia al proponer el diseño e implementación de una herramienta digital orientada a optimizar los procesos técnicos y de mantenimiento predictivo. Esta solución no busca solo automatizar tareas clave y reducir la probabilidad de errores humanos, sino también centralizar la información operativa para facilitar el análisis de datos, la toma de decisiones informadas y la mejora continua del servicio. Con la implementación de esta herramienta digital, se espera lograr una mejora significativa en la eficiencia operativa, la calidad del servicio al cliente y la capacidad de la empresa para sostener relaciones comerciales exitosas.

Desde una perspectiva estratégica, la propuesta es pertinente porque al implementar tecnologías digitales en la gestión de mantenimientos, la empresa logrará alinearse con las tendencias globales de transformación digital. Hoy en día, sectores industriales, comerciales y de servicios demandan proveedores capaces de responder con rapidez, precisión y trazabilidad. Una herramienta digital de estas características permitirá que la organización se posicione como pionera en la aplicación de innovaciones tecnológicas dentro del sector HVAC en Colombia.

En términos económicos, la justificación radica en que los reprocesos, fallas recurrentes y demoras en el servicio generan costos adicionales significativos que afectan la rentabilidad. La herramienta digital contribuirá a minimizar estos gastos al mejorar la planificación, reducir tiempos muertos y asegurar la continuidad operativa de los equipos. Esto se traduce en un uso más eficiente de los recursos financieros y humanos, aumentando la competitividad en un mercado donde los márgenes de ganancia suelen ser estrechos.

En cuanto al componente ambiental, la herramienta también aporta un valor agregado. Al permitir la detección temprana de fallas y el mantenimiento oportuno, se asegura que los sistemas de climatización operen de forma eficiente, reduciendo el consumo energético y, por ende, la huella de carbono. Esta alineación con los objetivos de sostenibilidad se convierte en un diferenciador positivo frente a los clientes, especialmente aquellos que buscan proveedores responsables con el medio ambiente.

Otro aspecto clave de la justificación es el impacto en el talento humano. La digitalización del registro y control de mantenimientos liberará a los técnicos de tareas repetitivas y manuales, permitiéndoles enfocarse en labores de diagnóstico avanzado y resolución de problemas. De esta forma, se promueve un entorno de trabajo más eficiente, motivador y profesionalizado, mejorando también la percepción que los empleados tienen sobre la empresa y reduciendo la rotación de personal.

Finalmente, esta justificación no se limita al caso particular de LAIR INGENIERÍA SAS, sino que tiene un impacto potencial en el sector HVAC a nivel nacional. La experiencia de diseño, implementación y validación de la herramienta puede servir como modelo replicable para otras empresas del sector, contribuyendo a la modernización de la industria y fortaleciendo la competitividad de Colombia frente a estándares internacionales.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General:

Diseñar una herramienta digital que permita optimizar el proceso de mantenimiento de aire acondicionado, garantizando el reporte técnico oportuno, la gestión predictiva de fallas y una comunicación efectiva con el cliente

5.2 Objetivos específicos:

- Diagnosticar las falencias actuales en el proceso de mantenimiento, incluyendo el registro técnico, seguimiento de rutinas y comunicación con los clientes.
- Diseñar una herramienta digital que integre funcionalidades como registro de mantenimientos, alertas de fallas recurrentes, comunicación automatizada con el cliente e historial de servicio.
- Implementar la herramienta digital en un entorno controlado, evaluando su impacto en la eficiencia operativa, la trazabilidad técnica y la reducción de fallas correctivas.

6. Estado del Arte

Una de las limitaciones para la venta o uso de los aires acondicionados, se ve reflejado en que los aires acondicionados pueden ser perjudiciales para la salud debido a varios factores, algunas afecciones de salud pueden presentarse debido al uso prolongado del aire acondicionado.

Esto puede causar irritaciones o facilitar infecciones respiratorias, especialmente en personas con condiciones preexistentes como asma o alergias. También pueden producir enfermedades respiratorias como resfriados o faringitis. De igual modo los sistemas de climatización tienden a disminuir la humedad del aire, lo que provoca sequedad en la nariz, la garganta y los ojos. (Pinilla, 2020). Algunos efectos negativos del aire acondicionado en las personas son: Deshidratación, dolores de cabeza y migraña, problemas respiratorios, asma y alergias, Sudoración y sensación de mareo, letargo, piel seca, ojo seco, enfermedades infecciosas y contracturas musculares.

Otro inconveniente común es el ruido excesivo, cuando un aire acondicionado emite ruidos fuertes o inusuales, una de las causas comunes puede estar relacionado con fallas en el ventilador o en los rodamientos del motor, lo que genera incomodidad para las personas y puede afectar el confort en el ambiente. (Revista Mundo HVAC & R, 2024)

En el ámbito colombiano, hemos evidenciado otra falencia en la baja adopción de plataformas digitales integradas en el mantenimiento de sistemas HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado). La mayoría de los reportes se realizan de forma manual y los canales de comunicación con el cliente son informales, vía WhatsApp o a través de llamadas telefónicas, lo cual limita la trazabilidad y la calidad del servicio. Por otro lado, *“Un desafío que podemos encontrar en los aires acondicionados es la crítica calidad de los datos, ya que los sensores deben estar calibrados, y los datos deben ser completos, por lo cual las fallas en este proceso afectan la precisión predictiva.”* (BALDERA, 2022)

Empresas como Honeywell, trane y daikin han desarrollado plataformas propias para el monitoreo y la gestión remota de equipos de climatización. Estas herramientas permiten visualizar el estado de los equipos en tiempo real, programar mantenimientos y generar reportes técnicos automatizados. Sin embargo, la mayoría de estas soluciones están diseñadas para grandes instalaciones o mercados con alto poder adquisitivo, lo que representa una barrera para su implementación en sectores residenciales o en pequeñas y medianas empresas del sector técnico. Diversos estudios, han señalado que uno de los mayores retos en el sector de climatización en América latina es la falta de comunicación efectiva con el cliente, principalmente durante los procesos de diagnóstico, reparación y seguimiento. (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2022)

El análisis de antecedentes demuestra que la incorporación de herramientas digitales en el mantenimiento de sistemas de aire acondicionado ofrece un alto grado de viabilidad para optimizar la eficiencia técnica, reducir costos operativos y fortalecer la relación con el cliente. (Sarmiento, 2021) No obstante, aún persisten vacíos importantes en aspectos como la accesibilidad de estas soluciones, la integración efectiva de sus funciones y la adaptación a las condiciones reales de operación en empresas.

En el ámbito del mantenimiento, las metodologías predictivas han tomado gran relevancia, ya que permiten anticipar fallas antes de que ocurran, esto a través del análisis de variables como la temperatura de compresores, vibración de motores, consumo energético y presión de gases refrigerantes. Estas estrategias, teniendo en cuenta el análisis de datos en tiempo real, no solo disminuyen los costos asociados a reparaciones correctivas, sino que también prolongan la vida útil de los equipos y aseguran la continuidad del servicio. (Iberdrola, S.A, 2025)

Adicionalmente, es importante reconocer que la transformación digital no solo busca mejorar procesos internos, sino también generar valor agregado para el cliente final. (Giselle Ricur, 2026) Una herramienta digital permite entregar reportes claros y en tiempo real, ofrecer trazabilidad de las intervenciones y generar alertas de manera proactiva, lo que incrementa la percepción de confianza y profesionalismo de la empresa que presta el servicio.

Por otra parte, los avances en tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA) hacen posible que estas soluciones no sean estáticas, sino que evolucionen hacia modelos cada vez más inteligentes y adaptativos. (Ricardo, Integración de la IA en el internet de las cosas (IoT), 2025) En un futuro cercano, los equipos de aire acondicionado podrán autodiagnosticarse y enviar información directamente a la plataforma, reduciendo la dependencia de inspecciones manuales y aumentando la eficiencia en la detección de fallas. En este contexto, el diseño de una herramienta digital que combine gestión predictiva, generación oportuna de reportes técnicos y una comunicación fluida con el cliente se presenta como una oportunidad de innovación relevante y necesaria para el sector. (AireAcondicionado, 2026)

Finalmente, el componente ambiental y de sostenibilidad adquiere un peso significativo en este análisis. Un sistema HVAC que es monitoreado y mantenido digitalmente no solo mejora el confort de los usuarios, sino que también disminuye el consumo energético, contribuye a reducir emisiones de CO₂ y prolonga la vida útil de los equipos. En un escenario global donde la eficiencia energética es una prioridad, el diseño de esta herramienta digital se alinea con las políticas de desarrollo sostenible y con la necesidad de que las empresas sean responsables frente al medio ambiente. (Revista Mundo HVAC&R, 2024)

7. Marco Teórico

El aire acondicionado es un sistema diseñado para regular la temperatura, humedad y calidad del aire en espacios cerrados, esto con el fin de suministrar confort térmico y condiciones ambientales estables, en el cual se utiliza un ciclo de refrigeración por compresión o absorción, generalmente a través de gases refrigerantes. (Editorial Team, 2024). “Un sistema de aire acondicionado no solo enfría, también permite controlar la humedad, purificar el aire y mantener la presión adecuada en los espacios interiores” (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2022)

En los últimos años, al presentarse la necesidad de mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental, ha conllevado al desarrollo y transformación de los sistemas de aires acondicionados. Es así, como desde el año 2020, se impulsa el uso de energía solar para alimentar sistemas de aire acondicionado, especialmente en climas cálidos como la Costa Caribe. Proyectos piloto han mostrado reducciones de consumo energético entre 30 y 50 % (Quintero, 2023). Además de esto recientes proyectos en Colombia, estudian la combinación de aire acondicionado con paneles solares, lo que permite reducir la dependencia de la red eléctrica convencional y disminuir emisiones de CO₂ entre un 30 % y 70 % (Quintero, 2023)

El progreso de la transformación digital ha dado lugar a múltiples herramientas que optimizan la gestión del mantenimiento. Sistemas como CMMS (Computerized Maintenance Management System), plataformas CRM, dashboards inteligentes y aplicaciones móviles personalizadas permiten centralizar información, automatizar tareas y mejorar la toma de decisiones. (Muñoz, 2021). En el contexto de empresas medianas, el desafío radica en diseñar soluciones adaptadas a sus capacidades técnicas y económicas, que integren lo predictivo, lo operativo y lo comunicacional en una sola plataforma amigable y funcional. (Salvatierra, 2025)

Es así, como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático se han convertido en aliados claves en la gestión de aires acondicionados. Gracias a estas tecnologías, es posible identificar patrones de consumo, detectar anomalías y generar alertas automáticas que facilitan la intervención oportuna del personal técnico. Investigaciones recientes evidencian que la integración de IA en sistemas de climatización puede reducir hasta un 40% el tiempo de inactividad y optimizar en un 25% el uso de energía eléctrica. (SCI, 2024).

