

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SISTEMAS HVAC PARA  
REDUCIR LOS TIEMPOS DE EJECUCIÓN DEL SERVICIO  
EN LA RED DE AGENCIAS DE CAJAS MUNICIPALES EN  
LIMA”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Lorgio Santos Rico

Asesor:

Ing. Mg. Fernando Páez Espinal

Lima - Perú

2022



## DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a mi familia por su apoyo constante e incondicional para terminar este proceso formativo.

A Dios por permitirme un día más de vida, por darme salud, bienestar y seguir avanzando en cada ciclo de mi vida.

## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Universidad Privada del Norte, por haber permitido ser parte de su claustro y a la vez desarrollarme profesionalmente.

Mi agradecimiento a los profesores de las diferentes materias por haberme guiado, inculcado y compartido sus conocimientos durante todo este proceso de aprendizaje.

Mi agradecimiento especial a mi familia por ser mi soporte constante para poder hacer realidad mi sueño de ser un profesional.

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN .....	10
ABSTRACT.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. Descripción de la empresa y el servicio.....	12
1.1.1. Sobre la empresa.....	12
1.1.2. Sobre el mantenimiento preventivo del sistema HVAC .....	13
1.2. Realidad problemática .....	16
1.3. Formulación del problema .....	18
1.3.1. Problema general .....	18
1.3.2. Problemas específicos.....	18
1.4. Objetivos.....	19
1.4.1. Objetivo general.....	19
1.4.2. Objetivos específicos .....	19
1.5. Hipótesis .....	19
1.5.1. Hipótesis general.....	19
1.5.2. Hipótesis específicas .....	20
1.6. Antecedentes.....	20

1.6.1.	Antecedentes internacionales .....	20
1.6.2.	Antecedentes nacionales .....	22
1.6.3.	Antecedentes locales .....	24
1.7.	Teorías relacionadas al tema .....	26
1.7.1.	Mejoramiento del proceso.....	27
1.7.2.	Mantenimiento preventivo .....	29
1.7.3.	Tiempo de ejecución del servicio .....	31
1.7.4.	Sistemas HVAC .....	32
1.8.	Justificación de la investigación .....	35
1.9.	Delimitación.....	36
1.10.	Limitaciones.....	36
CAPÍTULO II. MÉTODO .....		37
2.1.	Tipo de investigación.....	37
2.2.	Población y muestra.....	38
2.2.1.	Población.....	38
2.2.2.	Muestra .....	39
2.3.	Técnicas e instrumentos de investigación.....	39
2.4.	Procedimiento de recolección, tratamiento y análisis de datos.....	41
2.4.1.	Análisis de causas .....	42
2.4.2.	Establecimiento de un procedimiento estandarizado del servicio de mantenimiento de sistemas HVAC.....	59
2.4.3.	Elaboración de Formatos de Control .....	61
2.5.	Aspectos éticos.....	69

CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	70
3.1. Reducción del tiempo del Proceso de Mantenimiento Preventivo de los sistemas HVAC 70	
3.1.1. Sistemas HVAC 12,000 BTU/H y 18,000 BTU/H .....	76
3.1.2. Sistemas HVAC 24,000 BTU/H .....	78
3.1.3. Sistemas HVAC 36,000 BTU/H .....	80
3.1.4. Sistemas HVAC 48,000 BTU/H y 60,000 BTU/H .....	82
3.2. Análisis económico .....	84
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	89
4.1. Limitaciones de la investigación.....	89
4.2. Interpretación comparativa .....	89
4.3. Implicancias de la investigación .....	92
4.4. Conclusiones .....	93
RECOMENDACIONES .....	95
REFERENCIAS.....	96
ANEXOS .....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Componentes del tiempo de servicio .....	32
Tabla 2 Población .....	39
Tabla 3 Objetivos por alcanzar con la recolección de datos .....	40
Tabla 4 Procedimientos.....	42
Tabla 5 Tiempo promedio del Proceso de mantenimiento Inicial por Equipo .....	45
Tabla 6 Tabla de Pareto .....	54
Tabla 7 Inventariado de equipos de protección .....	57
Tabla 8 Inventario de Implementos, Herramientas y Materiales .....	59
Tabla 9 Sistematización de la propuesta: Proceso Estandarizado de Mantenimiento .....	60
Tabla 10 Comparación de tiempos del Proceso de Mantenimiento Inicial-Final.....	71
Tabla 11 Resumen de actividades del DAP actual vs propuesto .....	73
Tabla 12 Comparación Actividades del Proceso de Mantenimiento Inicial-Final .....	74
Tabla 13 Presupuesto Plan de capacitación .....	84
Tabla 14 Costos por el servicio de Mantenimiento .....	84
Tabla 15 Análisis de costo de días ahorrados .....	86
Tabla 16 Análisis económico.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de AIRTEMPERU SAC .....	13
Figura 2 Cronograma de Mantenimiento de los equipos HVAC.....	14
Figura 3 Cantidad de servicios de mantenimiento de los sistemas HVAC prestados, año 2019 .....	17
Figura 4 Pasos para analizar el proceso .....	28
Figura 5 Sistema HVAC. ....	33
Figura 6 Componentes del sistema HVAC.....	34
Figura 7 Cronograma de recolección de datos.....	41
Figura 8 Principales actividades de Mantenimiento .....	44
Figura 9 DAP – Sistemas HVAC 12,000 y 18,000 BTU/H.....	46
Figura 10 DAP – Sistema HVAC 24,000 BTU/H .....	47
Figura 11 DAP – Sistema HVAC 36,000 BTU/H.....	48
Figura 11 DAP – Sistemas HVAC 48,000 y 60,000 BTU/H.....	49
Figura 13 Diagrama de Ishikawa .....	51
Figura 14 Matriz de Vester .....	53
Figura 15 Diagrama de Pareto .....	55
Figura 16 Flujoograma del Proceso de Requerimiento de Materiales.....	63
Figura 17 Formato de requerimiento .....	64
Figura 18 Formato de Estado de Equipo.....	66
Figura 19 Reducción del tiempo de Proceso de Mantenimiento de cada sistema HVAC .....	72
Figura 20 Reducción del tiempo Sistema HVAC 12,000 BTU/H y 18,000 BTU/H .....	76
Figura 21 DAP propuesto – Sistema HVAC 12,000 BTU/H y 18,000 BTU/H .....	77

Figura 22 Reducción del tiempo en Sistema HVAC 24,000 BTU/H .....	78
Figura 23 DAP propuesto – Sistema HVAC 24,000 BTU/H .....	79
Figura 24 Reducción del tiempo en Sistema HVAC 36,000 BTU/H .....	80
Figura 25 DAP propuesto – Sistema HVAC 36,000 BTU/H .....	81
Figura 26 Reducción del tiempo en Sistema HVAC 48,000 y 60,000 BTU .....	82
Figura 27 DAP propuesto – Sistema HVAC 48,000 BTU/H y 60,000 BTU/H .....	83

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en la elaboración y aplicación de mejoras para reducir los tiempos de ejecución del servicio de mantenimiento preventivo en sistemas HVAC en la red de Agencias de Cajas Municipales ubicadas en Lima. Se identificó las siguientes causas raíces que ocasionaron demoras e incertidumbre en el proceso de mantenimiento: no contar con un procedimiento estándar, el desconocimiento del modo de proceder en el mantenimiento, y la falta de preparación previa de equipos y materiales. Por ello, se implementó la propuesta de un procedimiento de servicio de mantenimiento preventivo estandarizado apoyado de un plan de capacitación, así como la propuesta de formatos de control (Requerimiento de materiales y Estado del Equipo), que lograron una reducción del tiempo de mantenimiento de los sistemas HVAC de 4 días de trabajo. Evaluando económicamente la propuesta se obtuvo que, con la inversión de S/. 2,303.20, se registró una ganancia total para la empresa desde la tercera y cuarta frecuencia de mantenimiento de S/ 4,018.00, resultando un valor de la TIR de 25%, es decir las mejoras realizadas devuelven la inversión y además una ganancia. Por último, se puede concluir que las propuestas si reducen las demoras en los tiempos de ejecución.

**Palabras clave:** Sistema HVAC, tiempo de mantenimiento, propuesta de mejora

## ABSTRACT

The present research work consists of the elaboration and application of improvements to reduce the execution time of preventive maintenance services in HVAC systems in the network of Cajas Municipales Agencies located in Lima. The following root causes that caused delays and uncertainty in the maintenance process were identified: not having a standard procedure, lack of knowledge of how to proceed in maintenance, and lack of prior preparation of equipment and materials. Therefore, the proposal of a standardized preventive maintenance service procedure was implemented, supported by a training plan, as well as the proposal of control forms (Material Requirement and Equipment Status), which achieved a reduction in maintenance time of HVAC systems of 4 working days. An economic evaluation of the proposal showed that, with an investment of S/. 2,303.20, the company made a profit of S/. 4,606 from the third and fourth maintenance frequency, resulting in an IRR value of 32%, that is, the improvements made return the investment and also a profit. Finally, it can be concluded that the proposals do reduce delays in execution times.

**Keywords:** HVAC system, Maintenance time, Proposal for improvement

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Descripción de la empresa y el servicio

#### 1.1.1. Sobre la empresa

AIRTEMPERU, nace el 10 de septiembre de 2013 como una empresa de ingeniería para la climatización, dedicándose al desarrollo de proyectos, venta, instalación, mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas y equipos de aire acondicionado y refrigeración en el sector comercial e industrial.

Su principal actividad es la prestación de servicios de mantenimiento preventivo y correctivo, además desarrolla proyectos de instalación de pequeña y alta complejidad. Presta servicios al sector residencial, comercial, hospitalario e industrial. Sigue los más altos estándares de calidad, tales como: aplicación de guías de mantenimiento; atención inmediata de emergencias; resolución de problemas mediante diagnósticos predictivos; levantamiento de observaciones, garantías y registro fotográfico de los equipos y sistemas. Cuenta con un amplio stock de insumos y partes de refrigeración, así como con equipos disponibles en el mercado en las marcas confiables y representativas en el mercado nacional.

**Misión:** Somos una empresa que ofrece productos y servicios de calidad y garantía en sistemas de aire acondicionado y refrigeración en diversos sectores del mercado nacional, haciendo que nuestros clientes se sientan satisfechos y disfruten del confort en sus instalaciones.

**Visión:** AIRTEMPERU busca ser una empresa líder a nivel nacional brindando servicios de calidad y garantía en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, con el respaldo del equipo humano de profesionales que conforman nuestra organización.

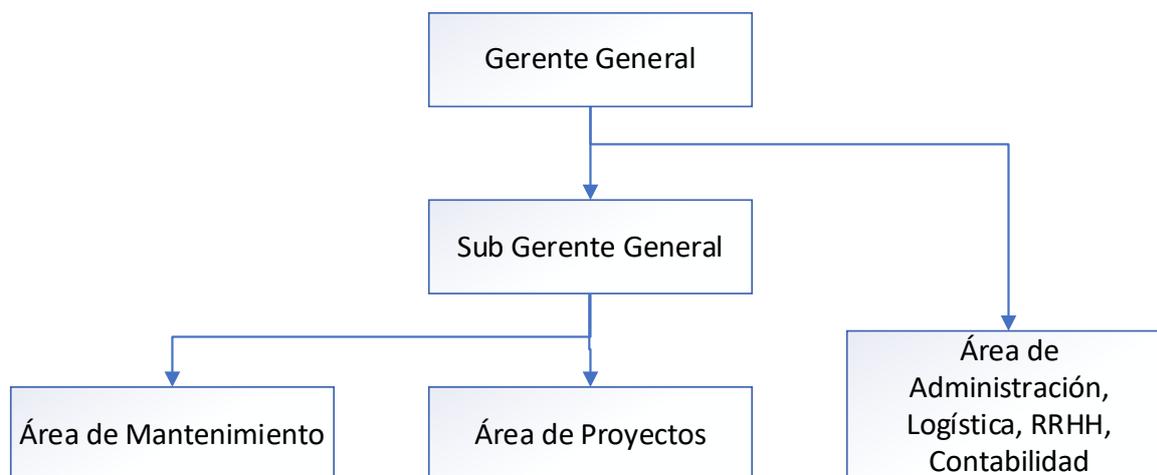
Los **valores** que sigue la empresa son:

- Respeto.
- Honestidad.
- Lealtad.
- Compromiso.

La empresa, en base a su **estructura organizativa** consta de un Gerente General, un Sub-Gerente y tres áreas: Mantenimiento, Proyectos y las oficinas que conforman el área de Administración.

### Figura 1

*Organigrama de AIRTEMPERU SAC*



#### 1.1.2. Sobre el mantenimiento preventivo del sistema HVAC

Es la principal actividad a la que se dedica la empresa, la cual consiste en revisiones de manera regular con el fin de asegurar que cada equipo que conforma el sistema sea optimizado, y atender de manera anticipada alguna deficiencia que ponga en riesgo el normal funcionamiento del sistema en general.

La empresa, al momento del estudio, cuenta con 112 equipos bajo su atención, los cuales están distribuidos en 22 agencias municipales de Lima, con una frecuencia de mantenimiento de cada equipo de manera trimestral. La programación del mantenimiento para el cumplimiento de revisión de todos los equipos de los clientes se realiza de manera anticipada considerando la última fecha de revisión, en la figura 2 se muestra el inicio del plan de mantenimiento para el mes de enero.