“Otra tendencia emergente en la transformación digital es el internet de las cosas (IoT)” permite conectar dispositivos físicos a la red, para recopilar datos en tiempo real. Su uso en las empresas facilita el monitoreo de activos, la optimización de procesos y la mejora en la experiencia del cliente. (Impacto de la transformación digital en la experiencia del cliente y servicios empresariales, 2025)

La transformación digital en este sector también está acompañada de un enfoque hacia la experiencia del usuario y la comunicación con el cliente. Hoy en día, los sistemas modernos no solo priorizan la eficiencia operativa, sino también la transparencia en la información que recibe el usuario final. A través de reportes técnicos automáticos, notificaciones en tiempo real y plataformas accesibles desde dispositivos móviles, se busca que el cliente tenga control, confianza y claridad sobre el estado de su equipo, fortaleciendo así la relación empresa/usuario, y mejorando la percepción del servicio. (Rodríguez, 2017)

Un aspecto cada vez más relevante en la literatura especializada es la transición hacia sistemas de climatización inteligentes que integran sensores avanzados capaces de medir variables críticas como la temperatura, la humedad relativa, las vibraciones mecánicas y la presión de los gases refrigerantes. (Un aspecto cada vez más relevante en la literatura especializada es la transición hacia sistemas de climatización inteligentes que integran sensores avanzados capaces de medir variables críticas como la temperatura, la humedad relativa, las vibraciones me, 2026) Estos sensores, al estar interconectados a través de redes IoT (Internet of Things), permiten recopilar grandes volúmenes de información en tiempo real, lo que constituye la materia prima para el funcionamiento de algoritmos de predicción y modelos de mantenimiento proactivo. La importancia de esta integración radica en que la confiabilidad de los datos recolectados se convierte en la base para garantizar diagnósticos más certeros, disminuir el margen de error en las intervenciones y diseñar planes de mantenimiento con un carácter preventivo más que correctivo. En este sentido, los sensores no solo cumplen la función de monitorear, sino que también actúan como un sistema de alerta temprana que anticipa fallas, mejora la eficiencia operativa de los equipos HVAC y contribuye a prolongar su vida útil.

La normatividad internacional ha sido un motor determinante en la adopción de mejores prácticas en el mantenimiento y operación sostenible de los sistemas HVAC. Normas como la ISO 50001 sobre gestión de la energía orientan a las organizaciones en la implementación de sistemas que optimicen el uso de recursos energéticos, reduzcan el consumo innecesario y contribuyan a la disminución de gases de efecto invernadero. De igual manera, la ISO 55000 en gestión de activos establece lineamientos para garantizar que la trazabilidad de los equipos se realice bajo estándares internacionales, fomentando la transparencia y la eficiencia en su ciclo de vida. Estas regulaciones no solo fortalecen el compromiso ambiental de las empresas, sino que también se convierten en un marco de referencia para el diseño de herramientas digitales que aseguren el cumplimiento normativo. (Duran, 2024) En consecuencia, una plataforma que incorpore estas directrices no solo mejorará el control técnico del mantenimiento, sino que también reforzará la reputación de la empresa al proyectarse como una organización alineada con prácticas sostenibles reconocidas a nivel global.

Desde la perspectiva de la gestión de proyectos, (Rodríguez, 2026) el diseño e implementación de una herramienta digital no debe ser concebido como un esfuerzo aislado, sino como un proceso integral que articula objetivos técnicos, intereses de los usuarios y expectativas de los clientes. La aplicación de metodologías tradicionales como las propuestas por el Project Management Institute (PMI), (Tristancho, 2025) aporta orden, planificación detallada y control sobre las variables de alcance, tiempo, costo y calidad. Sin embargo, en proyectos de innovación tecnológica, la incorporación de metodologías ágiles como SCRUM ofrece una ventaja diferencial: permite desarrollar el sistema de manera incremental, entregando versiones mínimas viables (MVP) que pueden ser probadas y evaluadas por técnicos y clientes desde etapas tempranas. Este enfoque iterativo asegura retroalimentación constante, reduce el riesgo de desviaciones y garantiza que las funcionalidades críticas sean priorizadas. Así, se logra un equilibrio entre la rigurosidad de los estándares de gestión de proyectos y la flexibilidad necesaria para responder a cambios en las necesidades del usuario.

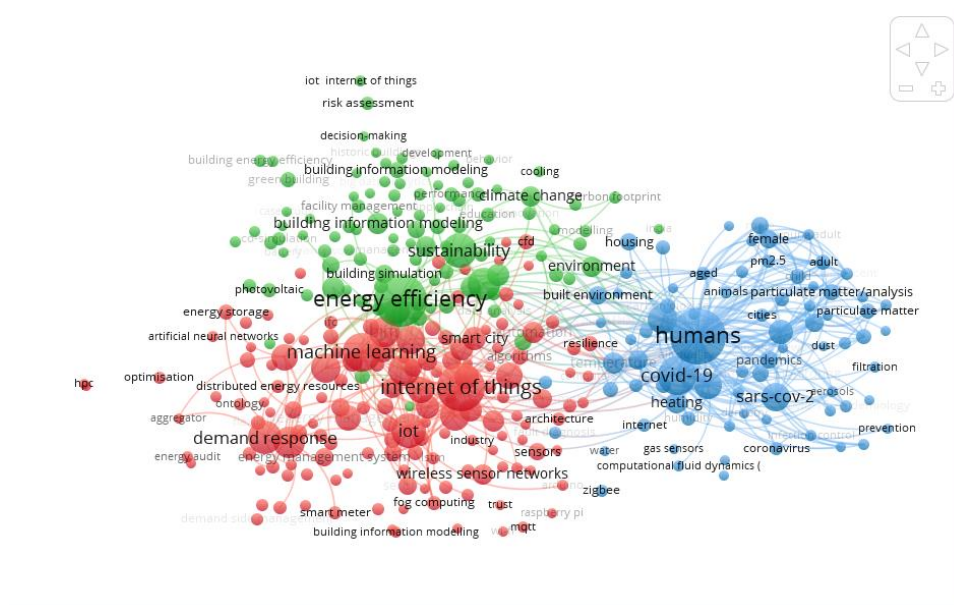
En el ámbito de la eficiencia energética, estudios recientes han evidenciado que los sistemas HVAC representan entre el 40 % y el 60 % del consumo eléctrico de los edificios comerciales e industriales. Esto implica que cualquier innovación destinada a optimizar su desempeño tiene un impacto directo en la sostenibilidad económica de las organizaciones y en su huella ambiental. La integración de herramientas digitales de monitoreo y control, que recopilen información precisa

sobre el funcionamiento de los equipos, permite detectar picos de consumo, identificar anomalías en el desempeño y proponer ajustes inmediatos que reduzcan desperdicios energéticos. De este modo, las empresas no solo obtienen un ahorro significativo en costos operativos, sino que también logran cumplir con metas corporativas de reducción de emisiones de carbono. En un contexto global cada vez más regulado por criterios ambientales, disponer de una herramienta que mejore la eficiencia de los sistemas de climatización se convierte en un factor estratégico y diferenciador en el mercado. (Franco Carvajal, 2024)

El avance de la computación en la nube (Ortiz, 2025) ha transformado radicalmente la manera en que los sistemas de gestión de mantenimiento son concebidos e implementados. A diferencia de las soluciones tradicionales que dependían de servidores locales y cuya capacidad de almacenamiento y procesamiento era limitada, las plataformas basadas en la nube permiten operar en entornos remotos, escalables y accesibles desde cualquier lugar del mundo. Para las empresas de servicios HVAC, esto representa la posibilidad de centralizar la información técnica de múltiples sedes, coordinar equipos de trabajo en distintas regiones y disponer de reportes actualizados en tiempo real sin importar la ubicación del usuario. Además, la nube facilita la integración con otras tecnologías como IoT e inteligencia artificial, lo que amplía el alcance de las funcionalidades y garantiza la actualización constante de la herramienta sin necesidad de costosos procesos de migración tecnológica. (Isaac, 2025)

Finalmente, se debe resaltar que la aceptación tecnológica por parte de los usuarios constituye un factor crítico de éxito en la implementación de herramientas digitales. No basta con diseñar una plataforma robusta y técnicamente avanzada; si los técnicos no encuentran interfaces intuitivas o si los clientes perciben dificultad en su uso, la herramienta puede enfrentar resistencia y limitar su impacto. Por esta razón, es fundamental que el diseño priorice la simplicidad, la accesibilidad y la adaptabilidad a diferentes niveles de conocimiento tecnológico. Esto debe complementarse con procesos de capacitación adecuados y un soporte técnico continuo que generen confianza y acompañen a los usuarios en la transición hacia la digitalización. Superar la resistencia al cambio implica mostrar de manera tangible los beneficios de la herramienta, tanto en reducción de cargas administrativas como en mejora de la calidad del servicio. De esta manera, se asegura que la innovación no solo sea adoptada, sino también interiorizada como parte de la cultura organizacional.

Temas Vinculados con la investigación.



*Ilustración 1. Red temática
Elaborada en software VOSviewer*

Se utilizó el software VOSviewer (ARÉVALO., 2020), para analizar una red de co-ocurrencia de palabras clave obtenida en la base de datos Lens.org. El análisis permitió identificar tres cluster principales, los cuales representan comunidades temáticas dentro del campo de investigación, sus principales núcleos conceptuales y las conexiones interdisciplinarias entre diferentes áreas.

Cada nodo representa una palabra clave y su tamaño depende de la frecuencia de aparición en los documentos, las conexiones muestran co-ocurrencias, mientras que los colores agrupan las palabras en cluster temáticos.