**Figura 2**

*Cronograma de Mantenimiento de los equipos HVAC*

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS HVAC - RED DE AGENCIAS MUNICIPALES DE LIMA			ADM. CONTRAT	LORGIO SANTOS																																		
			SOLICITANTE	RED DE AGENCIAS MUNICIPALES																																		
			Nº PR																																			
			VISITA TÉCNICA																																			
<b>AIRTEMPERU</b>			SERVICIO DE MANTENIMIENTO	EMISION	27/12/2020																																	
			ACTUALIZACION	27/12/2020																																		
ALCANCE DEL SERVICIO / SCOPE OF WORK			CRONOGRAMA - DIAS																																			
			Ene-21																																			
DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO A REQUERIR	TOTAL DE EQUIPOS HVAC																																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
		Y	S	D	L	M	M	J	J	V	S	D	L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D					
1	RED DE AGENCIA BARRANCA	11 EQUIPOS																																				
2	RED DE AGENCIA PARAMONGA	5 EQUIPOS																																				
3	RED DE AGENCIA SUPE	5 EQUIPOS																																				
4	RED DE AGENCIA HUARA	5 EQUIPOS																																				
5	RED DE AGENCIA HUACHO 01	4 EQUIPOS																																				
6	RED DE AGENCIA HUACHO 02	6 EQUIPOS																																				
7	RED DE AGENCIA HUARAL	3 EQUIPOS																																				
8	RED DE AGENCIA CHANCAY	4 EQUIPOS																																				
9	RED DE AGENCIA VENTANILLA	3 EQUIPOS																																				
10	RED DE AGENCIA PUNTE PIEDRA	5 EQUIPOS																																				
11	RED DE AGENCIA COMAS	4 EQUIPOS																																				
12	RED DE AGENCIA LOS OLIVOS	6 EQUIPOS																																				
13	RED DE AGENCIA JESUS MARIA	4 EQUIPOS																																				
14	RED DE AGENCIA LA VICTORIA	4 EQUIPOS																																				
15	RED DE AGENCIA SAN BORJA	4 EQUIPOS																																				
16	RED DE AGENCIA CHIMU SAN JUAN DE LURIGANCHO	4 EQUIPOS																																				
17	RED DE AGENCIA MONTENEGRO SAN JUAN DE LURIGANCHO	4 EQUIPOS																																				
18	RED DE AGENCIA CANTO GRANDE SAN JUAN DE LURIGANCHO	8 EQUIPOS																																				
19	RED DE AGENCIA ATE	12 EQUIPOS																																				
20	RED DE AGENCIA CERCADO DE LIMA	3 EQUIPOS																																				
21	RED DE AGENCIA CHINCHA	3 EQUIPOS																																				
22	RED DE AGENCIA IMPERIAL	3 EQUIPOS																																				

Para el servicio de mantenimiento, se considera lo siguiente:

### **Términos del servicio**

- El Usuario del servicio debe indicar las actividades principales necesarias para la correcta ejecución del Servicio.
- El Postor del servicio siempre debe considerar las actividades: Movilización, Desmovilización, para los trabajos en obra.
- El Usuario del servicio debe garantizar todas las facilidades para la ejecución de todas las tareas establecidas.
- El Postor del servicio debe realizar los trabajos preliminares como, modulación de andamios, cubiertas con mantas o plástico para proteger mobiliario.
- El Usuario del servicio debe brindar los permisos de accesos a oficinas, así como coordinar todas las actividades a realizar
- El Postor debe indicar los días necesarios para terminar cada actividad, las cuales pueden ser traslapadas. Se consideran días hábiles (L -S). No considera días con las celdas resaltadas con gris.
- El Postor en base a este detalle determinará el Plazo de Ejecución del Servicio.
- El Postor adicionará costo de días en STANBY de horas hombre en caso no se den las facilidades para la ejecución de las tareas.
- El Postor no considera días para algunas tareas adicionales, como mantenimiento correctivo Y/O cambio de equipos.
- El Postor indicará los Puestos de Trabajo que utilizará para ejecutar correctamente el servicio, de acuerdo a su experiencia.
- El Postor suministrará todos los Equipos/Herramientas necesarios que se utilizarán para la correcta ejecución del servicio.

## 1.2. Realidad problemática

El mantenimiento es necesario para cualquier activo que interviene directa o indirectamente en el proceso de manufactura para cualquier empresa porque tarde o temprano se requerirá reparar una avería o, si se es proactivo, prevenir una falla. Sin embargo, este proceso es complejo cuando el poseedor del activo se siente ajeno a su sistema, mecanismo o funcionalidad; situación que lo impulsa a costear un servicio de mantenimiento provisto por una empresa especializada.

A nivel mundial, la industria de servicios de mantenimiento se encuentra en cambio y progreso constante por su gran incidencia en el proceso de producción y el logro de objetivos comerciales (Karki y Porras, 2021). En algunas ocasiones, este servicio no es parte del llamado servicio post venta, sino que es percibido como un proceso inherente al producto o sistema (Iung y Levrat, 2014); es en este momento en que las empresas proveedoras tratan de mejorar la actuación del equipo analizado.

En el territorio peruano, existen diversas empresas que ofrecen servicios de mantenimiento. Acorde a Javier Ramos, gerente de mantenimiento de Eulen Perú, esta industria negocia anualmente hasta 250 millones de soles; esto incluye a las pequeñas empresas que brindan servicios de electricidad o gasfitería y las grandes empresas que se dedican al mantenimiento de sistemas de ventilación, plantas industriales, entre otros (El Economista América, 2021).

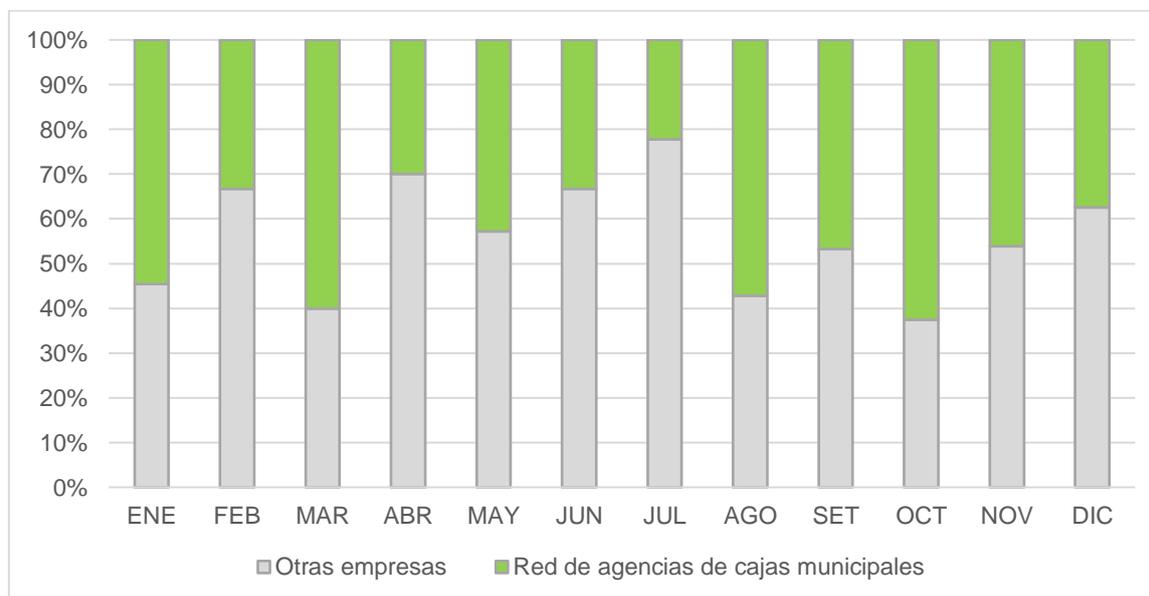
En el contexto local, Lima concentra gran parte de los negocios dedicados a los servicios de mantenimiento registrados en el Perú. Dichas organizaciones amplían su actividad comercial a la instalación de equipos de energía, aire acondicionado, ventiladores, refrigeradoras, etc. El INEI las clasifica dentro del sector de servicios prestados a otras

empresas que, acorde al boletín de diciembre del 2019, creció un 3.87% en relación con el mes del año anterior (INEI, 2020), lo cual revela un crecimiento y aceptación del público.

AIRTEMPERU SAC es una organización que tiene por actividad económica el desarrollo de proyectos, instalaciones, mantenimiento, asesorías y venta de sistemas de aire acondicionado, calefacción y refrigeración. Ante su crecimiento, esta empresa se encuentra obligada a controlar los servicios de mantenimiento preventivo que provee a los sistemas HVAC instalados en la red de cajas municipales de Lima para evitar fallas en los sistemas HVAC. En el siguiente gráfico se observa la cantidad de servicios de mantenimiento de los sistemas HVAC que AIRTEMPERU SAC ha prestado a sus clientes:

**Figura 3**

*Cantidad de servicios de mantenimiento de los sistemas HVAC prestados, año 2019*



*Nota.* Elaboración propia con base en la información de AIRTEMPERU SAC.

Acorde a la figura 3, los servicios prestados a la red de agencias representaron más del 50% del total, lo que quiere decir que los sistemas HVAC son críticos para los establecimientos de la red cajas municipales de Lima; no solamente porque suministran un ambiente fresco, sino que también hay sistemas instalados en ambientes críticos, como los data center que se

encargan de prevenir el calentamiento y mantener una temperatura confort estándar. Si AIRTEMPERU SAC realiza un servicio deficiente en un tiempo prolongado no solamente afectará la disponibilidad de los equipos, sino que perjudica la imagen de AIRTEMPERU SAC frente a sus clientes.

Teniendo en consideración lo descrito hasta este punto, se afirma que, como todo proceso dentro de la organización, el servicio de mantenimiento que es provisto a otras empresas debe ser constantemente evaluado y optimizado porque incidirá en la imagen del negocio y sus ingresos. Ante esto, la presente investigación tiene la intención de responder a la siguiente pregunta: ¿cómo mejorar el servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC para reducir los tiempos de ejecución del servicio en la red de agencias de cajas municipales en Lima?

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo mejorar el servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC para reducir los tiempos de ejecución del servicio en la red de agencias de cajas municipales en Lima?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las causas que originan demoras en el servicio de mantenimiento de sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima?
- ¿Cómo reducir el tiempo de servicio de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima?
- ¿Cómo agilizar el proceso del servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima?

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Elaborar propuestas de mejora en el servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC para reducir los tiempos de ejecución del servicio en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar las causas que originan demoras en el servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.
- Establecer un procedimiento estandarizado para reducir el tiempo de servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.
- Elaborar formatos de control para agilizar el proceso del servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis general**

Las propuestas de mejora en el servicio de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC reducen los tiempos de ejecución del servicio en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- Con la identificación se originan demoras en el servicio de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.
- El establecimiento de un procedimiento estándar ayudará a la reducción del tiempo de servicio del mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.
- La elaboración de formatos de control agilizará el proceso de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.

### **1.6. Antecedentes**

Para evidenciar la contraparte de los resultados de este estudio, se consideran los siguientes estudios:

#### **1.6.1. Antecedentes internacionales**

El estudio Reducción de tiempo muerto operacional con base en el mantenimiento autónomo en el área de Mogul-6 de Nieto et al. (2017) tuvo el objetivo principal de acortar los periodos no utilizados en una planta operacional de alimentos de consumo humano aplicando un mantenimiento tipo autónomo. Utilizando una investigación descriptiva y explicativa con diseño experimental y enfoque cuantitativo, los investigadores emplearon la técnica de la observación. La propuesta de mejora se alineó a los parámetros de la filosofía 5S a modo de facilitar la fluidez del proceso de mantenimiento. Antes de la implementación de la propuesta, el proceso abarcó 62,920 minutos (equivalente a 1,049 horas) en un periodo anual; después de la mejora, el proceso tuvo una duración de 58,582 minutos (equivalente a 976 horas), lo que se traduce a una disminución de 6.89%.

El estudio Reducción de tiempos de entrega de concreto con la metodología Lean Six Sigma en la empresa Cemex SA, planta Puente Aranda de Tibaquirá y Tibaquirá (2018) presentó el objetivo de acortar el tiempo del servicio de entrega de concreto provisto por una empresa colombiana a partir de una propuesta basada en Lean Six Sigma. Aplicando una investigación descriptiva de diseño experimental, el investigador hizo uso de técnicas de observación, diagnóstico y análisis documental. La idea se basó en la metodología DMAIC, en el que se identificó distintas oportunidades de mejora. Una vez aplicada la propuesta, la distribución de concreto fue disminuida en 1.39 minutos (equivalente al 0.82% del tiempo inicial). En un lapso de 19 días, esta reducción se tradujo a 788 minutos (equivalente a 13 horas). Consecuentemente, el nivel de cumplimiento de entregas se elevó en 8.4% y la producción en 34%.

El estudio Propuesta de mejora para disminuir los tiempos de servicio de diagnóstico y mantenimiento en la empresa de servicios AS Automotriz a través de herramientas de mejora de Ordoñez y Chito (2019) tuvo como objetivo implementar un mecanismo de mejora continua con el fin de poder reducir el tiempo dedicado al diagnóstico y el mantenimiento que una empresa automotriz colombiana ofrece como servicios al mercado. Aplicando una investigación descriptiva de enfoque mixto, los investigadores usaron la técnica de observación para diagnosticar la empresa. Los resultados evidenciaron que el tiempo de servicio inicial fue de 4.75 horas, pero tras la aplicación de la propuesta, este periodo se redujo a 3.75 horas. Además, la eficiencia del trabajador aumentó en un 30% y el nivel de satisfacción al cliente creció en un 70%.

El estudio Propuesta de mejora para la reducción del tiempo de entrega en el proceso productivo de un taller de cerrajería de Mora y Londoño (2019) tuvo como objetivo analizar y cambiar el proceso de producción de una cerrajería colombiana con el fin de acortar la duración

del servicio de entrega. Utilizando una investigación descriptiva y de diseño experimental, los investigadores hicieron uso de la técnica de observación. Los resultados revelaron que los pedidos de los clientes particulares tenían un retraso promedio de 4.63 días, momento en que tenía 31.58% como nivel de cumplimiento en Lead Time. Después de analizar los tiempos de espera y eliminar los elementos que obstaculizan el proceso, el tiempo de demora se redujo a 0.25 días y la empresa cumplía con el 75% de Lead Time, hecho que fue beneficioso tanto para la imagen del taller como para los clientes.

El estudio Reducción de tiempo del plan de mantenimiento preventivo de una roscadora eléctrica RidGid 300 Compact de Alegre (2020) tuvo el objetivo principal de realizar una mejora en los tiempos del plan de mantenimiento preventivo de una máquina eléctrica. Utilizando una investigación descriptiva y de diseño experimental, el investigador aplicó las técnicas de entrevista y observación. La propuesta se basó en la metodología SMED y constó en el replanteamiento de doce tareas de mantenimiento. Gracias a la mejora, el tiempo efectivo dedicado al mantenimiento pudo ser reducido en 2,471 segundos (equivalente a 41.18 minutos) mientras que el tiempo no efectivo disminuyó 2,218 segundos (equivalente a 39.97 minutos). En total, los tiempos restados equivalen al 70% del tiempo inicial. Esto, a su vez, generó una utilidad acumulada de más de 4 millones de pesos chilenos.

### **1.6.2. Antecedentes nacionales**

El estudio Propuesta de mejora en el proceso del servicio de mantenimiento de vehículos livianos en la empresa automotriz Autocom Piura SRL de Zegarra y Vintimilla (2016) tuvo el objetivo principal de elaborar una propuesta que mejore el proceso de servicio de mantenimiento a autos livianos perteneciente a clientes particulares en un concesionario. Aplicando una investigación descriptiva de diseño no experimental, los investigadores utilizaron las técnicas de observación y entrevista. Los resultados revelaron que el proceso

actual estaba ligado a un 40% de horas perdidas, es decir, de 217.38 horas trabajadas, 144.27 horas correspondía a tiempo perdido. Este tiempo se vio optimizado con el diseño de la propuesta basada en el método 5S.

El estudio Mejora de procesos para la reducción de fallas en el mantenimiento de equipos de aire acondicionado en la empresa de servicios Esalb Group SAC, 2017 de Espinoza (2017) tuvo como objetivo principal disminuir la cantidad de fallas durante el mantenimiento de equipos de aire acondicionado a través de una propuesta de mejora. Utilizando una investigación descriptiva de diseño no experimental y corte longitudinal, el investigador hizo uso de técnicas como observación y análisis documental. Un plan de mantenimiento preventivo fue la idea central de la propuesta; esta tenía en consideración los equipos mencionados. Los resultados revelaron una optimización de 43% en los tiempos de mantenimiento preventivo y 49% en el correctivo, situación que generó una mejor productividad, decremento de las fallas de los sistemas de ventilación y un nivel mayor de satisfacción al cliente.

El estudio Optimización de tiempo en la ejecución del mantenimiento preventivo en equipos HVAC implementando técnicas de mantenimiento predictivo en la empresa Wood Proyectos SAC de Flores (2018) tuvo como objetivo principal aplicar mecanismos para el mantenimiento predictivo en los sistemas HVAC a modo de disminuir los tiempos de ejecución de una organización que se encarga de prestar servicios de mantenimiento a equipos y sistemas de aire acondicionado. Utilizando un estudio de alcance descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño experimental, el investigador aplicó la técnica de análisis documental para evaluar los tiempos de ejecución. Los resultados revelaron que el tiempo promedio inicial era de 129 horas por mes, cifra que se redujo a 90 horas después de la implementación del mantenimiento predictivo. Además, el costo del servicio de mantenimiento disminuyó de 5,325 a 3,090 soles. Por otro lado, las técnicas aplicadas generarían un ahorro de más de 26 mil soles para el cliente.

El estudio Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad del área de servicio de mantenimiento de una empresa administradora de unidades inmobiliarias, Lima 2019 de Urriburú y Zapata (2020) tuvo como objetivo establecer cómo un programa de mantenimiento tipo preventivo permitiría la elevación de los índices de productividad para los ascensores de una inmobiliaria limeña. Empleando un estudio tipo explicativo de enfoque cuantitativo y diseño experimental, los investigadores aplicaron las técnicas de análisis documental, observación y entrevista. Los resultados mostraron que el tiempo invertido para las tareas de mantenimiento dio un total de 44,184 horas. Sin embargo, después de implementada la propuesta basada en un plan, programa y capacitación de mantenimiento, este tiempo se redujo a 24,264 horas, lo que indudablemente incidió en la eficiencia de los equipos empleados y la productividad de todo el servicio (este último varió en +9%).

El estudio Propuesta de mejora de procesos para reducir tiempos muertos en el desarmado y evaluación de motor Cummins de alta potencia de Rivera (2016) tuvo como objetivo mejorar el desarmado y análisis de un motor con el fin de disminuir los tiempos muertos. Utilizando un estudio de alcance descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño no experimental, el investigador aplicó las técnicas de análisis documental y observación. Los resultados revelaron que el 7.5% del tiempo dedicado al proceso eran horas muertas, por ello, el investigador generó una propuesta basada en la técnica de desperdicios de la manufactura esbelta que consistió en la eliminación de elementos o actividades que no aportan valor al proceso. Gracias a este nuevo diseño, el beneficio económico se elevó un 8%.

### **1.6.3. Antecedentes locales**

El estudio Propuesta de mejora para la reducción de tiempos en el proceso productivo para uvas de mesa variedad Red Globe aplicando herramientas Lean Manufacturing de Valderrama (2018) presentó como principal objetivo desarrollar una idea a modo de mejorar

el proceso de producción de una empresa que exporta productos agrícolas. Aplicando una investigación descriptiva y diseño experimental, el investigador hizo uso de la técnica de observación. La propuesta de mejora partió de las metodologías 5S, manufactura esbelta y tarjetas Kanban a modo de optimizar los tiempos de preparación y puesta en acción del proceso de exportación. El tiempo de ciclo se redujo un 32%, lo que se tradujo en despachos más acelerados, así como también una cantidad menor de cajas almacenadas. Esto ayudó, a su vez, a elevar los índices de productividad laboral y de la planta.

El estudio de Propuesta de mejora de los tiempos de atención en el servicio de mantenimiento preventivo en el taller de VC Camiones de Divemotor de Martínez (2020) presentó como objetivo principal optimizar los tiempos invertidos en el servicio de mantenimiento tipo preventivo provisto a un taller de vehículos camioneros. Empleando una investigación descriptiva de enfoque cualitativo y diseño experimental, el investigador hizo uso de la técnica de observación y herramientas de diagnóstico. Los resultados alcanzaron una disminución de aproximadamente 14% en los tiempos de ejecución gracias a la propuesta que aplicaba técnicas de mejora continua como la metodología 5S y Kaizen, las cuales tienen en consideración desechar cualquier actividad que no produce valor para el cliente final.

El estudio Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento mediante la aplicación de herramientas Lean Service en una empresa del sector de telecomunicaciones en Lima, Perú de Bermúdez (2021) tuvo como objetivo principal plantear un modelo que reduzca los tiempos de retraso y eliminar actividades innecesarias durante la efectuación del servicio de mantenimiento de torres eléctricas. Aplicando una investigación descriptiva de diseño experimental, el investigador utilizó la técnica de observación. Los resultados mostraron un tiempo de 80.40 horas para efectuar una actividad de mantenimiento completa. Después de efectuada la propuesta basada en la metodología Lean Manufacturing, Kaizen, gestión visual y

trabajo estandarizado, el proceso se redujo a 18.25 horas. Esto se traduce a una disminución de aproximadamente el 77%. Además, se elevó la productividad dado que, de los 44 compromisos de entrega, se comenzaron a atender 43 (cuando previo a la aplicación de la propuesta solo se atendían 36 pedidos).

El estudio Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo eléctrico en media tensión para reducir los tiempos de ejecución del servicio en una red de agencias banca a nivel nacional de Ingaroca (2021) tuvo como objetivo optimizar el servicio de mantenimiento del sistema eléctrico de agencias de bancos localizados a lo largo del territorio nacional. Empleando una investigación aplicada con diseño cuasi experimental, el investigador aplicó las técnicas de análisis documental, observación y encuesta. Los resultados mostraron que cada servicio tenía una duración inicial de 799 minutos, pero después de implementar las técnicas de mejora como las 5S y Kaizen, este tiempo disminuyó a 593 minutos, lo que se traduce a una optimización del 26% y aumento en la productividad de 12%.

El estudio Propuesta de mejora en la reducción del tiempo de entrega del servicio de mantenimiento preventivo de bombas oleohidráulicas, aplicando Lean Manufacturing en una empresa del rubro servicios en Callao de Olaechea (2021) tuvo como objetivo acortar el lapso de tiempo de servicio de mantenimiento preventivo de bombas. Utilizando un estudio descriptivo con enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental, el investigador aplicó la técnica de observación. Los resultados evidenciaron un descenso del 85% en los tiempos de entrega gracias a la propuesta basada en eliminar elementos de desperdicios y cuellos de botellas. Esta cifra porcentual se traduce a la optimización de 3.41 días.

### **1.7. Teorías relacionadas al tema**

A continuación, se despliegan los fundamentos teóricos de la línea de investigación que se basan en diversas fuentes bibliográficas, manuales y textos referentes a la mejora de

procesos, mantenimiento preventivo y los sistemas HVAC, así como también la teoría relacionada a las variables y dimensiones considerados en el presente estudio.

### **1.7.1. Mejoramiento del proceso**

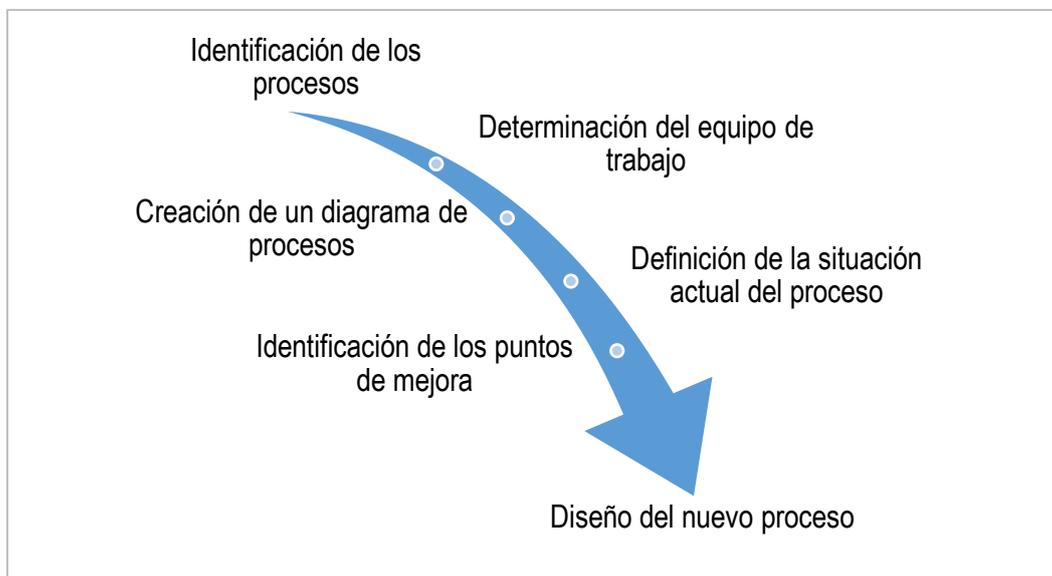
La mejora de los procesos es concebida como un análisis sistemático sobre las tareas que componen un proceso para poder mejorarlo (Krajewski et al., 2008). Está vinculada con la adopción de diversos enfoques especializados para el buen desarrollo del proceso analizado (Alvarado y Pumisacho, 2017). El enfoque elegido determinará el grado de mejora y, consecuentemente, en los diversos aspectos que están vinculados al proceso (Pérez, 2016).

Realizar una mejora partiendo del análisis del proceso o entendiendo sus características permite identificar falencias cualitativas o cuantitativas que perjudican el resultado final. Acorde a Krajewski et al. (2008), el análisis de procesos debe ser una de las necesidades fundamentales que debe cubrir la organización simplemente por el hecho de que ellas operan el trabajo y proporcionan el servicio o bien al cliente final. De este modo, cada área tiene una parte involucrada en el sistema y son cruciales en el éxito de la organización.

El análisis de un proceso cumple con los pasos descritos en la figura 4:

#### Figura 4

##### *Pasos para analizar el proceso*



*Nota.* Elaboración propia con base en ESAN (2019)

Los puntos mencionados se desarrollan de la siguiente manera:

Paso 1: Implica la elaboración de un diagnóstico general de los procesos en la empresa, los cuales deben estar alineados a los objetivos estratégicos.

Paso 2: Implica la formación de un equipo de trabajo para analizar el proceso.

Paso 3: Implica la construcción gráfica del proceso y las características de cada operación, cómo el tiempo y recursos necesarios para su efectuación.

Paso 4: Implica la elaboración del diagnóstico del proceso actual, que toma en cuenta variables cuantitativas y cualitativas.

Paso 5: Implica la identificación de los puntos de mejora en el proceso.

Paso 6: Implica el diseño de un nuevo proceso que corrija las falencias del anterior y las características inherentes como tiempo, costo y recursos.

### 1.7.2. Mantenimiento preventivo

Para establecer qué es el mantenimiento preventivo, es imprescindible recordar la definición de mantenimiento y sus clases. Diversos autores generan un significado para el mantenimiento; entre ellos, Basri et al. (2017) quienes arguyen que es la combinación de las actividades técnicas y administrativas que garantizan el correcto funcionamiento de un sistema. Algunas acciones que lo componen son la reparación, el reemplazo, la inspección, la prueba, etc.

Las estrategias que aplica una organización al momento de mejorar el mantenimiento de sus activos deben ir acorde a la naturaleza del rubro, las posesiones, el flujo de producción, entre otros. Según Vilarinho et al. (2017), se debe alcanzar un equilibrio entre el rendimiento, riesgo y costos en función de generar soluciones de calidad; para esto, existen dos clases de tácticas en mantenimiento: el preventivo y el correctivo.

Las organizaciones acuden a un mantenimiento preventivo cuando se pretende prevenir o retrasar las fallas en los activos; así lo expresan Zhu et al. (2019), quienes agregan que los planes o programas basados en este mantenimiento deben ir de la mano con el plan de producción puesto que se vinculan por una codependencia. Para Alavedra et al. (2016), su principal función es permitir conocer la naturaleza y estado actual del objeto observado a razón de formular un programa de tareas a ser realizadas en un momento que no genere alto impacto en la producción. Es decir, la organización no está a la espera de que las máquinas o equipos fallen en un tiempo crítico, sino que se previene esta situación con acciones proactivas.

García (2017) se extiende más allá con su definición al sostener que el mantenimiento preventivo es una actividad en la que se utilizan recursos físicos con el propósito de asegurar calidad en el servicio brindado en el mercado bajo los estándares delimitados al inicio de la producción.

Los indicadores de mantenimiento son comparados con un valor estándar de referencia a modo de evidenciar su correcto funcionamiento. De esta manera, el gestor puede formular y realizar acciones de mantenimiento correctivo, modificativo o predictivo, acorde a la naturaleza de la situación de los equipos (Espinoza, 2017). Entre los indicadores más utilizados se encuentran tres clases.

#### **a) Fiabilidad**

Hace referencia a, acorde a Buenaño et al. (2019), la probabilidad en la que un activo pueda realizar sus funciones de forma satisfactoria en un tiempo determinado y bajo unas condiciones normales. Es decir, si las fallas son escasas o no existen, puede establecerse que el equipo tiene una fiabilidad aceptable. Según Gallegos et al. (2020), la fiabilidad viene a ser parte característica del diseño y construcción del objeto, lo que puede traducirse a la calidad aplicada al producto.