- **Cluster Rojo: Tecnologías digitales para energía**

Este cluster representa las tecnologías emergentes aplicadas al sector energético, se centra en el uso IoT, redes de sensores y machine learning para monitoreo, predicción y optimización de recursos energéticos. Este cluster actúa como un núcleo tecnológico que conecta con la sostenibilidad y con el monitoreo ambiental. (García, 2025)

- **Cluster Verde: Sostenibilidad y edificaciones eficientes**

Este cluster aborda la investigación en arquitectura sostenible, eficiencia energética en edificaciones y estrategias de migración frente al cambio climático. Se trata de un campo maduro y consolidado, con un cuerpo amplio de literatura que conecta prácticas de sostenibilidad con herramientas tecnológicas como BIM, que a su vez enlaza con el cluster rojo. (Granda, 2023)

- **Cluster Azul: Salud humana, pandemia y calidad del aire**

Este cluster reúne la investigación relacionada con salud pública, calidad ambiental y pandemia. Se destacan estudios sobre transmisión aérea de SARS-Cov-2, ventilación en espacios interiores, filtración y efectos de contaminantes como pm2.5 en salud humana, y representa un campo emergente, reactivo a la crisis global del COVID-19 que generó una alta producción científica en corto tiempo y que conecta salud, ambiente y tecnología. (Guio, 2024)

Identificación de Temas Emergentes

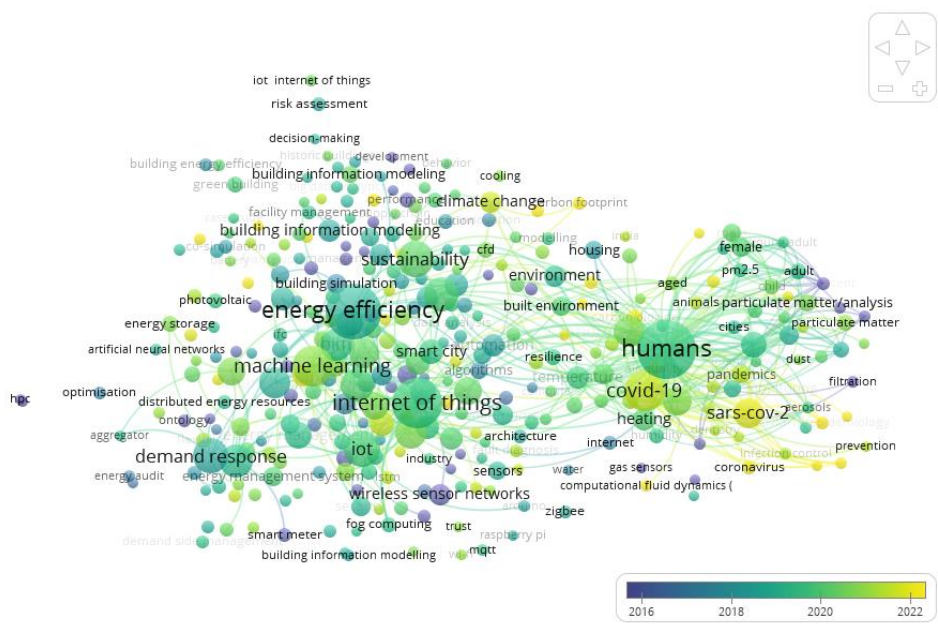


Ilustración 2. Red temática
Elaborada en software VOSviewer

1. Covid-19 y salud pública (2019-2022) cluster azul-verde hacia amarillo

Este es un tema emergente reactivo a la pandemia, que cobró relevancia después del año 2020, y que integra salud, calidad del aire interior y transmisión de patógenos. La rápida concentración de publicaciones indica un auge de corta duración, pero gran impacto científico.

2. Internet of things (IoT) y Machine Learning, aplicados a energía (2018-2022)

Aunque el IoT aparece desde antes de 2018, la combinación con aprendizaje automático y resiliencia energética es un tema emergente consolidado entre 2020-2022, además refleja la tendencia hacia la digitalización e inteligencia artificial para la gestión energética y sostenibilidad. (López, 2023)

3. Eficiencia energética y BIM en construcción sostenible (2016-2020 con continuidad hasta 2022)

Este es un tema maduro que se mantiene vigente, pero no es emergente. La innovación reciente está en cómo se conecta BIM con IoT y Smart cities, generando nuevas aplicaciones (emergencia por integración interdisciplinaria, no por novedad en sí). (Garay, 2022)

4. Calidad del aire y medio ambiente urbano (2019-2022)

Este tema es emergente en la intersección entre contaminación atmosférica y salud pública, creció aceleradamente durante la pandemia, con foco en impactos respiratorios y transmisión de virus. Se consolida como un tema interdisciplinario. (National Geographic, 2023)

La información utilizada para el presente análisis fue obtenida mediante el software VOSviewer, el cual permitió procesar y visualizar los datos provenientes de la base seleccionada. La descarga de la información se realizó el día 28 de agosto del año 2025, fecha en la cual se alcanzó un total de 3.716 registros relacionados con el objeto de estudio.

8. Metodología

Matriz de Objetivos y Plan de Acción del Proyecto HVAC-PLUS

Objetivo general	Objetivos específicos	Plan de acción
Diseñar e implementar una herramienta digital para optimizar el mantenimiento de sistemas HVAC mediante gestión predictiva, generación oportuna de reportes técnicos y comunicación efectiva con el cliente, fortaleciendo la eficiencia operativa, la trazabilidad y la calidad del servicio.	Analizar el funcionamiento actual de los procesos de mantenimiento HVAC, identificando las principales deficiencias en el registro, seguimiento y comunicación con los clientes.	1. Revisión bibliográfica sobre mantenimiento predictivo, IoT e inteligencia artificial aplicada a HVAC. 2. Diagnóstico de los procesos actuales mediante entrevistas, encuestas y análisis DOFA.
	Realizar un diagnóstico de las oportunidades de mejora relacionadas con la gestión de información, trazabilidad técnica y reducción de fallas correctivas.	3. Identificación de las necesidades de técnicos, supervisores y clientes. 4. Análisis de los registros actuales y de las principales causas de reprocesos y fallas.
	Diseñar una herramienta digital que integre programación de mantenimientos, historial técnico, alertas predictivas y comunicación automatizada con el cliente.	5. Definición de los módulos funcionales de la plataforma HVAC-PLUS. 6. Diseño de la base de datos, flujos de trabajo y notificaciones automáticas.
	Diseñar y validar la herramienta digital en un entorno controlado para evaluar su impacto en la eficiencia operativa y la experiencia del cliente.	7. Desarrollo y ejecución del piloto de validación. 8. Medición de indicadores de desempeño, análisis de resultados y formulación de recomendaciones para el escalamiento.

1. Diagnóstico Inicial

- Realizar la revisión documental y consulta a técnicos y clientes para identificar fallas en el mantenimiento actual
- Hacer tabla FODA del proceso

2. Especificación de la herramienta

- Hacer la definición de requerimientos claves: Gestión predictiva, reportes automáticos, comunicación con el cliente.
- Diseño interfaz

3. Desarrollo del prototipo

- Realizar la construcción mínima viable con frontend, backend y base de datos
- Estructurar la implementación básica de mantenimiento predictivo y generación de reportes digitales

4. Validación y ajustes

- Realizar pruebas piloto con técnicos y clientes
- Hacer la recolección de feedback y optimización de funciones

5. Entrega y documentación

- Recolectar la documentación técnica del sistema
- Realizar la presentación de conclusiones, mejoras y propuesta de escalabilidad.

7.1 Tipo de investigación

La investigación se hará mediante un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), (Ricardo, Investigación Mixta: Definición, tipos, características y ejemplos, 2025), ya que el objetivo es diseñar una herramienta tecnológica basada en necesidades reales del sector técnico de mantenimiento, con la intención de resolver un problema práctico.

Análisis descriptivo y comparación de tiempos y calidad del mantenimiento antes y después del prototipo. (cuantitativo-frecuencias, porcentajes)

1. Exploración Cualitativa

- Técnicas: Realizar entrevistas con 2 empresas, 2 técnicos de mantenimiento y 2 clientes frecuentes.
- Objetivo: Descubrir fallas recurrentes, expectativas sobre la herramienta y analizar la experiencia actual con el mantenimiento

2. Validación Cuantitativa

- Técnicas: Realizar encuestas basadas en lo arrojado cualitativamente, dirigidas a una muestra de 2 empresas, 3 técnicos de mantenimiento y 3 clientes frecuentes.

- Instrumentos: Escalas Likert, frecuencia de uso, grado de satisfacción e importancia de funciones específicas.

3. Integración y Triangulación

- Análisis Mixto: Combinar datos cualitativos y cuantitativos para confirmar los hallazgos encontrados.
- Se realizaría un diseño secuencial exploratorio, donde la fase cualitativa guía la cuantitativa.

7.2 Nivel de investigación

NIVEL	PROPÓSITO	TÉCNICA APLICADA
Exploratoria	Identificar variables relevantes y entender el contexto	Entrevistas
Descriptiva	Medir y caracterizar atributos identificado	Encuestas
Correlacional	Detectar asociaciones entre variables	Análisis estadístico

7.3 técnicas e instrumentos de recolección de análisis

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Entrevistas	Guía de entrevistas
Observación	Ficha de observación, diario de campo
Encuestas	Cuestionario, plataforma digital
Registro De Datos	Exportación de base de datos
Análisis Mixto	Libro de códigos, matriz de triangulación

10. Desarrollo del proyecto

10.1 Diagnosticar las falencias actuales en el proceso de mantenimiento, incluyendo el registro técnico, seguimiento de rutinas y comunicación con los clientes.

Para el cumplimiento de este Objetivo Específico, se aplicará la técnica de entrevistas y encuestas semiestructuradas, dirigida tanto a técnicos de mantenimiento como a clientes frecuentes. Estos instrumentos permitirán obtener información cualitativa y cuantitativa de gran valor para el diagnóstico, ya que permiten explorar de manera detallada las percepciones, experiencias y expectativas de los actores directamente involucrados en el proceso de mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado.

En el caso de los técnicos, las entrevistas y encuestas estarán orientadas a identificar las principales dificultades que enfrentan en la ejecución de los mantenimientos, tales como limitaciones en los registros técnicos, falta de estandarización en los procedimientos, reprocesos frecuentes y posibles carencias en la comunicación con los clientes. En el caso de los clientes, el objetivo se centrará en recoger sus opiniones sobre la calidad del servicio recibido, la oportunidad en la atención la claridad de los informes técnicos entregados y el nivel de confianza que perciben en la gestión actual.

De igual forma se realizará un análisis FODA (Ramirez, 2026), que permita identificar y clasificar fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas del proceso, e información que integre los resultados cualitativos y cuantitativos, garantizando la validez y confiabilidad del diagnóstico.

9.1.1 Análisis situacional de la organización citando la matriz DOFA

<p>FORTALEZAS: Experiencia técnica del personal, posicionamiento de la empresa en el mercado local, confianza de clientes frecuentes, capacidad para atender tanto instalaciones pequeñas como proyectos de mayor escala.</p>	<p>DEBILIDADES: Registro técnico manual y poco estandarizado, ausencia de trazabilidad en rutinas preventivas, comunicación informal con clientes, retrasos en la programación y cumplimiento de mantenimientos.</p>
<p>OPORTUNIDADES: Avances en transformación digital aplicados al mantenimiento, crecimiento de la demanda de servicios HVAC, apertura a nuevas soluciones de comunicación digital.</p>	<p>AMENAZAS: Alta competencia en el sector, riesgo de pérdida de clientes por insatisfacción en el servicio, costos asociados a reprocesos y fallas correctivas.</p>

A partir de los datos recolectados y consolidados, se construyó una matriz DOFA que permitió identificar los aspectos internos y externos que influyen en el proceso de mantenimiento. (Ninoka, 2018)

Se puede resaltar a través de la DOFA, que, si bien la empresa cuenta con capital humano y reputación en el mercado, las debilidades internas relacionadas con el manejo de la información y la comunicación representan un riesgo significativo frente a la competencia y la satisfacción del cliente.