El índice de fiabilidad es calculado a través de la siguiente fórmula:

$$F = \frac{\text{Horas disponibles para la producción}}{\text{Cantidad de fallas}}$$

#### **b) Mantenibilidad**

Hace referencia a, de acuerdo a Buenaño et al. (2019), la propiedad de cualquier activo (sea equipo o máquina) para poder ser reparado en un lapso de tiempo determinado y bajo diversas condiciones siempre y cuando hayan sido tomadas en cuenta con anterioridad. Feal et al. (2021) la define como la probabilidad en que un objeto o varios que participan del proceso de producción fallen después de que hayan pasado por mantenimiento y se encuentre en un estado normal de operación.

El índice de mantenibilidad es calculado a través de la siguiente fórmula:

$$M = \frac{\textit{Tiempo total de mantenimiento}}{\textit{Cantidad de reparaciones}}$$

### c) Disponibilidad

Hace referencia a, según Buenaño et al. (2019), la proporción de tiempo en que un activo estuvo *disponible* para ser usado, cumpliendo con sus funciones normales sin interrupciones. Está expresado en términos porcentuales. Para Gallegos et al. (2020), la disponibilidad evidencia qué tan frecuente es la aparición de fallas y a qué ritmo son corregidas.

El índice de disponibilidad es calculado a través de la siguiente fórmula:

$$D = \frac{\textit{Horas disponibles para la producción}}{\textit{Horas planificadas de producción}} \times 100\%$$

### 1.7.3. Tiempo de ejecución del servicio

El tiempo de producción hace referencia al tiempo necesario para el desarrollo completo de un proceso (Asturias, 2017). En el caso de una empresa de servicios, vendría a ser el tiempo requerido para que la prestación del servicio sea constatada completamente.

El tiempo de ejecución del servicio está compuesto por:

**Tabla 1**

*Componentes del tiempo de servicio*

Componentes	Descripción
Tiempo de preparación	Corresponde al tiempo que espera el servicio a ser efectuado a causa de la preparación de un recurso que servirá para el proceso.
Tiempo de procesamiento	Corresponde al tiempo en que el servicio es procesado/desarrollado.
Tiempo de cola	Corresponde al tiempo que espera el servicio una pieza que está momentáneamente ocupada.
Tiempo de espera	Corresponde al tiempo que espera el servicio por otro servicio para que pueda ser completado.
Tiempo ocioso	Corresponde al tiempo que está sin utilizar. En otras palabras,

*Nota.* Adaptado de Chase et al.(2009).

Al observar la tabla 1, no se distingue un componente implícito del tiempo que no debe ser pormenorizado. Se denomina Tiempo No Productivo al tiempo necesario para la efectucción de actividades adicionales a causa de las fallas de las máquinas, equipos o instalaciones (Ayala et al., 2016). En otras palabras, toma en consideración al tiempo invertido en situaciones que no se encontraban dentro de la programación o eventualidades que ocasionan el cese de la producción.

#### **1.7.4. Sistemas HVAC**

Los sistemas HVAC son empleados en diversas edificaciones tipo industrial, terciario y viviendas a modo de proteger la infraestructura y sus habitantes de los cambios de temperatura o humedad, sometiéndolos a regulación (Chacon, 2020). Es decir, los sistemas HVAC buscan proporcionar un ambiente cómodo para los ocupantes y preservar los objetos en condiciones óptimas que necesitan niveles específicos de temperatura y humedad.

**Figura 5**

*Sistema HVAC.*



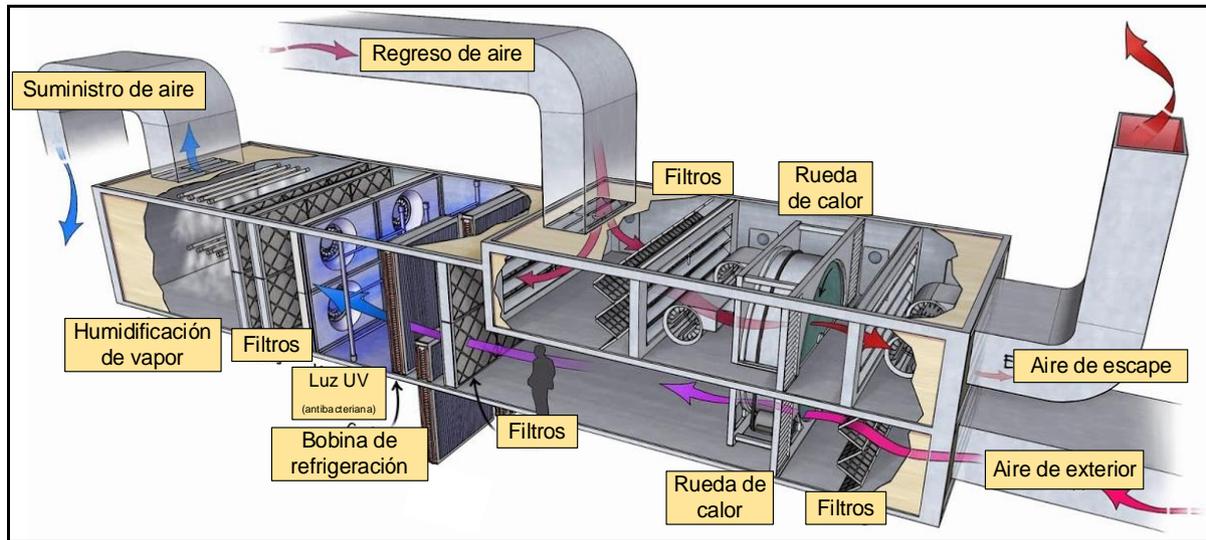
*Nota.* Extraído de C&C Refrigeración (2017).

El funcionamiento de los sistemas HVAC parte de un gas que es comprimido para elevar la temperatura. Al llegar a un nivel adecuado de calor, este gas es discurrido a través de un ducto. Luego, se enfría paulatinamente al punto que es transformado en un líquido de baja temperatura, el cual se traslada a una válvula de expansión en la que se evapora hasta tornarse en un gas frío. Finalmente, este último es expulsado por una rejilla de ventilación y absorbe el calor del establecimiento.

A continuación, se presentan los componentes de los sistemas HVAC.

**Figura 6**

*Componentes del sistema HVAC.*



*Nota.* Adaptado de “Certificados Energéticos” (2014).

El propósito del sistema HVAC es renovar y tratar el aire para que este alcance las condiciones de salubridad estandarizadas (Soler, 2017). Estos sistemas reciben el nombre por las siglas de las palabras en inglés de Heating, Ventilation and Air Conditioning (en el idioma español, esto se traduce a calefacción, ventilación y aire acondicionado). Por tal motivo, desarrolla distintas acciones (Soler, 2017):

**Calentamiento:** Hace referencia a proveer calor al aire teniendo como propósito el incremento de la temperatura.

**Enfriamiento:** Hace referencia a sustraer calor del aire para que los niveles de temperatura desciendan y proporcionen un ambiente fresco.

**Ventilación:** Hace referencia a renovar el aire en un establecimiento a través de un canal que succiona aire del exterior y lo traslada al interior de la instalación. Esta acción es un

grado más crítico que las dos anteriores puesto que debe mantener la concentración de gases a un nivel que no perjudique la salud de los que se encuentran dentro.

**Humidificación:** Hace referencia a aumentar o disminuir los niveles de humedad en el aire a modo de brindar un espacio cómodo para los individuos.

**Limpieza:** Hace referencia a eliminar las partículas de polvo, humos o polen que pueda quedar suspendido en el aire a través de filtros.

**Movimiento:** Hace referencia a mover el aire por todo el establecimiento, es decir, permite que las corrientes sean distribuidas sin molestar a las personas que están en el interior.

Existen dos clases de sistemas HVAC: sistema central y sistema descentralizado. Su selección dependerá del clima del entorno, la antigüedad del edificio, las exigencias particulares del dueño de la infraestructura, el presupuesto y el diseño arquitectónico (Seyam, 2018).

### **1.8. Justificación de la investigación**

Con el desarrollo del presente estudio se busca reducir el tiempo de ejecución del servicio de mantenimiento de los equipos HVAC pertenecientes a la cartera de clientes de la empresa AIRTEMPERU SAC, el cual se alcanzará mediante el análisis del proceso actual utilizando la herramienta del Diagrama Analítico de Proceso (DAP), caracterizado por ser de gran utilidad para la evaluación detallada del proceso que se sigue, tomando en consideración los materiales, operarios y equipos que se emplean; para la identificación de las causas raíces que originan las demoras del proceso se emplea herramientas como el Ishikawa, La Matriz de Vester y la Tabla Pareto, a fin de establecer mejoras en base al análisis.

Además, el estudio plantea propuestas con la finalidad de agilizar el proceso de mantenimiento preventivo, y que éste se desarrolle de manera correcta, mediante: (a) la formulación de un Proceso estandarizado, adicionalmente se considera importante la

capacitación del personal, y (b) el desarrollo de formatos para el requerimiento de materiales, herramientas y equipos y para el detalle del Estado del Equipo.

Respecto a los resultados de la implementación de las mejoras, éstos tienen un impacto positivo en la reputación de AIRTEMPERU dado que ofrecería servicios de calidad en tiempos competitivos, a la par se garantiza el normal funcionamiento de todos los sistemas HVAC de la red de agencias de cajas municipales. Por ello, la propuesta profundizará los conocimientos de un buen mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC a modo de garantizar una reducción en el tiempo de servicio.

### **1.9. Delimitación**

Temática: Se desarrolla una mejora en el servicio de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC para reducir los tiempos de ejecución del servicio en la red de agencias de cajas municipales en Lima.

Temporal: Esta investigación se ejecutó desde los meses octubre del 2021 hasta marzo del 2022 y se trabaja con información de la empresa y el servicio en mención que corresponde al periodo 2021.

Espacial: La investigación se localiza con respecto a la empresa AIRTEMPERU que se encuentra en Lima- Perú.

### **1.10. Limitaciones**

Dada la gran variedad de equipos de aire acondicionado y las diferentes agencias y empresas públicas y privadas para las cuales trabaja AIRTEMPERU, se tuvo que limitar la investigación a analizar solo el grupo de HVAC de las agencias de Cajas Municipales, teniendo en cuenta que estas son representativas

## CAPÍTULO II. MÉTODO

### 2.1. Tipo de investigación

- **Por el conocimiento perseguido**

La investigación es aplicada ya que, en este estudio, se emplearon los conocimientos relevantes sobre análisis de procesos, su mejora, los tiempos de producción, entre otros, para mejorar el servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC y reducir demoras en los tiempos de ejecución. Acorde a Baena (2017), un estudio de este tipo analiza problemas en concreto que necesitan de alternativas de solución específicas, llegando a aportar nuevos planteamientos a partir de las teorías de otros

- **Por el número de mediciones en un determinado tiempo**

La investigación es longitudinal ya que se recolectó información acerca del tiempo de ejecución antes y después de la aplicación de la propuesta diseñada. De acuerdo a Sánchez et al. (2018), los estudios longitudinales son efectuados en distintos tiempos a manera de evaluar el fenómeno. Según Cabezas et al. (2018), se recopilan datos al inicio, durante o finalizada la investigación a modo de compararlos entre sí.

- **Por el diseño**

El diseño corresponde a un estudio cuasi experimental ya que, a modo de reducir los tiempos en el servicio de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC de la red de agencias de cajas municipales, se proponen y se implementan cambios para mejorarlos. Según Hernández et al. (2014), un estudio de este tipo tiene en consideración sujetos u objetos que no son elegidos aleatoriamente para el grupo experimental, presentando una menor validez interna.

### ▪ **Por el enfoque**

El enfoque del presente estudio es cuantitativo, ya que, se analizaron los tiempos de ejecución del servicio de mantenimiento y la brecha que hay entre los tiempos pre y post implementación de la propuesta. Según Sánchez et al. (2018), estas clases de investigaciones se basan en la medición numérica de los datos recopilados a modo de responder la hipótesis planteada.

## **2.2. Población y muestra**

### **2.2.1. Población**

La población, según García (2017), hace referencia al conjunto más grande de elementos que se caracterizan por poseer un atributo similar y su análisis y estudio interesa al investigador. Para Ventura (2017), la población es una agrupación de diversos objetos que comparten muchas características que serán objeto de análisis para el investigador.

La población en esta investigación es el total de sistemas HVAC a los que la empresa AIRTEMPERU da mantenimiento en las diferentes agencias de red de cajas municipales; este total asciende a 112 sistemas HVAC de seis diferentes capacidades (ver tabla 2). Las mediciones en tiempo y demás se realizó para esta población durante el periodo 2021.

Todas estas agencias se encuentran en la región Lima, sus respectivas direcciones se pueden observar en el anexo 4.

**Tabla 2**

*Población*

Número	Sistemas de Aire Acondicionado (capacidad BTU/H)	Cantidad
1	12,000	14
2	18,000	37
3	24,000	10
4	36,000	24
5	48,000	7
6	60,000	20
Total		112

### 2.2.2. Muestra

La muestra de la presente investigación es de tipo censal, es decir la muestra está conformada por el total de la población, todos los equipos HVAC de las agencias de cajas municipales a las que hace servicio de mantenimiento la empresa AIRTEMPERU. “Una muestra censal, no requiere de un muestreo probabilístico, las muestras censales trabajan con la información del total de la población” (Sucasaire, 2022, p. 56).

### 2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Para este proceso se definen primero las técnicas e instrumentos de recolección.

Las técnicas de investigación, acorde a Martínez (2013), proponen normas con el propósito de ordenar los pasos de la investigación. Asimismo, brinda instrumentos que permiten recopilar, clasificar, medir o analizar datos, facilitando el procesamiento y seriedad del estudio. Para Sánchez et al. (2018), hace referencia a los medios los cuales son usados para utilizar correctamente los instrumentos, estos a su vez auxiliaron al investigador en la realización de los métodos. Arias (2020) expone diversas técnicas que apoyan el desarrollo investigativo como la observación, la encuesta, la entrevista, análisis de documento, monitoreo, etc.

Las técnicas para la recolección de datos fueron la observación y la revisión documental, dado que el servicio de mantenimiento sobre el cual se plantearon propuestas requirió en primer lugar un diagnóstico que se pudo realizar a través de la revisión de registros donde se plasman los tiempos y la observación de los procedimientos que acompañan al servicio.

Los instrumentos de investigación, según Sánchez et al. (2018), son herramientas que hacen parte de la técnica a modo de recopilar y procesar la información. Para Baena (2017), el uso de los instrumentos brinda soporte al investigador dado que le permite ahorrar tiempo y optimizar los recursos invertidos. Existen diversos tipos de instrumentos como guías, manuales, pruebas, cuestionarios, etc.

Para la recolección de datos de esta investigación se utilizaron como instrumentos una guía de revisión y una guía de observación, ambos con el objetivo de recolectar información sobre el procedimiento de se sigue para llevar a cabo el servicio de mantenimiento de los HVAC en las agencias de cajas municipales (ver Anexo 2).

### Tabla 3

#### *Objetivos por alcanzar con la recolección de datos*

Etapa	Técnica e instrumento	Objetivo
Inicial - diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Observación – Ficha de observación</li> <li>▪ Revisión documentaria – ficha de revisión</li> </ul>	Se utilizan para lograr reconocer el proceso del servicio de mantenimiento tal como sucede, para identificar las principales falencias del proceso y los tiempos de demora.
Comprobación de resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Observación – ficha de observación</li> </ul>	Establecer los nuevos tiempos de proceso del servicio de mantenimiento de los equipos HVAC, después de implementar las mejoras

La validación de estos instrumentos se realizó mediante juicio de expertos, los mismos que dieron calificación aprobatoria unánime a los instrumentos, dicha validación se encuentra en el anexo 3.

En cuanto a esta recolección de información, se procedió en las fechas que muestra la siguiente figura

### Figura 7

#### Cronograma de recolección de datos

Id.	Nombre de tarea	Inicio	Finalizar	Duración	2021				2022			
					Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	
1	Permiso a la empresa	16/08/2021	19/08/2021	.8s								
2	Revisión de los tiempos en el servicio de mantenimiento	17/08/2021	30/08/2021	2s								
3	Plasmar los tiempos en los DAP	1/09/2021	10/09/2021	1.6s								
4	Observar las principales causas de demora- seguimiento al proceso del servicio de mantenimiento	16/09/2021	22/11/2021	9.6s								
5	Permiso para implementar las propuestas diseñadas	25/11/2021	29/11/2021	.6s								
6	Implementar las mejoras	1/12/2021	31/01/2022	8.8s								
7	Observar los tiempos del servicio de mantenimiento (post test)	1/02/2022	1/04/2022	8.8s								

El procesamiento de datos y el desarrollo del diagnóstico del proceso de mantenimiento de los equipos HVAC de las agencias de cajas municipales y las propuestas de mejora a partir del análisis de causas se desarrollan en el siguiente punto.

#### 2.4. Procedimiento de recolección, tratamiento y análisis de datos

Los datos recopilados gracias a las técnicas son procesados en función a su relevancia en las fases de desarrollo del estudio. A continuación, se definen los procedimientos que permitieron el despliegue y desarrollo de los objetivos de la investigación:

**Tabla 4**

*Procedimientos*

Etapa	Procedimiento	Detalle
Análisis de causas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ishikawa</li> <li>▪ Gráfico de Vester</li> <li>▪ Tabla de Pareto</li> </ul>	Identificar las causas raíz de la demora en el servicio de mantenimiento preventivo de equipos HVAC
Propuestas de mejora	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Procedimiento estandarizado</li> <li>▪ Plan de capacitaciones</li> <li>▪ Formatos de control</li> </ul>	Se desarrollan las propuestas y se implementan
Evaluación de resultados	Tablas comparativas	Comparación del tiempo que demora el servicio antes y después de las propuestas implementadas
Análisis económico	Hallazgo de la TIR	Como parte de la evaluación de viabilidad de las propuestas, se desarrolla un análisis de la TIR a partir de los flujos que se generan por las mejoras.

### 2.4.1. Análisis de causas

Para el análisis de causas, es importante evaluar de manera detallada el procedimiento del servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC, con el fin de profundizar la situación inicial de dicho proceso.

#### 2.4.1.1. Proceso de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC

El proceso de mantenimiento de equipos del sistema HVAC engloba los siguientes tres aspectos:

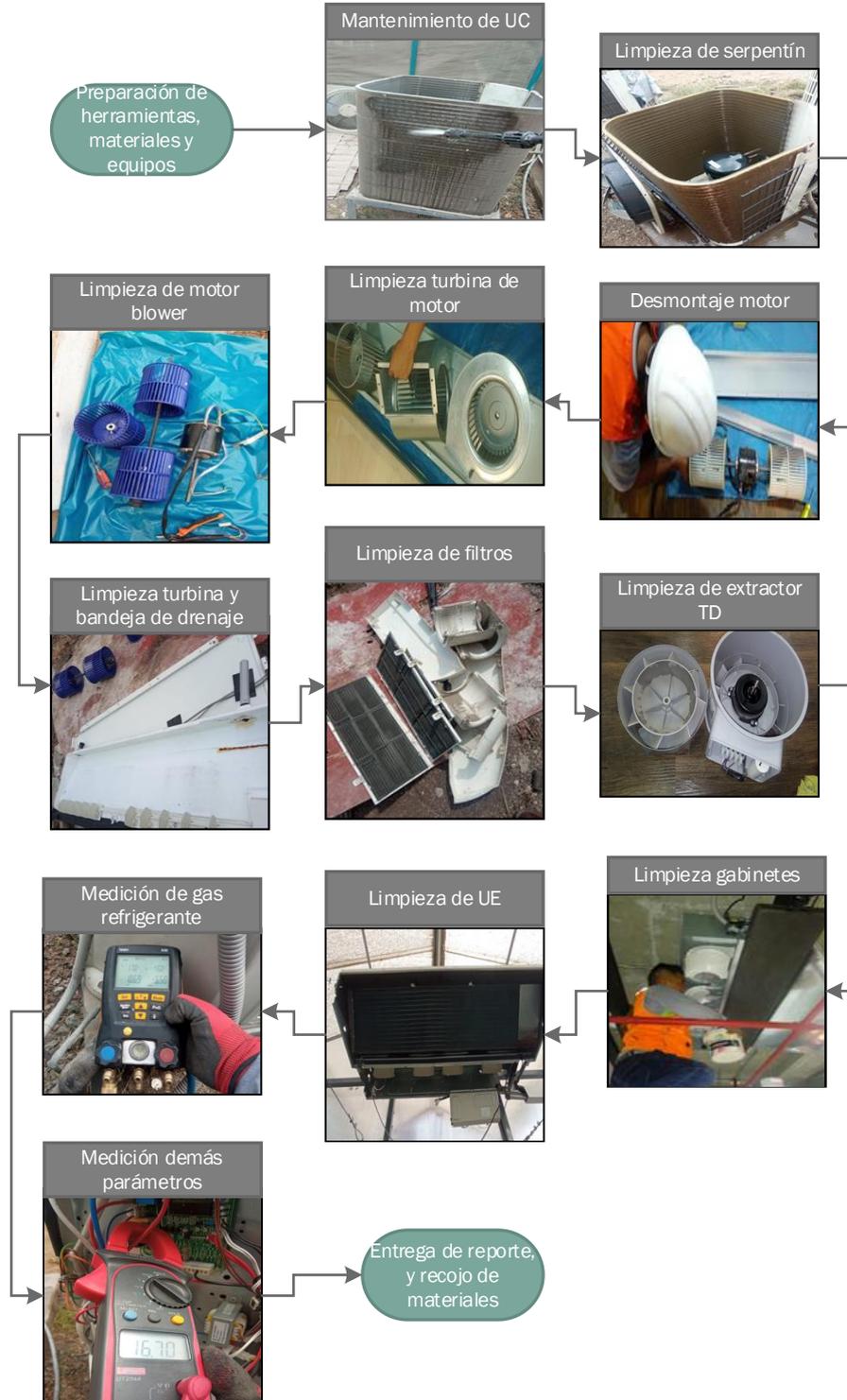
- i. Preparación de los equipos, herramientas y materiales para la ejecución del servicio de mantenimiento en cada agencia,

- ii. Ejecución del servicio de mantenimiento (unidad evaporadora y condensadora),
- iii. Documentación y recojo de materiales, equipos y herramientas.

Para el mantenimiento de los equipos HVAC, y los proceso en general se combina actividades de operación e inspección, en la figura 8 se muestra el desarrollo de las principales actividades del proceso para los sistemas HVAC:

**Figura 8**

*Principales actividades de Mantenimiento*



El proceso de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC estructuralmente posee las mismas actividades, pero en función a las capacidades de cada sistema el tiempo de ejecución varía, de modo que, los sistemas de menor capacidad demandan un menor tiempo a diferencia de los de mayor capacidad.

De acuerdo al registro de tiempos de ejecución del servicio para cada sistema en la primera frecuencia de mantenimiento preventivo inicial (Anexo 6), se cuenta con los siguientes tiempos promedios:

**Tabla 5**

*Tiempo promedio del Proceso de mantenimiento Inicial por Equipo*

Sistema HVAC (capacidad BTU)	Tiempo sin mejora (min)
12000	152.98
18000	152.98
24000	202.20
36000	236.75
48000	250.73
60000	250.73
Total	1,246.37

El detalle de las actividades de mantenimiento se observa en los siguientes Diagramas Analíticos de Procesos de acuerdo a cada sistema HVAC.

En la figura 9, se muestra el DAP para los sistemas de 12,000 y 18,000 BTU/H, en cuanto a los equipos de 24,000 BTU/H en la figura 10, para el sistema de 36,000 BTU/H en la figura 11, por último, para los sistemas de 48,000 y 60,000 BTU/H el proceso se muestra en la figura 12.

**Figura 9**

DAP – Sistemas HVAC 12,000 y 18,000 BTU/H

Formato cursograma Diagrama de Análisis del Proceso								
Diagrama Núm.: 03012022		Hoja Núm. 1 de 1		Resumen				
Objeto: Sistema HVAC		Actividad			Actual	Propuesta	Economía	
Actividad: Proceso de Mantenimiento Preventivo		Operación			27			
Método: Actual		Inspección			9			
Lugar: Agencia de Caja Municipal		Transporte			1			
Operario (s):		Espera			0			
Ficha núm.:		Almacenamiento			0			
		Tiempo (min-hombre)			153			
Número	Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
			○	□	D	⇨	▽	
1	Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller - almacén, hasta los puntos de cada agencia	21.7						
2	Evaluación del área de trabajo antes del inicio de las actividades de mantenimiento preventivo de equipos HVAC	1.9						Toma de fotografías de estado de los equipos (antes/después)
3	Puesta en funcionamiento de los equipos HVAC antes del inicio del inicio del mantenimiento preventivo, para determinar si están operativos o con averías	1.9						
4	Bloqueo y aislamiento de energía de cada equipo HVAC	2.7						
5	Desmontaje de tapas de la unidad Condensadora	5.4						
6	Desmontaje de motor Fan	5.4						
7	Lavado a presión de agua con hidrolavador el serpentín de la unidad condensadora	6.4						
8	Lavado a presión de agua con hidrolavadora de las todas las tapas de la unidad condensador	3.5						
9	Limpieza interna y externa de todo el gabinete de la unidad condensadora	4.6						
10	Lubricación de ejes de motor fan y limpieza de hélice	1.9						
11	Megado de compresor y motores eléctricos	3.5						
12	Ajuste de conexionado eléctrico de fuerza y control de la unidad condensador	1.9						
13	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad condensadora	2.7						
14	Reajuste de pernos de la unidad condensadora	1.9						
15	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad condensador	8.0						
16	Verificación visual del aislamiento térmico las tuberías de refrigeración	1						
17	Desmontaje y limpieza de todas las tapas de la unidad evaporadora	5.4						
18	Desmontaje y limpieza de filtros de aire	0.8						
19	Desmontaje y limpieza de bandeja de condensado	3.5						
20	Lavado a presión de agua con hidrolavadora del serpentín de la unidad evaporador	6.4						
21	Lavado a presión de agua con hidrolavadora de las todas las tapas de la unidad evaporador	3.5						
22	Desmontaje y limpieza de turbinas de motor blower	6.4						
23	Lubricación de ejes de motor blower	1.9						
24	Ajuste de conexionado eléctrico de fuerza y control de la unidad evaporador	1.9						
25	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad evaporador	2.7						
26	Limpieza de drenajes de la unidad evaporadora	3.5						
27	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad evaporador	6.4						
28	Reajuste de pernos de la unidad evaporadora y piezas móviles	0.8						
29	Revisión de rodamientos de motores (fan - blower)	1.3						
30	Revisión y calibración de Set point del control de temperatura	1.9						
31	Revisión y verificación de gas refrigerante en la unidad condensador, evaporador y líneas de refrigeración	1.9						
32	Desbloqueo de aislamiento de energía	2.7						
33	Toma de parámetros de funcionamiento del equipo HVAC, como: Temperaturas, presión de alta y baja de gas refrigerante, amperajes, voltajes	8.3						
34	Liberación del área de trabajo (orden y limpieza)	2.7						
35	Toma de datos o observaciones encontrado en el proceso de mantenimiento de los equipos HVAC	1.9						
36	Entrega de reportes de campo y validación de acta de conformidad por parte del cliente	4.6						
37	Recojo de equipos, herramientas, insumos, instrumentos, escaleras, andamios, desde la agencia hasta el taller - almacén	10.7						
<b>Total</b>		<b>152.98</b>	<b>27</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