En una lectura estratégica de la DOFA, el cruce Fortalezas–Oportunidades (FO) sugiere una postura ofensiva: apalancar la experiencia técnica y el posicionamiento local para empaquetar servicios de “mantenimiento 360” con niveles de servicio diferenciados (residencial, pyme, industrial). Este enfoque debe acompañarse de reportes digitales claros, tiempos de respuesta comprometidos y evidencia fotográfica, de modo que la propuesta de valor trascienda el precio y se adhiera en confiabilidad y transparencia. La reputación y la capacidad instalada para atender proyectos de distinta escala constituyen, una plataforma natural para la expansión de cuentas y la participación en licitaciones de mayor envergadura.

El cruce de debilidades y oportunidades (DO), orienta las acciones de saneamiento operativo habilitadas por la transformación digital. Por lo cual es recomendable implementar un CMMS/App (Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento (CMMS), 2025) de campo con plantillas únicas de órdenes de trabajo y checklists por tipo de equipo, bloqueo de cierre sin evidencia mínima y calendario maestro de preventivos (Calendario Mantenimiento Preventivo: Guía Completa 2024, 2025). En paralelo, un motor de alertas multicanal (correo/WhatsApp) con ventanas T-7, T-3, T-1 y T0, propietario por alerta y reglas de escalamiento, reducirá reprogramaciones y elevará el cumplimiento preventivo. La creación de un portal del cliente con historial, próximas citas y descarga de reportes fortalecerá la comunicación, reducirá fricciones y elevará la percepción de calidad del servicio.

Desde el cruce Fortalezas y Amenazas (FA), las competencias técnicas y la confianza de los clientes frecuentes deben convertirse en indicadores de confiabilidad medible para blindar la base instalada frente a la competencia. Se propone institucionalizar un control de calidad por muestreo (auditorías de OTs), una biblioteca de lecciones aprendidas y garantías claras asociadas al first-time-fix. De igual modo, el valor agregado de las capacitaciones al usuario, recomendaciones operativas y auditorías energéticas básicas eleva las barreras de salida y refuerza relaciones de largo plazo, mitigando el riesgo de pérdida de clientes por insatisfacción.

Finalmente, el cruce Debilidades y Amenazas (DA), subraya la necesidad de gobernanza y ritualidad operativa para que la mejora sea sostenible. Se plantea un tablero de seguimiento con métricas núcleo, % de preventivos en fecha, % de registros completos, reportes $\leq 24h$, reprogramaciones, recurrencia a 30 días, CSAT y NPS revisado semanalmente por un comité breve de programación.

La gestión del cambio debe incluir capacitación práctica, contenidos cortos de apoyo, una mesa de ayuda con SLA definidos y “champions” por cuadrilla para acelerar la adopción. Con este método, la empresa transforma debilidades en capacidades, sustenta la toma de decisiones en datos confiables y consolida una ventaja competitiva basada en desempeño verificable. (Suarez, 2024)

9.1.2 Definición de estrategias para el proceso de mantenimiento.

ESTRATEGIAS (Fortalezas + Oportunidades)	ESTRATEGIAS (Debilidades + Oportunidades)
Aprovechar la experiencia técnica del personal para capacitarlo en el uso de herramientas digitales predictivas.	Digitalizar el registro técnico manual mediante una herramienta que centralice la información.
Utilizar el reconocimiento en el mercado para posicionar la empresa como pionera en mantenimiento con gestión predictiva.	Implementar recordatorios y alertas automáticas para garantizar el cumplimiento de rutinas preventivas.
Fortalecer la confianza de los clientes frecuentes integrando reportes digitales claros y oportunos.	Formalizar la comunicación con los clientes a través de plataformas digitales, sustituyendo canales informales como whatsapp.

La matriz DOFA permitió establecer un conjunto de estrategias que combinan las variables internas y externas de la empresa. Las estrategias se orientan a capitalizar las fortalezas existentes y enfrentar las amenazas externas, y proponen acciones concretas para superar las debilidades y minimizar los riesgos identificados. Este análisis constituye un insumo fundamental para el diseño de la herramienta digital, en la medida en que orienta las funcionalidades que deberá integrar para responder a las falencias actuales y potenciar las oportunidades del sector.

Como desarrollo operativo de estas estrategias, se define una hoja de ruta que prioriza: Estandarización del registro técnico mediante plantillas y checklists, despliegue de un CMMS/App de campo con validaciones y bloqueo de cierre sin evidencia, motor de alertas multicanal con propietarios y escalamiento, reportes automáticos ≤ 24 horas para clientes y supervisores, y portal del cliente con historial y próximas visitas.

En conclusión, la DOFA deja de ser un diagnóstico estático y se convierte en un plan de ejecución, traducir fortalezas y oportunidades en capacidades digitales medibles, y transformar debilidades y amenazas en requisitos de control, permitirá elevar la confiabilidad operativa, cerrar brechas de comunicación y diferenciarse por desempeño verificable.

La implementación disciplinada con metas claras, seguimiento semanal y aprendizaje iterativo debería reducir tiempos y costos, mejorar la satisfacción del cliente y habilitar un escalamiento sostenible de la solución, protegiendo la base instalada frente a la competencia y generando valor económico y reputacional para la empresa. (Plan de fortalecimiento académico y pedagógico, 2022)

9.1.3 Identificación de aspectos de mejora mediante fuentes primarias de información: Entrevistas y encuestas aplicadas a funcionarios.

Se recolectó información primaria mediante 8 encuestas y 6 entrevistas semiestructuradas aplicadas a tres grupos de interés:

Clientes: 3 encuestas, 2 entrevistas

Empresas: 2 encuestas, 2 entrevistas

Técnicos: 3 encuestas, 2 entrevistas

En las encuestas se utilizó el método Likert 1-5 (1= Muy desacuerdo, 5= Muy de acuerdo), (Ricardo, 2024), orientada a dos bloques temáticos, el primero a la situación actual del mantenimiento que va de la pregunta 1 a la pregunta 4 y el segundo bloque fue orientado a las disposición y expectativas frente a una solución digital, de la pregunta 5 a la pregunta 8. Se incluyeron además preguntas adicionales sobre el uso de herramientas digitales y disposición a capacitaciones. Las encuestas se diligenciaron de forma individual.

1 Muy en desacuerdo 5 Muy de acuerdo		CLIENTE 1					CLIENTE 2					CLIENTE 3					EMPRESA 1					EMPRESA 2					TECNICO 1					TECNICO 2					TECNICO 3				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	El registro técnico de mantenimientos en la empresa es claro y confiable.			X					X					X					X					X					X					X					X		
2	Existe un adecuado seguimiento de las rutinas de mantenimiento preventivo.	X							X					X					X					X					X					X							
3	La comunicación con los clientes es efectiva y oportuna.			X					X					X					X					X					X					X							
4	Los reprocesos o fallas recurrentes después de un mantenimiento son poco frecuentes.			X					X					X					X					X					X					X							
5	Considero útil contar con una herramienta digital que centralice la información técnica.			X					X					X					X					X					X					X							
6	Me interesa que la herramienta incluya recordatorios automáticos de mantenimiento.			X					X					X					X					X					X					X							
7	Me interesa que la herramienta genere reportes técnicos automáticos para clientes y supervisores.			X					X					X					X					X					X					X							
8	Confío en que una solución digital mejoraría la calidad del servicio y la satisfacción del			X					X					X					X					X					X					X							

Ilustración 3. Encuesta realizada

PREGUNTA	C1		C2		C3		E1		E2		T1		T2		T3	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
¿Ha utilizado antes alguna herramienta digital de mantenimiento?		X		X		X		X		X		X		X		X
¿Estaría dispuesto a recibir capacitación en el uso de una herramienta digital?	X		X		X		X		X		X		X		X	

Ilustración 4.

De acuerdo con el análisis recolectado en las encuestas podemos decir que:

Pregunta N°1 “El registro técnico de mantenimientos en la empresa es claro y confiable”

Si bien existen registros, se evidencia una variabilidad en su calidad y completitud, se percibe una ausencia de estandarización (quién registra, qué campos son obligatorios, validaciones), lo que implica un registro inconsistente y que por ende dificulta el análisis la trazabilidad y auditoría.

Es necesario definir una plantilla mínima obligatoria (activo, intervención, repuestos, evidencias), reglas de validación y control de versiones, además de la realización de auditorías de calidad de dato.

Pregunta N°2 “Existe un adecuado seguimiento de las rutinas de mantenimiento preventivo”

El cumplimiento preventivo no es uniforme, hay retrasos y desalineaciones entre lo programado y lo ejecutado, lo cual puede implicar el riesgo de aumento de correctivos, costos y reprocesos.

Es indispensable un calendario con recordatorios automáticos (por frecuencia7uso), semaforización, y reporte semanal de desviaciones (días de atraso, % en fecha)

Pregunta N°3 “La comunicación con los clientes es efectiva y oportuna”

Hay una brecha de percepción, lo que la empresa considera informado no siempre es oportuno o visible para el cliente (confirmaciones, cierre, próximos pasos). Esto traería consigo un gran impacto en satisfacción y recompra.

Es necesario definir SLA de comunicación (tiempo a primera respuesta, confirmación de cita, cierre con evidencia), notificaciones automáticas y un tablero del cliente (estado y reportes descargables)

Pregunta N°4 “Los reprocesos o fallas recurrentes después de un mantenimiento son poco frecuentes”

Existen trabajos no despreciables, se asocian a falta de historial técnico consolidado, handover débil entre turnos y checklists incompletos, lo que conlleva a costos ocultos, tiempos extra y percepción negativa del servicio.

En este aspecto sería ideal tener unos checklists obligatorios por equipo o actividad, revisión de pares en trabajos críticos, análisis de causa raíz y retroalimentación al estándar.

Pregunta N°5 “Herramienta digital que centralice la información técnica”

La centralización es percibida como la solución más directa para trazabilidad y control, en este caso es necesario un repositorio único por actico, con anexos (fotos, firma digital), historial y permisos.

Pregunta N°6 “Recordatorios automáticos de mantenimiento”

Existe un problema recurrente por olvidos y descoordinaciones. Para mitigarlo, se propone implementar un motor de alertas que emita notificaciones automáticas para preventivos, vencimientos y calibraciones, enviadas por correo y WhatsApp.