Figura 10

DAP – Sistema HVAC 24,000 BTU/H

Formato cursograma Diagrama de Análisis del Proceso								
Diagrama Núm.: 03012022		Hoja Núm. de		Resumen				
Objeto: Sistemas HVAC		Actividad			Actual	Propuesta	Economía	
Actividad: Proceso de Mantenimiento Preventivo		Operación			27			
Método: Actual		Inspección			9			
Lugar: Agencia de Caja Municipal		Transporte			1			
Operario (s):		Espera			0			
Ficha núm.:		Almacenamiento			0			
		Distancia (m)						
		Tiempo (min-hombre)			202.2			
Número	Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
			○	□	D	⇨	▽	
1	Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller - almacén, hasta los puntos de cada agencia	28.6						
2	Evaluación del área de trabajo antes del inicio de las actividades de mantenimiento preventivo de equipos HVAC	2.1						Toma de fotografías de estado de los equipos (antes/después)
3	Puesta en funcionamiento de los equipos HVAC antes del inicio del inicio del mantenimiento preventivo, para determinar si están operativos o con averías	2.4						
4	Bloqueo y aislamiento de energía de cada equipo HVAC	3.3						
5	Desmontaje de tapas de la unidad Condensadora	6.9						
6	Desmontaje de motor Fan	6.9						
7	Lavado a presión de agua con hidrolavador el serpentín de la unidad condensadora	8.1						
8	Lavado a presión de agua con hidrolavadora de las todas las tapas de la unidad condensador	4.8						
9	Limpieza interna y externa de todo el gabinete de la unidad condensadora	6.0						
10	Lubricación de ejes de motor fan y limpieza de hélice	2.4						
11	Megado de compresor y motores eléctricos	4.8						
12	Ajuste de conexionado eléctrico de fuerza y control de la unidad condensador	2.4						
13	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad condensadora	3.6						
14	Reajuste de pernos de la unidad condensadora	2.4						
15	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad condensador	10.8						
16	Verificación visual del aislamiento térmico las tuberías de refrigeración	1.2						
17	Desmontaje y limpieza de todas las tapas de la unidad evaporadora	7.2						
18	Desmontaje y limpieza de filtros de aire	1.2						
19	Desmontaje y limpieza de bandeja de condensado	4.8						
20	Lavado a presión de agua con hidrolavadora del serpentín de la unidad evaporador	8.4						
21	Lavado a presión de agua con hidrolavadora de las todas las tapas de la unidad evaporador	4.8						
22	Desmontaje y limpieza de turbinas de motor blower	8.4						
23	Lubricación de ejes de motor blower	2.4						
24	Ajuste de conexionado eléctrico de fuerza y control de la unidad evaporador	2.4						
25	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad evaporador	3.6						
26	Limpieza de drenajes de la unidad evaporadora	4.8						
27	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad evaporador	8.4						
28	Reajuste de pernos de la unidad evaporadora y piezas móviles	1.2						
29	Revisión de rodamientos de motores (fan - blower)	1.8						
30	Revisión y calibración de Set point del control de temperatura	2.4						
31	Revisión y verificación de gas refrigerante en la unidad condensador, evaporador y líneas de refrigeración	2.4						
32	Desbloqueo de aislamiento de energía	3.6						
33	Toma de parámetros de funcionamiento del equipo HVAC, como: Temperaturas, presión de alta y baja de gas refrigerante, amperajes, voltajes	10.8						
34	Liberación del área de trabajo (orden y limpieza)	3.6						
35	Toma de datos o observaciones encontrado en el proceso de mantenimiento de los equipos HVAC	2.4						
36	Entrega de reportes de campo y validación de acta de conformidad por parte del cliente	6.0						
37	Recojo de equipos, herramientas, insumos, instrumentos, escaleras, andamios, desde la agencia hasta el taller - almacén	14.2						
<b>Total</b>		<b>202.2</b>	<b>27</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

**Figura 11**

*DAP – Sistema HVAC 36,000 BTU/H*

Formato cursograma Diagrama de Análisis del Proceso								
Diagrama Núm.: 03012022		Hoja Núm. de		Resumen				
Objeto: Sistema HVAC		Actividad			Actual	Propuesta	Economía	
Actividad: Proceso de Mantenimiento Preventivo		Operación			27			
Método: Actual		Inspección			9			
Lugar: Agencia de Caja Municipal		Transporte			1			
Operario (s):		Espera			0			
Ficha núm.:		Almacenamiento			0			
		Distancia (m)						
		Tiempo (min-hombre)			236.8			
Número	Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
			○	□	D	⇨	▽	
1	Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller - almacén, hasta los puntos de cada agencia	33.5	○					
2	Evaluación del área de trabajo antes del inicio de las actividades de mantenimiento preventivo de equipos HVAC	2.9		○				Toma de fotografías de estado de los equipos (antes/después)
3	Puesta en funcionamiento de los equipos HVAC antes del inicio del inicio del mantenimiento preventivo, para determinar si están operativos o con averías	2.9		○				
4	Bloqueo y aislamiento de energía de cada equipo HVAC	4.1		○				
5	Desmontaje de tapas de la unidad Condensadora	8.3		○				
6	Desmontaje de motor Fan	8.3		○				
7	Lavado a presión de agua con hidrolavador el serpentín de la unidad condensadora	9.6		○				
8	Lavado a presión de agua con hidrolavadora de las todas las tapas de la unidad condensador	5.4		○				
9	Limpieza interna y externa de todo el gabinete de la unidad condensadora	6.7		○				
10	Lubricación de ejes de motor fan y limpieza de hélice	2.9		○				
11	Megado de compresor y motores eléctricos	5.7		○				
12	Ajuste de conexionado eléctrico de fuerza y control de la unidad condensador	2.9		○				
13	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad condensadora	4.1		○				
14	Reajuste de pernos de la unidad condensadora	2.5		○				
15	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad condensador	12.4		○				
16	Verificación visual del aislamiento térmico las tuberías de refrigeración	1.3		○				
17	Desmontaje y limpieza de todas las tapas de la unidad evaporadora	8.3		○				
18	Desmontaje y limpieza de filtros de aire	1.3		○				
19	Desmontaje y limpieza de bandeja de condensado	5.7		○				
20	Lavado a presión de agua con hidrolavadora del serpentín de la unidad evaporador	9.9		○				
21	Lavado a presión de agua con hidrolavadora de las todas las tapas de la unidad evaporador	5.7		○				
22	Desmontaje y limpieza de turbinas de motor blower	9.9		○				
23	Lubricación de ejes de motor blower	2.9		○				
24	Ajuste de conexionado eléctrico de fuerza y control de la unidad evaporador	2.9		○				
25	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad evaporador	4.1		○				
26	Limpieza de drenajes de la unidad evaporadora	5.7		○				
27	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad evaporador	9.9		○				
28	Reajuste de pernos de la unidad evaporadora y piezas móviles	1.3		○				
29	Revisión de rodamientos de motores (fan - blower)	2.2		○				
30	Revisión y calibración de Set point del control de temperatura	2.9		○				
31	Revisión y verificación de gas refrigerante en la unidad condensador, evaporador y líneas de refrigeración	2.9		○				
32	Desbloqueo de aislamiento de energía	4.1		○				
33	Toma de parámetros de funcionamiento del equipo HVAC, como: Temperaturas, presión de alta y baja de gas refrigerante, amperajes, voltajes	12.4		○				
34	Liberación del área de trabajo (orden y limpieza)	4.1		○				
35	Toma de datos o observaciones encontrado en el proceso de mantenimiento de los equipos HVAC	2.9		○				
36	Entrega de reportes de campo y validación de acta de conformidad por parte del cliente	7.0		○				
37	Recojo de equipos, herramientas, insumos, instrumentos, escaleras, andamios, desde la agencia hasta el taller - almacén	17.2		○				
<b>Total</b>		<b>236.75</b>	<b>27</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

**Figura 12**

DAP – Sistemas HVAC 48,000 y 60,000 BTU/H

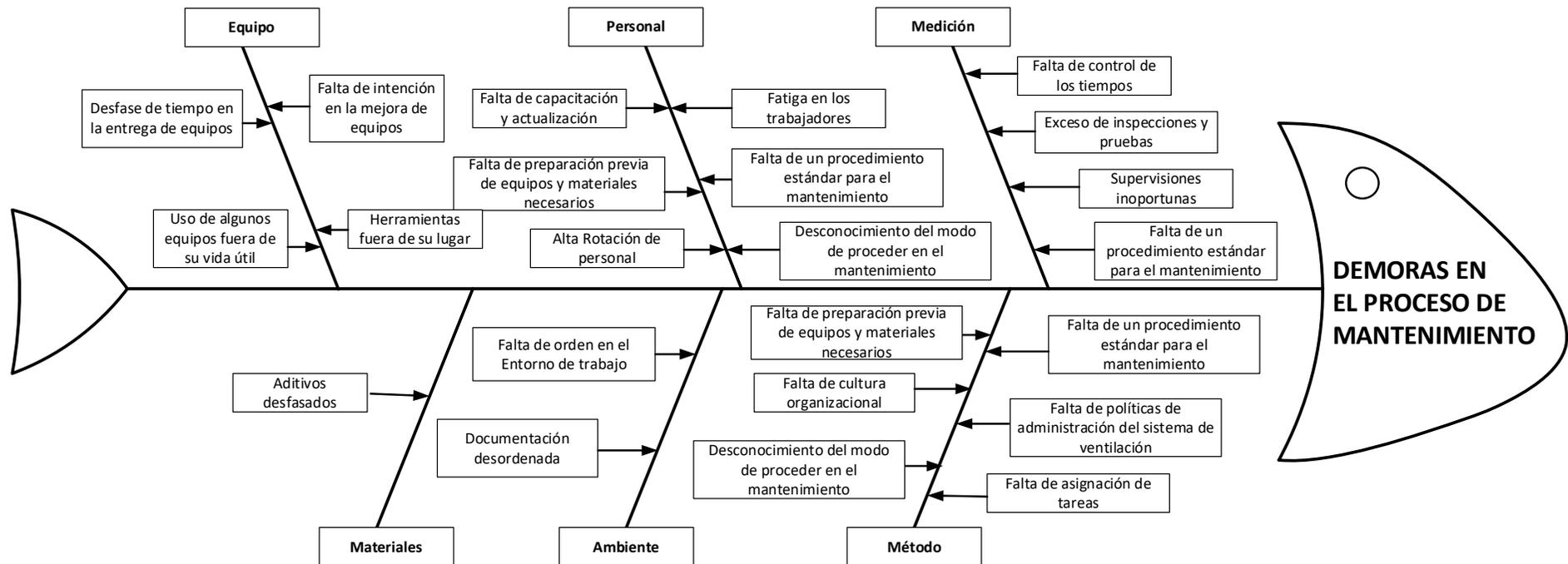
Formato cursograma Diagrama de Análisis del Proceso								
Diagrama Núm.: 03012022		Hoja Núm. de		Resumen				
Objeto: Sistema HVAC		Actividad			Actual	Propuesta	Economía	
Actividad: Proceso de Mantenimiento Preventivo		Operación			27			
Método: Actual		Inspección			9			
Lugar: Agencia de Caja Municipal		Transporte			1			
Operario (s):		Espera			0			
Ficha núm.:		Almacenamiento			0			
		Distancia (m)						
		Tiempo (min-hombre)			250.7			
Número	Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
			○	□	D	⇨	▽	
1	Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller - almacén, hasta los puntos de cada agencia	35.4	●					
2	Evaluación del área de trabajo antes del inicio de las actividades de mantenimiento preventivo de equipos HVAC	3.2		●				Toma de fotografías de estado de los equipos (antes/después)
3	Puesta en funcionamiento de los equipos HVAC antes del inicio del inicio del mantenimiento preventivo, para determinar si están operativos o con averías	3.0		●				
4	Bloqueo y aislamiento de energía de cada equipo HVAC	4.4	●					
5	Desmontaje de tapas de la unidad Condensadora	8.9	●					
6	Desmontaje de motor Fan	8.9	●					
7	Lavado a presión de agua con hidrolavador el serpentín de la unidad condensadora	10.3	●					
8	Lavado a presión de agua con hidrolavadora de las todas las tapas de la unidad condensador	5.9	●					
9	Limpieza interna y externa de todo el gabinete de la unidad condensadora	7.4	●					
10	Lubricación de ejes de motor fan y limpieza de hélice	3.0	●					
11	Megado de compresor y motores eléctricos	5.9	●					
12	Ajuste de conexionado eléctrico de fuerza y control de la unidad condensador	3.0	●					
13	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad condensadora	4.4	●					
14	Reajuste de pernos de la unidad condensadora	3.0	●					
15	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad condensador	13.3	●					
16	Verificación visual del aislamiento térmico las tuberías de refrigeración	1.5	●					
17	Desmontaje y limpieza de todas las tapas de la unidad evaporadora	8.9	●					
18	Desmontaje y limpieza de filtros de aire	1.5	●					
19	Desmontaje y limpieza de bandeja de condensado	5.9	●					
20	Lavado a presión de agua con hidrolavadora del serpentín de la unidad evaporador	10.3	●					
21	Lavado a presión de agua con hidrolavadora de las todas las tapas de la unidad evaporador	5.9	●					
22	Desmontaje y limpieza de turbinas de motor blower	10.3	●					
23	Lubricación de ejes de motor blower	3.0	●					
24	Ajuste de conexionado eléctrico de fuerza y control de la unidad evaporador	3.0	●					
25	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad evaporador	4.4	●					
26	Limpieza de drenajes de la unidad evaporadora	5.9	●					
27	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad evaporador	10.3	●					
28	Reajuste de pernos de la unidad evaporadora y piezas móviles	1.5	●					
29	Revisión de rodamientos de motores (fan - blower)	2.4	●					
30	Revisión y calibración de Set point del control de temperatura	3.0	●					
31	Revisión y verificación de gas refrigerante en la unidad condensador, evaporador y líneas de refrigeración	3.0	●					
32	Desbloqueo de aislamiento de energía	4.4	●					
33	Toma de parámetros de funcionamiento del equipo HVAC, como: Temperaturas, presión de alta y baja de gas refrigerante, amperajes, voltajes	13.3	●					
34	Liberación del área de trabajo (orden y limpieza)	4.4	●					
35	Toma de datos o observaciones encontrado en el proceso de mantenimiento de los equipos HVAC	3.0	●					
36	Entrega de reportes de campo y validación de acta de conformidad por parte del cliente	7.4	●					
37	Recojo de equipos, herramientas, insumos, instrumentos, escaleras, andamios, desde la agencia hasta el taller - almacén	17.7	●					
<b>Total</b>		<b>250.73</b>	<b>27</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

En función al DAP del proceso inicial de los sistemas HVAC, se desprende que:

- La actividad de preparación y acarreo de materiales, herramientas y equipos demanda mucho tiempo, ello se debe a que se carece de planificación y de instrumentos que agilicen el proceso, además se observó errores en cuanto al cálculo de materiales, en ocasiones se subestiman y en otras existe un déficit de materiales para el trabajo de campo, lo que evidencia la ausencia de planificación en función a los proyectos que se ejecutarán. Por otro lado, la demora se origina en la respuesta a los pedidos al área de Logística, que, en primera instancia se realiza mediante una documentación con formato de carta, lo que genera retrasos y hace más impreciso el requerimiento de los materiales.
- Las principales actividades de mantenimiento se realizan sin algún procedimiento establecido, dada la falta de conocimiento del sistema, el proceso se torna lento con el fin de evitar errores, ya que se demostró que el conocimiento de los trabajadores respecto al manejo de los equipos HVAC tiene un promedio bajo de 13.5 sobre 20 (resultado de la prueba de conocimientos Anexo 9), la principal causa de ello es la alta rotación de personal en el área de mantenimiento. A ello se le suma la inoportuna inspección de las operaciones, lo que en algunos casos obliga a empezar nuevamente el proceso.
- El tiempo de las actividades propias para el retiro de la agencia, culminado el mantenimiento es muy alto, se observa que la documentación de entrega es un cuello de botella que detiene el retiro.

**Figura 13**

*Diagrama de Ishikawa*

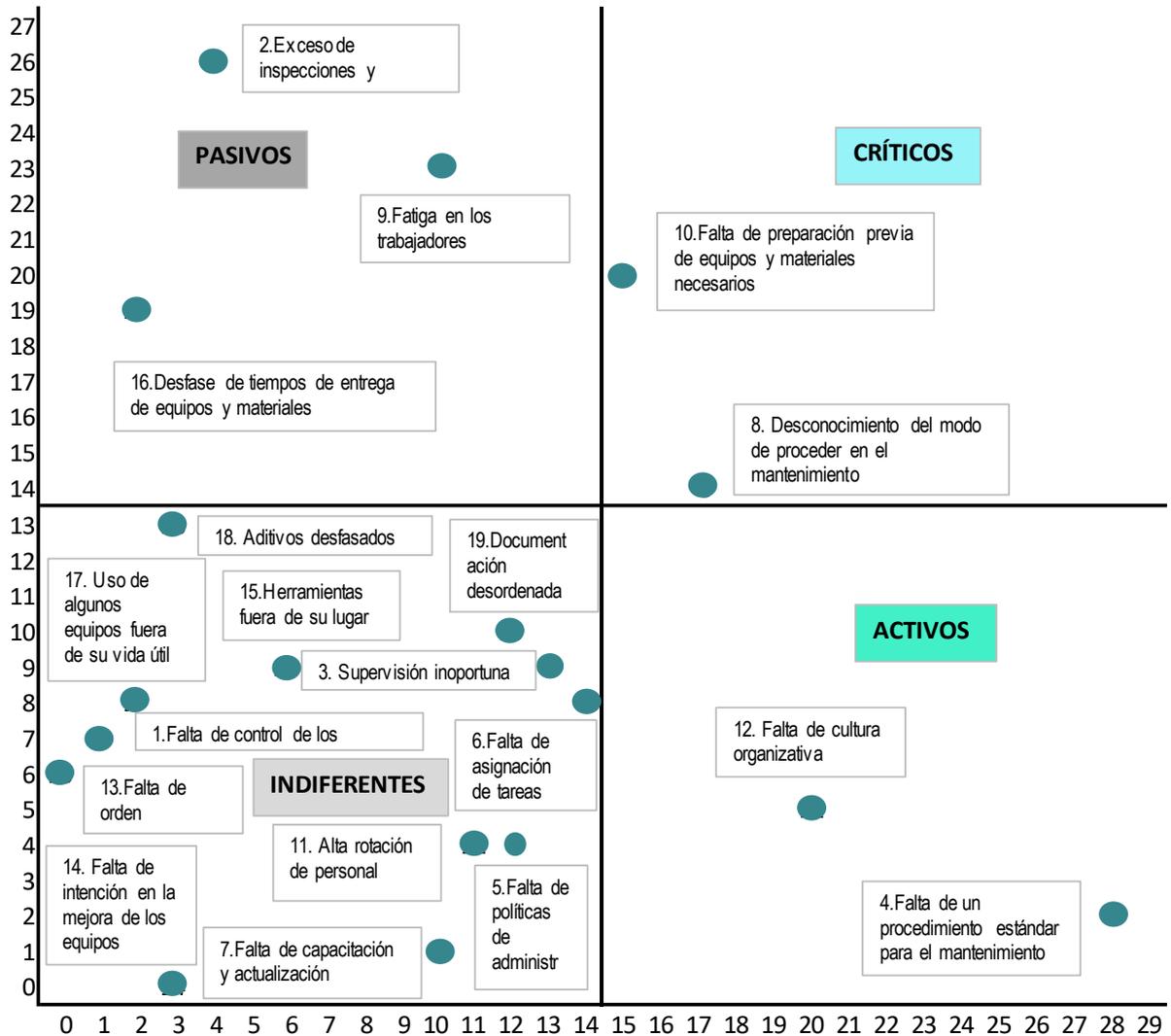


En consideración del proceso inicial de mantenimiento de los sistemas HVAC, se cuenta con base para el establecimiento de causas que originan el principal problema que se ha observado “Demoras en el proceso de mantenimiento”, para dicho análisis se utiliza el Diagrama de Ishikawa, el cual es presentado en la figura 13.

En base a las causas identificadas por el Diagrama de Ishikawa, se procede a evaluar en qué grado cada aspecto reconocido influye sobre otro, para lo cual se hizo uso de la Matriz de Vester, los resultados son reflejados en la figura 14. Donde gráficamente se analiza en base a la criticidad de cada causa asignable al problema identificado (Demoras en el Proceso de Mantenimiento), del cual se concluye que las causas: 4 (Falta de un formato estándar para el procedimiento), y 12 (Falta de cultura organizativa) son causas Activas, es decir, estas tienen influencia sobre las demás causas, pero no son generados por estos, por lo que se les denomina como causa raíz; además se reconoció la causa 8 (Desconocimiento del modo de proceder en el mantenimiento) y 10 (Falta de preparación previa de equipos y materiales) como Críticos, lo que significa que tienen gran causalidad y que a la par son provocados por los demás ítems.

**Figura 14**

*Matriz de Vester*



En base a la frecuencia de las causas consideradas, se identificó 12 causas principales que generan la demora en los tiempos de mantenimiento, los cuales son presentados en la Tabla de Pareto (ordenados de acuerdo a los casos presentados).

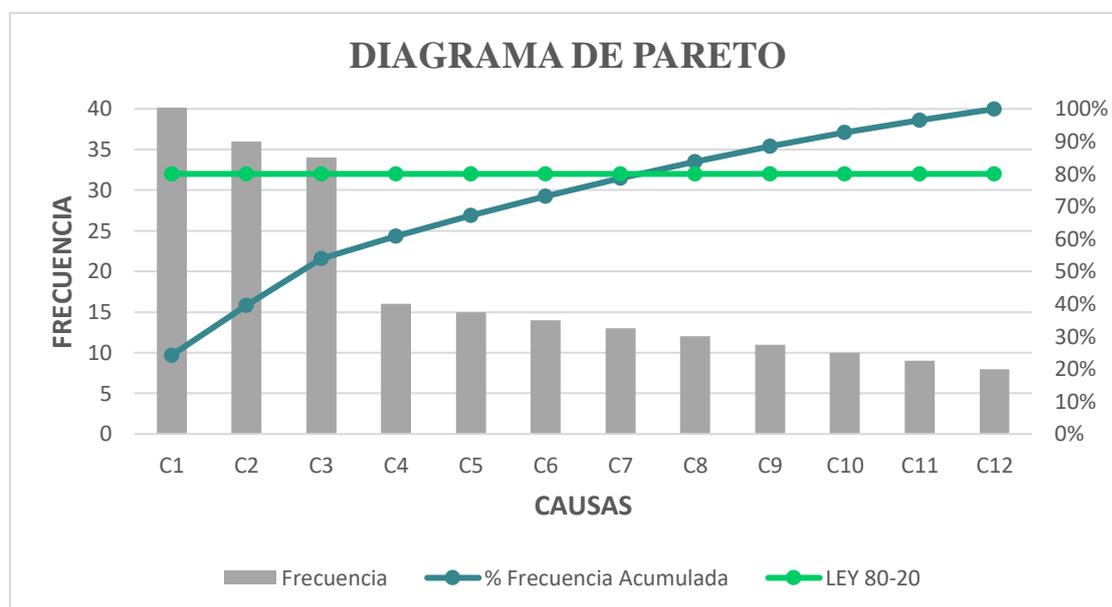
**Tabla 6**

*Tabla de Pareto*

Causa	f	Nivel De Importancia	Frecuencia * Importancia	Frecuencia Acumulada	%	% Acumulado
Falta de un procedimiento estándar para el mantenimiento	3	19	57	57	24.26%	24%
Desconocimiento del modo de proceder en el mantenimiento	2	18	36	93	15.32%	40%
Falta de preparación previa de equipos y materiales necesarios	2	17	34	127	14.47%	54%
Falta de control de los tiempos	1	16	16	143	6.81%	61%
Exceso de inspecciones y pruebas	1	15	15	158	6.38%	67%
Supervisiones inoportunas	1	14	14	172	5.96%	73%
Falta de asignación de tareas	1	13	13	185	5.53%	79%
Falta de capacitación y actualización	1	12	12	197	5.11%	84%
Fatiga en los trabajadores	1	11	11	208	4.68%	89%
Alta Rotación de personal	1	10	10	218	4.26%	93%
Falta de cultura organizativa	1	9	9	227	3.83%	97%
Desfase de tiempos de entrega de los equipos	1	8	8	235	3.40%	100%
Total			235		100.00%	

**Figura 15**

*Diagrama de Pareto*



En consideración de la figura 15, las siete primeras causas agrupan alrededor del 80% del total de generadores de la demora en los tiempos de mantenimiento:

- a) Falta de un procedimiento estándar para el mantenimiento
- b) Desconocimiento del modo de proceder en el mantenimiento
- c) Falta de preparación previa de equipos y materiales necesarios
- d) Falta de control de los tiempos
- e) Exceso de inspecciones y pruebas
- f) Supervisiones inoportunas
- g) Falta de asignación de tareas

De las cuales se establece la primera causa (a) como una causa raíz, mientras que las dos siguientes (b y c) son efecto de la falta de capacitación y de no contar con una guía para el procedimiento, en cuanto al resto son producto de la causa raíz.

Lo anterior se sustenta en el desarrollo del proceso de mantenimiento observado, el cual se basa en dos aspectos: el Manual y Guía de mantenimiento propios del sistema (Formato de fábrica) y el Conocimiento empírico.

Por lo que no se cuenta con un procedimiento estándar que automatice y agilice las actividades que se deben de realizar, ya que la disposición de dichos manuales y guías están dispersos, y cada uno de ellos tienen un manejo independiente entre sí, generando trabas y demoras en la ejecución del mantenimiento.

Dando como consecuencia, que en la mayoría de los casos se presta a aplicar procedimientos que con anterioridad se han seguido para casos similares, sin embargo, al no contar con un procedimiento claro no se puede proceder de manera firme y segura. A ello se le suma la constante rotación de personal, generando que los conocimientos por la experiencia no sean de utilidad.

#### **2.4.1.2. Equipos técnicos para el mantenimiento**

Para la ejecución del servicio de mantenimiento se cuenta con cuatro técnicos, así como instrumentos de medición eléctrica y de presión, herramientas manuales y eléctricas, insumos, equipos EPPS, escaleras y repuestos.

## A. Equipos de protección personal

**Tabla 7**

*Inventariado de equipos de protección*

Equipos de Protección individual	Sistema de Protección Colectiva
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casco de seguridad tipo Jockey con ANSI Z89.1 Tipo I Clase E</li> <li>- Lentes de seguridad herméticos claros y oscuros con ANSIZ87.1.</li> <li>- Guantes Neopreno</li> <li>- Zapatos de seguridad dieléctricos</li> <li>- chaleco reflectivo</li> <li>- Barbiquejo</li> <li>- Arnés de Seguridad</li> <li>- Tapones auditivos (tapones u orejeras)</li> <li>- Respirador de media cara con filtro para partículas o mascarillas.</li> <li>- Bloqueador solar</li> <li>- Alcohol 96°C</li> <li>- Alcohol gel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Malla naranja de señalización para delimitar el área de trabajo. Cinta de señalización (amarilla y roja), letreros informativos en el área de trabajo.</li> <li>- Barandas Rígidas.</li> </ul>

## B. Equipos, Herramientas y Materiales

**Figura 16**

*Inventariado de equipos*

		
<p><b>Bomba de vacío</b></p>	<p><b>Manómetro Digital</b></p>	<p><b>Báscula Digital</b></p>
		
<p><b>Gas Refrigerante R410</b></p>	<p><b>Vacuómetro Digital</b></p>	<p><b>Termómetro Infrarrojo</b></p>
		
<p><b>Pinza Amperimétrica</b></p>	<p><b>Balón De Nitrógeno</b></p>	<p><b>Termómetro Infrarrojo</b></p>

**Tabla 8**

*Inventario de Implementos, Herramientas y Materiales*

Implementos de Seguridad	Herramientas	Materiales
- Candados de Bloqueo.	- Caja portátil de herramientas	- Refrigerante R410
- Tarjetas de etiquetado.	- Juego de destornilladores.	- Equipo Autógena
- Cintas de señalización.	- Juego de llaves reguladoras (francesas)	- Nitrógeno gaseoso
- Botiquín.	- Juego de llaves mixtas	- Franelas
	- Juego de alicates mecánico/pinza/corte.	- Trapo industrial
	- Juego de llaves hexagonales	- Waype
	- Juego de dados	- Detergente
	- Brochas	- Cinta aislante
	- Recipientes de agua	- Cinta foam y aluminio
	- Juego de avellanado	- Pegamento PVC, terokal.
	- Arco de sierra	- Pernería
	- Martillo	- Sujetadores (precintos – cintillos)
	- Nivel	- Mangueras aislantes
	- Taladro inalámbrico	
	- Extensión	
	- Soga	
	- Kit de equipo portátil se soldar (autógena)	
	- Manómetro digital y análogo	
	- Hidrolabadora.	

#### **2.4.2. Establecimiento de un procedimiento estandarizado del servicio de mantenimiento de sistemas HVAC**

El anterior apartado da pie al establecimiento de la siguiente mejora a fin de reducir los tiempos de ejecución del servicio de mantenimiento de los equipos HVAC:

- Estandarización del proceso de mantenimiento, con esta propuesta se reduce la incertidumbre en el manejo y mantenimiento de los equipos, mediante la precisión de las actividades que se deben ejecutar en cada uno de los elementos del sistema. Adicionalmente, para reafirmar un proceso correcto como parte de la propuesta de toma por conveniente la ejecución de un plan de capacitación al personal.