Pregunta N°7 “Reportes automáticos para clientes y supervisores”

Se espera un ahorro de tiempo y transparencia (antes/después, evidencias, repuestos), la acción propuesta serían plantillas de reporte por tipo de OT, envío automático al cierre y firma digital.

Pregunta N°8 “Una solución digital mejoraría calidad del servicio y satisfacción del cliente”

Se evidencia una expectativa positiva generalizada hacia la digitalización, por lo cuál es ineludible ejecutar un piloto corto, para cuantificar mejoras (SLA, % preventivos en fecha, % reprocesos)

Conclusión segmentación

La brecha principal se ubica en comunicación (pregunta 3), y seguimiento preventivo (pregunta 2). La experiencia del cliente no coincide siempre con la autopercepción interna. Cerrar esa brecha exige procesos estandarizados más tecnología más SLA visibles. (Maulén, 2025)

Resultados de las entrevistas

Se aplicaron 6 entrevistas semiestructuradas

Clientes: 2

Empresas: 2

Técnicos: 2

El objetivo fue identificar percepciones sobre habilidades requeridas, gestión de información, comunicación, beneficios y retos. A través de la comparación de percepciones entre los diferentes actores, se busca evidenciar brechas, puntos en común y áreas de mejora, con el fin de proponer soluciones que fortalezcan la eficiencia operativa, optimicen los tiempos de respuesta y favorezcan una comunicación más efectiva entre las partes involucradas. (Eficiencia y eficacia operativa Eficiencia operativa en la era digital una guía para empresas, 2026)

PREGUNTA	RESPUESTA CLIENTE 1	RESPUESTA CLIENTE 2	RESPUESTA EMPRESA 1	RESPUESTA EMPRESA 2	RESPUESTA TECNICO 1	RESPUESTA TECNICO 2
1 ¿Qué debilidades identifica actualmente en el proceso de mantenimiento de los equipos de aire acondicionado?	COMUNICACION, TIEMPOS,	TIEMPO DE RESPUESTA	TIEMPO DE REPARACION	NINGUNO	TIEMPO, INFORMACION	SOPORTES, Y REPORTES
2 ¿Qué dificultades ha tenido con el registro técnico de los servicios (información incompleta, pérdida de datos, retrasos, etc.)?	INFORMACION ERRONEA, RETRASOS	NINGUNO	RETRASOS, INCUMPLIMIENTO, DEMORAS	RETRASO	PERDIDA DE INFORMAC	PERDIDA DE DATOS
3 ¿Cómo calificaría la comunicación actual entre técnicos y clientes? ¿Qué aspectos considera que deberían mejorar?	REGULAR, EN OCASIONES NO SON PRECISOS	BIEN	REGULAR, MAS ATENCION	BUENA	BUENA, PACIENCIA	EXCELENTE
4 ¿Con qué frecuencia se presentan reprocesos o fallas recurrentes después de un mantenimiento?	ESCASA	PERIODICAMENTE	HAY OCASIONES QUE SE PRESENTA SEGUIDO	POCA	REGULAR	ESCASA
5 ¿Qué funcionalidades considera indispensables en una herramienta digital de mantenimiento (ej. alertas, historial técnico, reportes automáticos, notificaciones al cliente)?	ALERTAS, HISTORIAL TECNICO, REPORTES	NOTIFICACIONES	ALERTAS, REPORTES AUTOMATICOS	ALERTAS, REPORTES	ALERTAS, REPORTES, NOTIFICACIONES	TODAS SON INDISPENSABLES
6 ¿Qué barreras percibe para implementar una herramienta digital en su trabajo/empresa (ej. costos, capacitación, resistencia al cambio)?	NINGUNA	CAPACITACIONES TIEMPO PARA ELLAS	NINGUNA	COSTOS	NINGUNA	CAPACITACION
7 En general, ¿qué beneficios cree que traería una herramienta digital en el mantenimiento de equipos de aire acondicionado?	MUCHAS	MEJORARIA MUCHO LOS TIEMPOS DE MANTENIMIENTO	MUY INTERESANTE, MUCHOS BENEFICIOS EN CUANTO A TIEMPOS, COSTOS MINIMIZACIÓN DE INCONVENIENTES	DEMASIADOS, SERIA BUENO		NOS AYUDARIA MUCHO A LA INFORMACION

Los hallazgos muestran un patrón consistente de retrasos, pérdida de información y errores en los registros que afecta tanto la operación como la relación con el cliente. En términos operativos, los retrasos provienen de una programación débil de rutinas preventivas, reprogramaciones de última hora y ausencia de confirmaciones formales de citas. La información se dispersa entre formatos manuales, mensajes por WhatsApp y archivos sueltos; esto dificulta reconstruir el historial por activo y reduce la calidad del dato para análisis y toma de decisiones. Los errores de registro de campos incompletos, falta de evidencia fotográfica o firmas que obligan a reprocesos, aumentan el tiempo de cierre de órdenes y elevan los costos. Se evidencia además una brecha de percepción entre quienes ejecutan y quienes reciben el servicio. Mientras los técnicos evalúan positivamente la comunicación, porque sienten que “responden” y “resuelven”, los clientes la perciben intermitente y poco formal. Esta discrepancia suele surgir cuando no hay protocolos comunes: se da información por canales informales, no queda trazabilidad de compromisos (qué, quién, cuándo) y los reportes finales llegan con demoras o sin el detalle esperado. En la práctica, el cliente califica la experiencia por la previsibilidad (saber a tiempo qué ocurrirá) y por la claridad de los entregables (qué se hizo, por qué y con qué resultado).

Frente a estas brechas, las personas encuestadas priorizan que una herramienta digital incorpore alertas, reportes automáticos y notificaciones. Un motor de alertas con ventanas T-7/T-3/T-1/T0, dueño de cada alerta y reglas de escalamiento reduce olvidos y reprogramaciones. Los reportes automáticos que se generan al cierre de la orden con campos obligatorios, fotos, firmas y recomendaciones que estandarizan la calidad y aceleran la entrega al cliente ($\leq 24h$).

Las notificaciones multicanal (correo/WhatsApp) con confirmación de lectura y trazabilidad de envíos alinean expectativas y disminuyen consultas repetidas.

No obstante, aparecen barreras de adopción: el tiempo para capacitarse y la carga percibida de “aprender otra plataforma”. Esto se resuelve con una gestión del cambio liviana: capacitación práctica y breve (4 horas), microcontenidos de apoyo (videos de 2-3 minutos), una mesa de ayuda con SLA de respuesta (≤ 4 horas hábiles) y la designación de champions en cada cuadrilla para acompañar en campo durante las primeras semanas. Además, la solución debe priorizar usabilidad móvil y plantillas inteligentes que minimicen digitación (autocompletado, listas desplegadas, validaciones).

En cuanto a beneficios, hay consenso en que la digitalización aportará reducción de tiempos y costos, mejor gestión de la información y menos reprocesos (Santos, Impacto de la digitalización en la reducción de costos operativos, 2025). Operativamente, esto se traduce en más preventivos cumplidos en fecha (PEF), menor lead time de las órdenes y recurrencia más baja a 30 días. Comercialmente, se gana en

transparencia: el cliente accede a su portal, ve historial, próximas visitas y reportes claros, lo que impacta CSAT y fidelización. Para materializar estos beneficios y demostrar avance, conviene fijar metas iniciales realistas (p.ej., PEF \geq 80 %, reportes en \leq 24h \geq 95 %, registros completos \geq 95 %, reprogramaciones 40 %, recurrencia 35 %) y revisarlas semanalmente.

En síntesis, el diagnóstico no solo describe problemas; orienta una hoja de ruta concreta: estandarizar registros y reportes, activar un motor de alertas con gobierno claro, formalizar la comunicación con el cliente y acompañar la adopción con formación práctica y soporte oportuno. Con estos elementos, la empresa avanza hacia una operación predecible, trazable y medible, alineando la percepción del cliente con el esfuerzo del equipo técnico y transformando los datos operativos en mejoras sostenibles de productividad y servicio.

9.1.4 Hallazgos

- Los hallazgos que se han evidenciado dejan ver que la gestión del mantenimiento en la empresa presenta debilidades estructurales, que justifican el diseño de una solución digital integral.
- Todos los encuestados manifiestan alto interés en una herramienta digital, pese a no tener experiencia previa.
- La falta de estandarización en el registro técnico fue señalada tanto por los técnicos en un 75%, como por los clientes con un 60 %, y corroborada en la revisión documental, donde se evidenciaron reportes incompletos.
- La deficiencia en el seguimiento de rutinas preventivas se manifestó en entrevistas con técnicos y se confirmó en la observación de mantenimientos, donde se evidenciaron retrasos y duplicados de tareas.

9.2 Diseñar una herramienta digital que integre funcionalidades como registro de mantenimientos, alertas de fallas recurrentes, comunicación automatizada con el cliente e historial de servicio.

Fase 1. Registro de mantenimientos

Introducción

Actualmente, la información técnica de los mantenimientos es consignada en formatos físicos o dispersa en documentos digitales no estandarizados, lo cual genera pérdida de datos, reprocesos y dificultad para acceder a información histórica.

Resultados esperados

La digitalización del registro asegura mayor calidad de los datos y elimina el riesgo de pérdida de documentos físicos. Además, posibilita análisis comparativos y generación de reportes automáticos, optimizando la toma de decisiones. (Santos, Registro electrónico y reducción del riesgo de pérdida de información, 2025)

- Creación de un módulo digital que permita al técnico ingresar registros en tiempo real desde dispositivos móviles o tablets.
- Estandarización de los campos obligatorios: fecha, equipo intervenido, tipo de mantenimiento (preventivo o correctivo) insumos utilizados, tiempo invertido y observaciones técnicas.
- Posibilidad de adjuntar fotografías y evidencias digitales del procedimiento realizado
- Sincronización con una base de datos centralizada para garantizar la trazabilidad de la información

Fase 2. Alertas de fallas recurrentes

Introducción

Las entrevistas revelaron que una de las principales falencias es la repetición de fallas en equipos sin un seguimiento oportuno. Esto se traduce en reprocesos y pérdida de confianza del cliente.

Resultados esperados

El uso de analítica de datos e inteligencia predictiva fortalece la capacidad de la empresa para anticiparse a problemas críticos, reduce el tiempo de inactividad de los equipos y disminuye costos asociados a correctivos.

- Implementación de un sistema de alarmas que identifique patrones de fallas recurrentes mediante análisis de datos históricos
- Configuración de alertas predictivas basadas en variables como tiempo entre fallas, repuestos reemplazados y horas de uso del equipo.
- Generación de notificaciones automáticas al supervisor y al cliente, indicando el riesgo potencial y recomendando una intervención preventiva

Fase 3. Comunicación automatizada con el cliente

Introducción

El diagnóstico inicial mostró que la comunicación con clientes se realiza de manera informal (WhatsApp, llamadas), careciendo de estandarización y registro verificables

Resultados esperados

La comunicación automatizada aumenta la transparencia del servicio, mejora la experiencia del cliente y contribuye a su fidelización, también libera carga administrativa en la empresa al reducir la necesidad de seguimientos manuales, (Inteligencia artificial, automatización, personalización y omnicanalidad: Tendencias clave en la comunicación de empresas y marcas con sus clientes en el 2025, 2024).

- Módulo de notificaciones automáticas al cliente vía correo electrónico, SMS o aplicación móvil
- Confirmaciones automáticas de agendamiento de mantenimientos
- Envío de recordatorios previos y reportes de servicio inmediatamente después de la intervención
- Portal de usuario para que el cliente consulte el estado de sus equipos, reportes históricos y próximos mantenimientos.

Fase 4. Historial de servicio

Introducción

El historial técnico actual carece de integración; los datos están dispersos en reportes físicos o archivos aislados, dificultando la trazabilidad.

Resultados esperados

Un historial consolidado permite evaluar la eficiencia del mantenimiento preventivo, calcular costos de ciclo de vida de los equipos y tomar decisiones estratégicas sobre reemplazos o modernización. Creación de un repositorio digital centralizado que almacene todo el historial de mantenimientos por cada equipo

- Posibilidad de generar reportes detallados de la vida útil del equipo, frecuencia de fallas, repuestos reemplazados y costos acumulados
- Acceso restringido y jerarquizado: técnicos, supervisores y clientes tendrán diferentes niveles de visualización
- Integración con analítica para visualizar tendencias en consumo energético fallas y costos de operación.

CIERRE

El diseño de la herramienta digital representa un gran salto estratégico hacia la transformación digital de los procesos de mantenimiento en sistemas HVAC. Su implementación permitirá centralizar la información técnica, anticipar fallas mediante alertas, garantizar una comunicación transparente con los clientes y construir un historial confiable de cada equipo.

En términos operativos, esta solución contribuirá a reducir reprocesos, optimizar el tiempo de respuesta y mejorar la eficiencia energética. En términos estratégicos, fortalecerá la competitividad de la empresa, incrementará la confianza de los clientes y abrirá oportunidades para escalar la herramienta hacia nuevos mercados.

Adicionalmente la herramienta permitirá establecer indicadores de desempeño en tiempo real, lo que facilitará a los supervisores medir el cumplimiento de rutinas preventivas, la eficiencia en la atención de incidencias y los niveles de satisfacción del cliente. Esta capacidad de monitoreo permanente fortalece la cultura de mejora continua en la organización y asegura que las decisiones se fundamenten en datos confiables y verificables.

Otro valor agregado radica en la trazabilidad técnica y financiera. El historial de cada equipo no solo servirá como soporte técnico, sino también como insumo para elaborar presupuestos más realistas, calcular el costo de ciclo de vida de los activos y proyectar inversiones en renovación o modernización. De este modo, la herramienta se convierte en un puente entre el área técnica y la gerencia administrativa, alineando las metas operativas con los objetivos financieros.

Desde la perspectiva del cliente, la implementación de esta solución digital genera una experiencia de servicio diferenciada. Al recibir notificaciones oportunas, reportes claros y acceso a información histórica, los usuarios perciben mayor transparencia y profesionalismo. Esto impacta positivamente en la fidelización, reduce la rotación de clientes y abre posibilidades para recomendar los servicios a nuevos mercados.

La herramienta digital sienta las bases para futuras integraciones con tecnologías emergentes como inteligencia artificial, internet de las cosas IoT y mantenimiento predictivo avanzado. A medida que la organización acumule datos y optimice sus procesos, podrá evolucionar hacia modelos de negocio basados en analítica de datos, contratos de mantenimiento por desempeño y servicios personalizados,

consolidándose como una empresa innovadora y visionaria en el sector HVAC.

9.3 Implementar y validar la herramienta digital en un entorno controlado, evaluando su impacto en la eficiencia operativa, la trazabilidad técnica y la reducción de fallas correctivas.

Este objetivo establece el plan de implementación y validación del prototipo en un piloto controlado (12 semanas), con alcance, metodología, indicadores, metas, cronograma, riesgos y criterios de éxito.

9.3.1 Alcance del piloto y entorno controlado

Objetivo: Demostrar impacto en la eficiencia operativa, trazabilidad técnica y reducción de correctivos.

Unidad de intervención: 1 cuadrilla (2-3 técnicos) + 1 supervisor; 3-6 clientes; 10-18 activos.

Duración: 12 semanas (Inicio sugerido 30 septiembre, 2025)

Criterios de inclusión: Historial de servicio ≥ 1 intervención; aceptación de comunicaciones automatizadas; disponibilidad a capacitaciones.

9.3.2 Alcance del piloto y entorno controlado

1. Alistamiento de datos (sem 1-2); catálogo de activos, clientes, técnicos, checklists: plantillas de reportes y alertas.
2. Parametrización de reglas: ventanas T-7/T-3/T-1/T0: canales correo/WhatsApp: propietario y escalamiento por alerta: SLA de comunicación.
3. Seguridad y gobernanza: perfiles (técnico, supervisor, cliente, admin), trazabilidad (timestamp, usuario, GPS opcional), control de versiones.
4. Capacitación y soporte: taller 4h: mesa de ayuda: refuerzos en semanas 3,6,9

9.3.3 Diseño metodológico de validación

Enfoque: cuasi-experimental pre-post con grupo de referencia (si es viable) o autocontrol histórico.

Fuente y frecuencia: sistema (logs, OTs, checklists, reportes), encuestas CSAT/NPS, diario de campo, entrevistas breves (sem 6 y 12).

Análisis: t pareado / Mann-Whitney (Tiempos), Chi² (proporciones), regresión segmentada (series); efecto (Cohen d, Δ proporciones) con IC 95 %.

9.3.4 Indicadores y metas del piloto

Eficiencia operativa

PEF: % preventivos en fecha (Meta ≥ 80 %)

Lead time OT (mediana) reducción ≥ 25 % vs línea base.

% reprogramaciones: reducción ≥ 40 %

% reportes ≤ 24 h: Meta ≥ 95 %.

Trazabilidad técnica

% registros completos (OTs con 100 % campos + fotos + firma): Meta ≥ 95 %.

% checklists completos: Meta ≥ 98 %.

p95 de sincronización reporte-cliente ≤ 15 min

Reducción de correctivos

Recurrencia 30 días: reducción ≥ 35 %.

MTBF: incremento ≥ 20 %.

Ratio Correctivo/Preventivo: reducción ≥ 25 %.

Experiencia del cliente

CSAT post-servicio (1–5): Meta ≥ 4.5 y ≥ 85 % en 4–5.

NPS: +20 puntos vs línea base.

9.3.5 Calidad del dato y protocolos

- Validaciones en captura: campos obligatorios, formatos, evidencia fotográfica mínima y firma digital.
- Auditoría QA (semanal): 10 % de OTs; checklist de integridad/consistencia.
- Gestión de incidentes: tipificar causas (técnico/cliente/sistema) y resolver en ≤ 72 h.

9.3.6 Procedimiento operativo del piloto

1. Plan semanal (lunes): agenda, asignaciones y ventanas de alerta.
2. Ejecución (mar–vie): captura en app, adjuntos, cierre técnico.
3. QA y reporte (≤ 24 h): supervisor valida; se envía reporte al cliente.
4. Tablero de control (viernes): revisión de indicadores y acciones.

5. Seguimiento quincenal: comité del piloto con minutas.

9.3.7 Gestión del cambio y adopción

- Formación: sesión inicial + 2 refuerzos; microcontenidos.
- Soporte: canal único con SLA ≤ 4 h hábil.
- Champions: 1 técnico y 1 supervisor; incentivos por registros completos y PEF.
- Comunicación al cliente: bienvenida al portal, instructivo y encuesta.

9.3.8 Riesgo y mitigación

Riesgo	Impacto	Mitigación
Resistencia al uso de la app	Alto	Capacitación práctica, soporte in situ Sem 1-2, champions y feedback rápido.
Datos incompletos	Alto	Validaciones obligatorias + QA semanal + bloqueo de cierre sin evidencia mínima.
Fallas en notificaciones	Medio	Pruebas de canales, doble canal, reintentos y monitoreo.
Sesgos en la muestra	Medio	Selección balanceada y referencia paralela; control por mezcla de servicios.
Carga operativa extra	Medio	Formularios simples, plantillas y autofill; medir tiempo de diligenciamiento.

Identificación de los Riesgos

La matriz contempla cinco riesgos clave en la implementación de la app:

- Resistencia al uso de la app
- Datos incompletos
- Fallas en notificaciones
- Sesgos en la muestra
- Carga operativa extra

Esto refleja enfoque integral, ya que se consideran riesgos tecnológicos, humanos y operativos

Clasificación por impacto

Alto impacto (Rojo): Resistencia al uso de la app, datos incompletos. Estos son riesgos críticos que podrían comprometer la adopción y calidad del sistema.

Medio impacto (Amarillo): Fallas en notificaciones, sesgos en la muestra, carga operativa extra. Aunque no son tan graves como los anteriores, podrían afectar la eficiencia y la confiabilidad del proyecto si no se gestionan bien.

Estrategias de mitigación

Las acciones propuestas son pertinentes y prácticas, se propone la realización de capacitación, soporte in situ y feedback rápido, que apuntan a la adopción cultural y confianza de los usuarios. Como también la realización de validaciones obligatorias, QA semanal y bloqueos sin evidencia mínima, los cuales aseguran la calidad y completitud de los datos. Realizar de igual modo pruebas de canales, doble canal y reintentos, que minimizan fallos de comunicación. Hacer una selección balanceada y un control de mezcla de servicios, los cuales reduce sesgos en la muestra, y por último implementar formularios simples, plantillas y autofill, que evitan sobrecarga administrativa.

Oportunidades de mejora

Incluir responsables y plazos para cada acción de mitigación, lo que conlleva a una mayor trazabilidad. Agregar probabilidad de ocurrencia además del impacto, para así construir un mapa de calor más completo, y definir indicadores de éxito como por ejemplo el % de usuarios entrenados, % de formularios completos, y tiempo de respuesta de notificaciones).

9.3.9 Cronograma del piloto (12 semanas)

- Sem 1–2: Alistamiento, parametrización y capacitación.
- Sem 3–10: Operación piloto; cortes semanales y quincenales; ajustes incrementales.
- Sem 11–12: Cierre de datos, análisis, informe y plan de escalado.

9.3.10 Criterios de éxito y entregables

Go si simultáneamente: PEF \geq 80 %, Registros completos \geq 95 %, Recurrencia -35 %, CSAT \geq 4.5, Reportes \leq 24 h \geq 95 %, Lead time -25 % y Ratio C/P -25 %.

Entregables: Informe de evaluación, repositorio de evidencias, backlog priorizado y plan de escalado.

9.3.11 Plan de escalamiento (post-piloto)

Fase 1 (3 meses): +2–3 cuadrillas; 20–30 clientes; homologación de checklists.

Fase 2 (6–12 meses): integraciones con inventarios y costos; tableros ejecutivos; contratos por desempeño (SLA).

Desarrollo de la herramienta digital (avance)

Base de datos:

- Tabla de clientes
- Tabla de técnicos
- Programación de mantenimientos
- Mantenimientos por cliente
- Detalle de mantenimientos

CUADRO COMPARATIVO: Situación antes y después de la implementación de HVAC-PLUS

ASPECTO	ANTES DE LA HERRAMIENTA	DESPUÉS DE HVAC - PLUS
Gestión de Información	Registros manuales en papel o Excel, dispersos y desorganizados	Información centralizada, digital y de fácil acceso
Historial de equipos	Incompleto o inexistente	Historial técnico completo y seguimiento
Programación de mantenimiento	Manual, propenso a olvidos o retrasos	Automatizada con alertas y seguimiento
Tipo de mantenimiento	Reactivo (Se actúa cuando ocurre la falla)	Preventivo y con enfoque predictivo
Tiempos de respuesta	Lentos y poco controlados	Más rápidos y organizados
Generación de reportes	Manual, poco estandarizada	Automática, clara y profesional
Control operativo	Limitado, sin trazabilidad	Alto control y seguimiento en tiempo real
Productividad del personal	Baja, con reprocesos y pérdida de tiempo	Mayor eficiencia y optimización del tiempo
Toma de decisiones	Basada en experiencia, sin datos	Basada en datos históricos y

	estructurados	análisis
Relación con el cliente	Comunicación informal y poco estructurada	Comunicación clara, técnica y oportuna
Riesgo de pérdida de información	Alto	Mínimo
Satisfacción del cliente	Variable	Mayor nivel de satisfacción y confianza

El cuadro comparativo evidencia una mejora significativa en los procesos de gestión del mantenimiento tras la implementación de la herramienta HVAC-PLUS. Se observa una transición de un modelo manual y reactivo hacia un sistema digital, estructurado y orientado a la prevención y predicción de fallas. Esta transformación impacta directamente la eficiencia operativa, la calidad del servicio y la toma de decisiones, consolidando la herramienta como un elemento clave en la modernización de la gestión del mantenimiento.

11. COMPONENTE ETICA.

El desarrollo del proyecto “Diseño de una herramienta digital para la optimización del mantenimiento de sistemas de aire acondicionado mediante gestión predictiva, reporte técnico oportuno y comunicación efectiva con el cliente” se realizará bajo principios éticos que garanticen el respeto por las personas, la protección de la información, el cumplimiento de los derechos de autor y la responsabilidad ambiental, de conformidad con la normatividad colombiana vigente.

1. Medidas de protección de la integridad de los participantes

La investigación contempla la participación de técnicos, clientes y representantes empresariales mediante entrevistas y encuestas. Para proteger su integridad, la participación será voluntaria y se solicitará consentimiento informado previo a la recolección de información. Los participantes podrán retirarse del estudio en cualquier momento sin consecuencia alguna. No se realizarán procedimientos que representen riesgos físicos, psicológicos, laborales o sociales para los involucrados. Asimismo, se garantizará el respeto por la dignidad humana, la autonomía y la confidencialidad de las opiniones suministradas, conforme a los principios establecidos en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia para investigaciones de riesgo mínimo.

2. Medidas de protección de la información generada en la investigación

Toda la información recopilada será utilizada exclusivamente con fines académicos e investigativos. Los datos personales serán tratados conforme a la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 sobre protección de datos personales. La información será almacenada en medios digitales seguros con acceso restringido a los investigadores, evitando la divulgación de datos sensibles o que permitan identificar a los participantes. Los resultados serán presentados de manera agregada y anonimizada para garantizar la privacidad y confidencialidad de las personas y organizaciones involucradas.

3. Medidas de protección de propiedad intelectual y derechos de autor

El proyecto respetará los derechos de propiedad intelectual de terceros mediante la adecuada citación y referenciación de todas las fuentes consultadas, siguiendo las normas APA vigentes. Se dará cumplimiento a lo establecido en la Ley 23 de 1982, la Decisión Andina 351 de 1993 y demás disposiciones colombianas relacionadas con derechos de autor. Los desarrollos, documentos, diseños, bases de datos y demás productos generados durante la investigación serán reconocidos conforme a la autoría correspondiente, evitando cualquier práctica de plagio o uso indebido de información protegida.

4. Medidas de protección del medio ambiente

Aunque el proyecto corresponde al diseño e implementación de una herramienta digital y no genera impactos ambientales significativos, se promoverán prácticas responsables orientadas a la sostenibilidad. La digitalización de registros técnicos y reportes reducirá el consumo de papel y otros insumos físicos. Adicionalmente, la herramienta contribuirá al mantenimiento eficiente de sistemas HVAC, favoreciendo la disminución del consumo energético y la reducción de emisiones asociadas al funcionamiento ineficiente de los equipos. Estas acciones se encuentran alineadas con los principios de desarrollo sostenible establecidos en la Ley 99 de 1993 y con las políticas ambientales colombianas orientadas al uso eficiente de los recursos y la mitigación de impactos ambientales.

12. CONCLUSIONES

1. El diagnóstico realizado permitió identificar que las principales falencias en los procesos de mantenimiento de sistemas de aire acondicionado se relacionan con la falta de estandarización de los registros técnicos, el seguimiento insuficiente de las rutinas preventivas y las deficiencias en la comunicación con los clientes. Estas situaciones generan retrasos operativos, reprocesos y dificultades para la toma de decisiones basada en información confiable.
2. El diseño de la herramienta digital HVAC-PLUS constituye una solución integral para abordar las problemáticas detectadas, al incorporar funcionalidades de registro digital de mantenimientos, alertas predictivas de fallas, comunicación automatizada e historial técnico centralizado. Estas características permiten mejorar la trazabilidad de la información, optimizar los tiempos de respuesta y fortalecer el control operativo de las actividades de mantenimiento.
3. La implementación y validación de la herramienta en un entorno controlado evidencian el potencial de la transformación digital para incrementar la eficiencia operativa, reducir la recurrencia de fallas correctivas y mejorar la experiencia del cliente. Asimismo, la automatización de procesos contribuye a disminuir errores humanos y facilita el seguimiento de indicadores de desempeño en tiempo real.
4. La adopción de tecnologías asociadas a la gestión predictiva, el análisis de datos y la digitalización de procesos posiciona a las empresas del sector HVAC en un escenario de mayor competitividad y sostenibilidad. Además de optimizar los recursos operativos, la solución propuesta establece una base tecnológica que permitirá futuras integraciones con inteligencia artificial, Internet de las Cosas (IoT) y modelos avanzados de mantenimiento inteligente.

Referencias

- afetyCulture Content Team. (28 de Abril de 2026). *Análisis de riesgos: Una guía completa*. Obtenido de afety Culture : <https://safetyculture.com/es/temas/analisis-de-riesgos>
- Aghili, S. A. (2025). *Artificial intelligence approaches to energy management in HVAC systems: A systematic review*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/buildings15071008>
- AireAcondicionado. (18 de Febrero de 2026). *Digitalización de instalaciones de climatización: claves, ejemplos y futuro*. Obtenido de AireAcondicionado: <https://tuaireacondicionado.net/digitalizacion-de-instalaciones-de-climatizacion-claves-ejemplos-y-futuro/>
- ARÉVALO, J. A. (19 de Febrero de 2020). *VOSviewer es una herramienta gratuita de software para construir y visualizar redes bibliométricas*. Obtenido de ANABAD Federación : <https://www.anabad.org/vosviewer-es-una-herramienta-gratuita-de-software-para-construir-y-visualizar-redes-bibliometricas/>
- Aspectos relevantes sobre la Matriz de Identificación de Riesgos y Evaluación de Peligros*. (22 de Agosto de 2025). Obtenido de Álvarez Liévano Laserna: <https://allabogados.com/noticias/matriz-de-riesgos-y-peligros/>
- BALDERA, H. P. (23 de 06 de 2022). *Gestión de Equipos de Climatización*. Obtenido de Aplicación del aprendizaje profundo en la gestión y el mantenimiento de instalaciones de calefacción, ventilación y aire acondicionado: <https://es.scribd.com/document/663636578/Gestion-de-Equipos-de-Climatizacion>
- Calendario Mantenimiento Preventivo: Guía Completa 2024*. (19 de Octubre de 2025). Obtenido de Itcons app: <https://itcons.app/calendario-mantenimiento-preventivo-guia>
- Colombia, M. d. (1993). *Resolución 8430 de 1993. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/InicioV2.aspx>
- Duran, J. I. (2024). *La Nueva Versión 2024 de la Norma ISO 55000: Innovaciones y Mejoras*. Obtenido de CIDES corpotraining: <https://cides.com/la-nueva-version-2024-de-la-norma-iso-55000-innovaciones-y-mejoras/>
- Editorial Team. (15 de 02 de 2024). *Sistema de aire acondicionado; funcionamiento y diseño*. Obtenido de biblus.accasoftware: <https://biblus.accasoftware.com/es/sistema-de-aire-acondicionado/>
- Eficiencia y eficacia operativa Eficiencia operativa en la era digital una guía para empresas*. (13 de Mayo de 2026). Obtenido de Faster Capital: <https://fastercapital.com/es/contenido/Eficiencia-y-eficacia-operativa--Eficiencia-operativa-en-la-era-digital--una-guia-para-empresas.html>
- Franco Carvajal, M. G. (12 de junio de 2024). *Eficiencia Energética en la Transición*. División de Recursos Naturales . Obtenido de https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/estudio_eficiencia_energetica_alc_cepal.pdf
- Garay, C. C. (6 de 09 de 2022). *Que son las smart cities y cuáles son los grandes retos que enfrentan*. Obtenido de National Geographic: <https://www.nationalgeographic.com/medio-ambiente/2022/08/que-son-las-smart-cities-y-cuales-son-los-grandes-retos-que-enfrentan>
- García, P. (29 de 01 de 2025). *Uso de la tecnología y últimas innovaciones en el sector energético*. Obtenido de Numdea: <https://numdea.com/uso-de-la-tecnologia-y-ultimas-innovaciones-en-el-sector-energetico.html>
- Giselle Ricur, A. R. (28 de enero de 2026). *Digital Business: Nuevos modelos, recursos y aplicaciones*. Obtenido de ADEN: <https://www.aden.org/business-magazine/transformacion-digital-nuevos-modelos-recursos-y-aplicaciones/>
- Granda, C. (8 de 06 de 2023). *La sinergia entre arquitectura sostenible, eficiencia energética y materiales sustentables*. Obtenido de Leafatam: <https://leafatam.com/la-sinergia-entre-arquitectura-sostenible-eficiencia-energetica-y-materiales-sustentables/>
- Guio, L. (28 de 12 de 2024). *El balance de la OMS sobre el Covid-19 cinco años después del primer caso: 7 millones de muertes*. Obtenido de Medicina y salud pública: <https://medicinaysaludpublica.com/noticias/salud-publica/el-balance-de-la-oms-sobre-el-covid-19-cinco-anos-despues-del-primer-caso-7-millones-de-muertos/25681>
- Iberdrola, S.A. (2025). Obtenido de Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestro-modelo-innovacion/mantenimiento-predictivo>
- Impacto de la transformación digital en la experiencia del cliente y servicios empresariales*. (2025). Obtenido de Ibbnrd.org: <https://lbbnrd.org/impacto-de-la-transformacion-digital-en-la-experiencia-del-cliente-y-servicios-empresariales/>
- Inteligencia artificial, automatización, personalización y omnicanalidad: Tendencias clave en la comunicación de*

- empresas y marcas con sus clientes en el 2025*. (21 de Noviembre de 2024). Obtenido de Puro Marketing: <https://www.puromarketing.com/88/214706/inteligencia-artificial-automatizacion-personalizacion-omnicanalidad-tendencias-clave-comunicacion-empresas-marcas-clientes-2025>
- Isaac. (2 de julio de 2025). *La nube inteligente con IA: presente y futuro de la transformación digital*. Obtenido de Nucleo Visual: <https://nucleovisual.com/la-nube-inteligente-con-ia-presente-y-futuro-de-la-transformacion-digital/>
- López, P. (28 de 09 de 2023). *La resiliencia energética; Cómo prepararse para lo inesperado*. Obtenido de Cuerva energia: <https://cuervaenergia.com/es/comunidad/nuevos-roles-de-la-energia/resiliencia-energetica-como-prepararse-para-lo-inesperado/>
- Maulén, C. (20 de Noviembre de 2025). *La Desconexión con la Experiencia del Cliente: 4 Enfoques para Crear Valor y Sostenibilidad*. Obtenido de Customer Trigger: <https://customertrigger.com/2025/11/20/la-desconexion-con-la-experiencia-del-cliente-4-enfoques-para-crear-valor-y-sostenibilidad/>
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (26 de enero de 2022). Obtenido de Sector de Refrigeración y Acondicionamiento de Aire: <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/sector-de-refrigeracion-y-acondicionamiento-de-aire>
- Montes, J. c. (3 de Julio de 2024). *Revolución del Mantenimiento Predictivo en Empresas Colombianas*. Obtenido de Vsnews Iberoamerica: <https://vsnewsiberoamerica.com/revolucion-del-mantenimiento-predictivo-en-empresas-colombianas/>
- Muñoz, A. (12 de 07 de 2021). Obtenido de Transformación Digital en La Gestión Del Mantenimiento : <https://es.scribd.com/document/729420202/Transformacion-digital-en-la-Gestion-del-Mantenimiento-Revista-IMG>
- National Geographic. (19 de 05 de 2023). *La OMS alerta sobre el impacto de la contaminación atmosférica en la salud*. Obtenido de National Geographic: <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2023/05/la-oms-alerta-sobre-el-impacto-de-la-contaminacion-atmosferica-en-la-salud>
- Ninoka. (24 de 04 de 2018). *Essays club español*. Obtenido de ANÁLISIS FODA DE LA EMPRESA SERVICIOS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO S.A. DE C.V. ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DEL MANTENIMIENTO: <https://es.essays.club/Ciencias-humanas/Negocios/AN%C3%81LISIS-FODA-DE-LA-EMPRESA-SERVICIOS-DE-REFRIGERACI%C3%93N-100734.html>
- Ortiz, M. (5 de junio de 2025). *Computación en la nube: avances y beneficios para las empresas*. Obtenido de Next Work 360: <https://www.gerencia.cl/cloud-computing/computacion-en-la-nube-avances-y-beneficios-para-las-empresas/>
- Pinilla, E. (26 de 07 de 2020). *Como afecta el aire acondicionado en la salud; 10 efectos negativos y peligrosos*. Obtenido de OVACEN: <https://ovacen.com/aire-acondicionado-salud/>
- Plan de fortalecimiento académico y pedagógico*. (12 de Febrero de 2022). Obtenido de Colombia Aprende: La implementación disciplinada con metas claras, seguimiento semanal y aprendizaje iterativo debería reducir tiempos y costos, mejorar la satisfacción del cliente y habilitar un escalamiento sostenible de la solución, protegiendo la base instalada frente
- Prensa Axyt. (25 de Junio de 2024). *Mantenimiento predictivo: una revolución para la industria*. Obtenido de dpl news: <https://dplnews.com/colombia-mantenimiento-predictivo-una-revolucion-para-la-industria/>
- Quintero, B. M. (16 de junio de 2023). *Construyamos juntos COMUNIDADES SOSTENIBLES*. Obtenido de aire acondicionado y paneles solares: Eficiencia y ahorro en Colombia: <https://www.energiasolarsurya.com/plantas-de-energia-solar/aire-acondicionado-y-paneles-solares-eficiencia-y-ahorro-en-colombia>
- Ramirez, M. (16 de Mayo de 2026). *Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) qué es y cómo hacerlo con ejemplos, Guía Eficaz 2026*. Obtenido de Todo Proyectos: <https://todoproyectos1.com/2026/05/16/analisis-foda-ejemplo/>
- Revista Mundo HVAC&R. (9 de noviembre de 2024). *El futuro del HVAC: Cómo el IoT y la digitalización impulsan la eficiencia energética*. Obtenido de MundoHVAC&R: <https://www.mundohvacr.com/2024/11/el-futuro-del-hvac-como-el-iot-y-la-digitalizacion-impulsan-la-eficiencia-energetica/>
- Revista Mundo HVAC&R. (11 de mayo de 2024). *Mundo hvacr*. Obtenido de Beneficios del mantenimiento preventivo en sistemas de aire acondicionado: <https://www.mundohvacr.com/2024/05/beneficios-del-mantenimiento-preventivo-en-sistemas-de-aire-acondicionado/>
- ricardo, R. (22 de Mayo de 2024). *Escala Likert: definición, ejemplos y análisis*. Obtenido de Estudiando:

- <https://estudyando.com/escala-likert-definicion-ejemplos-y-analisis/>
- Ricardo, R. (4 de junio de 2025). *Integración de la IA en el internet de las cosas (IoT)*. Obtenido de Studyando, siempre se puede ser mejor: <https://estudyando.com/integracion-de-la-ia-en-el-internet-de-las-cosas-iot/>
- Ricardo, R. (25 de Diciembre de 2025). *Investigación Mixta: Definición, tipos, características y ejemplos*. Obtenido de Estudyando, siempre se puede ser mejor: <https://estudyando.com/investigacion-mixta-definicion-tipos-caracteristicas-y-ejemplos/>
- Rodriguez, A. (11 de junio de 2026). *¿Qué es la gestión de proyectos? Definición, fases y habilidades*. Obtenido de Instagantt: <https://www.instagantt.com/es/guides/what-is-project-management>
- Rodríguez, F. (27 de octubre de 2017). *Portafolio*. Obtenido de Experiencia de cliente y transformación digital: <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/experiencia-de-cliente-y-transformacion-digital-511083>
- Salvatierra, K. B. (20 de junio de 2025). *Transformación digital de las PYMES en América Latina: barreras, oportunidades y estrategias para la competitividad: Digital Transformation of SMEs in Latin America: Barriers, Opportunities, and Strategies for Competitiveness*. Obtenido de researchgate: https://www.researchgate.net/publication/392883337_Transformacion_digital_de_las_PYMES_en_America_Latina_barreras_oportunidades_y_estrategias_para_la_competitividad_Digital_Transformation_of_SMEs_in_Latin_America_Barriers_Opportunities_and_Strategies
- Santos, C. (8 de Mayo de 2025). *Impacto de la digitalización en la reducción de costos operativos*. Obtenido de Transformación Digital: <https://aefp.org.es/impacto-de-la-digitalizacion-en-la-reduccion-de-costos-operativos/>
- Santos, C. (27 de Abril de 2025). *Registro electrónico y reducción del riesgo de pérdida de información*. Obtenido de Transformación Digital: <https://aefp.org.es/registro-electronico-y-reduccion-del-riesgo-de-perdida-de-informacion/>
- Sarmiento, F. P. (11 de 05 de 2021). *Transformación digital en la gestión del mantenimiento, antecedente y soporte para el mantenimiento 4.0*. Obtenido de Revistaimg: <https://www.revistaimg.com/transformacion-digital-en-la-gestion-del-mantenimiento-antecedente-y-soporte-para-el-mantenimiento-4-0/>
- SCI. (04 de noviembre de 2024). Obtenido de Instalación y mantenimiento de climatización : <https://www.gruposoci.com/post/la-inteligencia-artificial-en-la-climatizaci%C3%B3n>
- Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento (CMMS)*. (Diciembre de 2025). Obtenido de Systems The Traceability Company: <https://sgssystemsglobal.com/es/gu%C3%ADas/sistema-informatizado-de-gesti%C3%B3n-de-mantenimiento-cmms/>
- Suarez, P. (21 de Octubre de 2024). *Estrategias para la gestión del cambio en las organizaciones*. Obtenido de Revista Recursos Humanos : <https://revistarecursoshumanos.com/2024/10/21/cambio-organizacional/>
- Tristancho, C. (18 de Noviembre de 2025). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK)*. Obtenido de ProjectManager : <https://www.projectmanager.com/es/guia-de-los-fundamentos-para-la-direccion-de-proyectos-pmbok>
- Un aspecto cada vez más relevante en la literatura especializada es la transición hacia sistemas de climatización inteligentes que integran sensores avanzados capaces de medir variables críticas como la temperatura, la humedad relativa, las vibraciones me.* (29 de enero de 2026). Obtenido de Ingeniería Urbana: <https://ingenieriaurbana.es/2026/01/climatizacion-inteligente-tendencias-mercado-hvac-2026/>