**Tabla 9**

*Sistematización de la propuesta: Proceso Estandarizado de Mantenimiento*

Problema	Causas Raíces	Propuesta	Objetivo
Demoras en el proceso de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de un procedimiento estándar para el mantenimiento</li> <li>Desconocimiento del modo de proceder en el mantenimiento</li> </ul>	<p>Estandarización del proceso de mantenimiento, y</p> <p>Capacitación al personal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agilizar el proceso de mantenimiento, mediante la ejecución correcta y rápida de las actividades</li> </ul>

Esta propuesta consiste en la definición de actividades estándares que ayuden a la reducción del tiempo demandado para el “Servicio de Mantenimiento del Sistema HVAC” (anexo 5), el cual está compuesto por la descripción, responsabilidades, requerimiento de recursos humanos, y materiales, la operación y el mantenimiento propiamente dicho, y finalmente unas consideraciones. Su uso es como una guía, lo que reducirá la incertidumbre en la ejecución de las actividades de mantenimiento, además ello depende de la correcta y rápida acción de los trabajadores, por eso se plantea la capacitación del personal.

### **Capacitación al personal**

En razón a la necesidad de un entrenamiento para mejorar los niveles de conocimiento acerca del manejo y gestión de mantenimiento del sistema HVAC, se desarrolló un Plan de Capacitación y Entrenamiento Técnico (Anexo 10).

Esta capacitación brinda a los técnicos oportunidades para desarrollar habilidades, y destrezas, por lo que el entrenamiento del personal se enfocó en la aplicación de herramientas y nuevas tecnologías que permita que cada personal técnico desempeñe servicios muy eficientes, mejorar los métodos de trabajo, disminuir los tiempos de cada actividad asignada y reducir accidentes laborales. Por otro lado, se busca mantener alianzas estratégicas con las marcas de los equipos para que ellos mismos sean los encargados de capacitar al personal

técnico referente al manejo de sus equipos en los diferentes tipos, características, aplicaciones y capacidades.

En base a los resultados de la prueba de conocimientos a los técnicos del área de mantenimiento (Anexo 9), se propone la capacitación enfocada en los puntos que más errores se evidenciaron, por lo que se establece tres módulos:

- Refrigeración
- Aire Acondicionado
- Seguridad, Salud y Medio ambiente

Los cuales están compuestos por sus actividades correspondientes, el encargado de la exposición, así como los recursos necesarios para su ejecución.

Es importante mencionar que la capacitación y actualización del personal no se debe de ejecutar una sola vez, sino debe darse periódicamente.

#### **2.4.3. Elaboración de Formatos de Control**

El uso de Formatos de Control en los procesos ayuda a la gestión y control de las actividades que comprende el proceso, por lo que se estima por conveniente desarrollar los siguientes formatos:

- Formato de requerimiento de equipos, materiales y herramientas: en el proceso de mantenimiento uno de los aspectos que agiliza las actividades son los formatos, con el fin de evitar la sobrestimación o subestimación de los materiales que se requiere se propone el empleo de una ficha de requerimiento de equipos, materiales y herramientas.
- Formato de Estado del Equipo: el presentar un documento donde se observe claramente el estado inicial de los equipos, y los cambios realizados a favor de

su mantenimiento, ayuda a que el cliente verifique los puntos exactos del trabajo.

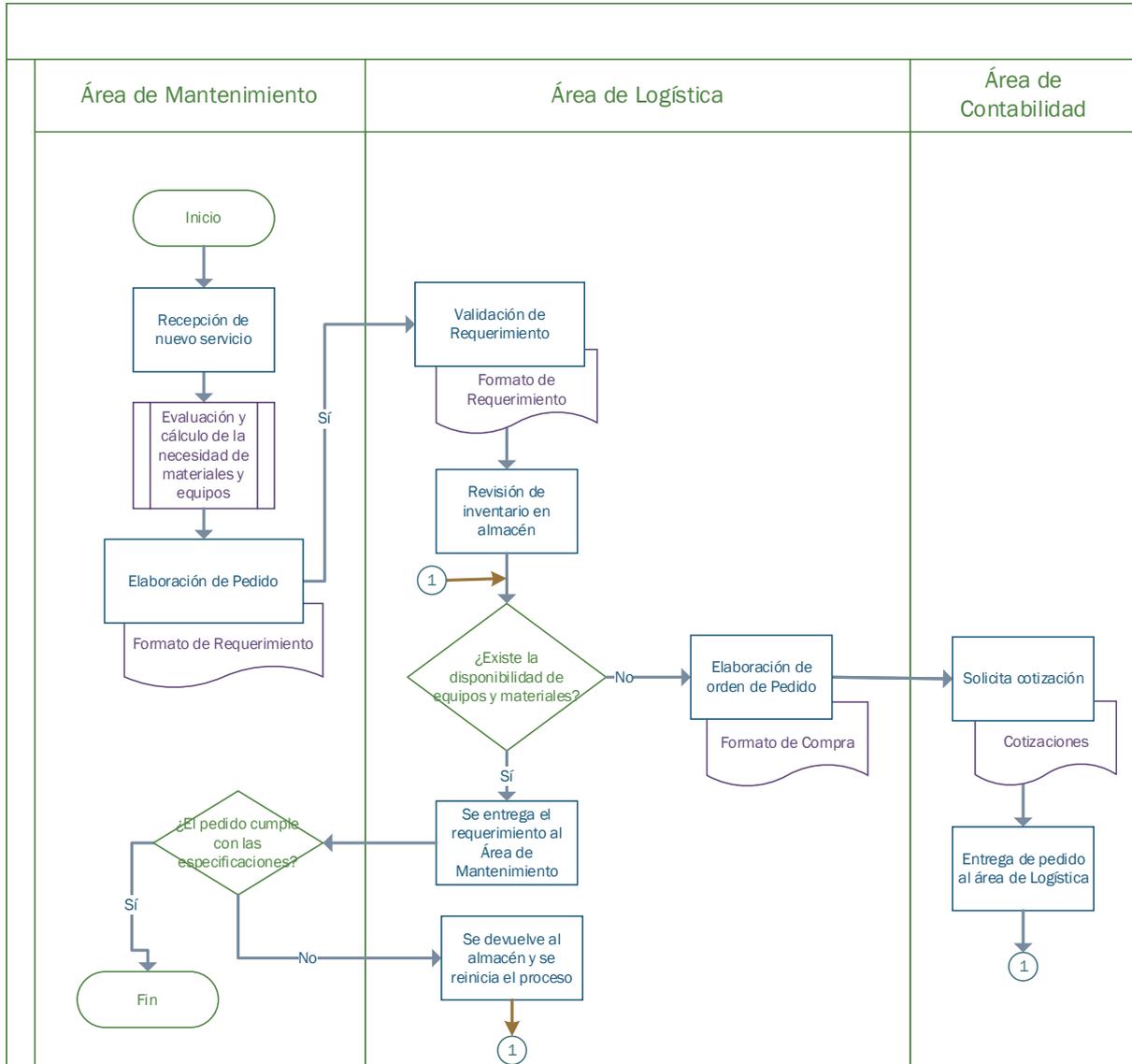
#### **2.4.3.1. Formato de Requerimiento de equipos, materiales y herramientas**

El trabajo de mantenimiento inicia con la recepción de un nuevo proyecto (servicio), con esta información se debe de realizar la planificación de los elementos que se requieren, ya que cada proyecto es distinto, por lo que el requerimiento de los materiales también lo es, en la mayoría de los casos este proceso se realiza mediante una aproximación de los elementos que se necesitan, el cual generalmente se trata de equipos de medición, y herramientas básicas. Pese a que el mantenimiento es un proceso rutinario, la ocurrencia de imprevistos siempre es un riesgo, ya sea en la empresa misma o en la agencia (lugar de trabajo), puesto que no informar de los elementos que se requieren con anterioridad no garantiza la disponibilidad de estos para el trabajo, y la presencia de averías o imperfectos de los sistemas HVAC no siempre es uniforme, por lo que se requiere contar con repuestos en base al nuevo proyecto.

A fin de evitar los riesgos de no contar con el material necesario para el mantenimiento, se establece el flujograma del requerimiento de materiales (figura 16), en el cual se establece como paso previo la evaluación y cálculo de lo necesario, este paso se concreta con la elaboración del pedido mediante un “Formato de Requerimiento” (figura 17), donde se debe especificar los elementos necesarios según las actividades que se programa ejecutar, y así evitar la sobrestimación o subestimación de lo que realmente se necesita, también se considera importante tomar en cuenta la fecha de inicio y fin del proyecto. Con el documento, se procede a hacer el pedido al área de Logística, que de acuerdo a la disponibilidad de los equipos da respuesta al área de Mantenimiento, este proceso sin duda garantiza la disponibilidad de los equipos, ya que los pedidos se realizan de manera anticipada, y así se evita contratiempos como la ocurrencia de errores en la entrega de materiales.

**Figura 17**

*Flujograma del Proceso de Requerimiento de Materiales*



## Figura 18

### Formato de requerimiento

	<b>FORMATO DE REQUERIMIENTO DE MATERIAL, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>				Código:		
	<b>Área de Mantenimiento</b>				Encargado:		
					Fecha de solicitud:		
<b>INFORMACIÓN GENERAL DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO</b>							
Nombre del Servicio:							
N° de Requisición:		Fecha de inicio del servicio:		Hora de inicio:			
		Fecha fin del servicio:		Hora aprox. Fin:			
Nombre del responsable actividad:							
Celular							
<b>MATERIAL, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS SOLICITADAS</b>							
Actividad a ejecutar	Material/Equipo/Herramienta			Unidad de Medida	Cantidad	Descripción	
Observaciones							
Entregado por:		Recibe y traslado por:			Visto Bueno		
Nombre y firma:		Nombre y firma:			Nombre y firma:		

#### **2.4.1. Formato de Estado de Equipo**

También se observó que existe demoras en la aprobación de la documentación para el retiro de la agencia, para ello se desarrolló un “Formato de Estado de Equipo”, la utilidad de este documento es el detalle del estado del sistema HVAC, así como los cambios que se han realizado, y el sustento mediante fotos, por ello se propone el empleo del formato de Estado del equipo de la figura 18.

**Figura 19**

*Formato de Estado de Equipo*

	<b>AIRTEMPERU S.A.C.</b>		
	Jr. San Pedro 1361 Surquillo – Lima - Perú		Supervisor:
	Telf.: 01 4476360		ID
	Cel: 987 813 433 / 989 969 241		Fecha
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			
Cliente:		Teléfono:	
Dirección:		Fecha:	
Distrito		Provincia:	
<b>FECHAS DEL PROYECTO</b>			
Inicio de obra:			
Término de obra:			
N° de semana			
% avance			
<b>DATOS DE LAS INSTALACIONES</b>			
Tensión		Tipo de AA	
Potencia		Capacidad:	
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>			
Marca:		Serie:	
Modelo:		Capacidad:	
Ubicación:		Voltaje:	
<b>ESTADO DEL EQUIPO</b>			
ITEM	ALCANCES DEL SERVICIO	ESTADO	
		BUENO	CAMBIO
1	Limpieza de unidad condensador y unidad evaporador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Limpieza de filtro de aire y/o cambio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Inspección de drenaje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Revisión de condiciones de hélice y motor ventilador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Inspección de Ruidos y Vibraciones anormales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Verificación y ajustes de conexiones eléctricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Prueba de fugas de refrigerante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Revisión de rodajes y/o bocinas de motores ventiladores. Lubricación de requerirlo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Megado de bobinas motores eléctricos (motor ventilador y compresor)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Desoxidación y pintado de gabinete del equipo (de requerirlo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Verificar condiciones generales del equipo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Limpieza del área de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(Continua)

(1 de 3)



<b>GALERÍAL DE FOTOS</b>				
<b>ANTES</b>			<b>DESPUÉS</b>	
Ítem	Partida	N° Foto	% Avance	N° Foto
<b>ANTES</b>			<b>DESPUÉS</b>	
Ítem	Partida	N° Foto	% Avance	N° Foto
<b>ANTES</b>			<b>DESPUÉS</b>	
Ítem	Partida	N° Foto	% Avance	N° Foto
<b>ANTES</b>			<b>DESPUÉS</b>	
Ítem	Partida	N° Foto	% Avance	N° Foto

## 2.5. Aspectos éticos

En el presente trabajo de investigación se toma en cuenta y respeta consideraciones éticas y morales. En consecuencia, se emplea información de fuentes bibliográficas confiables, las cuales fueron citadas apropiadamente con el estilo APA Séptima Edición. Además, se hizo un uso prudente de la información de la empresa, por lo que este trabajo de investigación se sustenta en datos verídicos.

El desarrollo concerniente a la intervención en el personal se realizó con respeto y claridad, para que el personal encuestado y evaluado sepa de su participación en la investigación.

El total de sistemas HVAC considerados para la toma de mediciones en la investigación fue elegido por la facilidad del alcance de información, tomando al grupo total de sistemas a los que se le realiza el mantenimiento preventivo, haciendo de la investigación aún más confiable.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Reducción del tiempo del Proceso de Mantenimiento Preventivo de los sistemas

#### HVAC

Con la implementación de las mejoras, se presentó cambios estructurales en el proceso de mantenimiento, mediante la fijación de actividades de acuerdo a los elementos que conforman los equipos, se puso especial atención en la reducción de tiempos evitando la redundancia de actividades y la incorporación de inspecciones antes de que un proceso operativo sea culminado.

Por lo que, los resultados se definen en relación al registro del tiempo de ejecución con la implementación de las mejoras, en el anexo 7 se detalla las mediciones del tiempo del servicio para cada sistema HVAC.

En la tabla 10 se muestra el promedio de los tiempos de ejecución del servicio, en un estado inicial y final dadas las mejoras para cada uno de los sistemas HVAC. En suma, para la primera frecuencia de mantenimiento (estado inicial-mes de enero), la ejecución del servicio demoraba un total de 22,275.69 minutos, es decir 371.26 horas o 46 días; sin embargo, dadas las mejoras el tiempo de ejecución para las siguientes frecuencias de mantenimiento (abril-agosto-diciembre) descendió a 20,118.01 minutos, es decir 335.30 horas, lo que representa un total de 42 días.

Como consecuencia, se obtiene un ahorro significativo de 2,157.68 minutos posterior a las mejoras, es decir 35.96 horas de trabajo o un ahorro de 4 días.

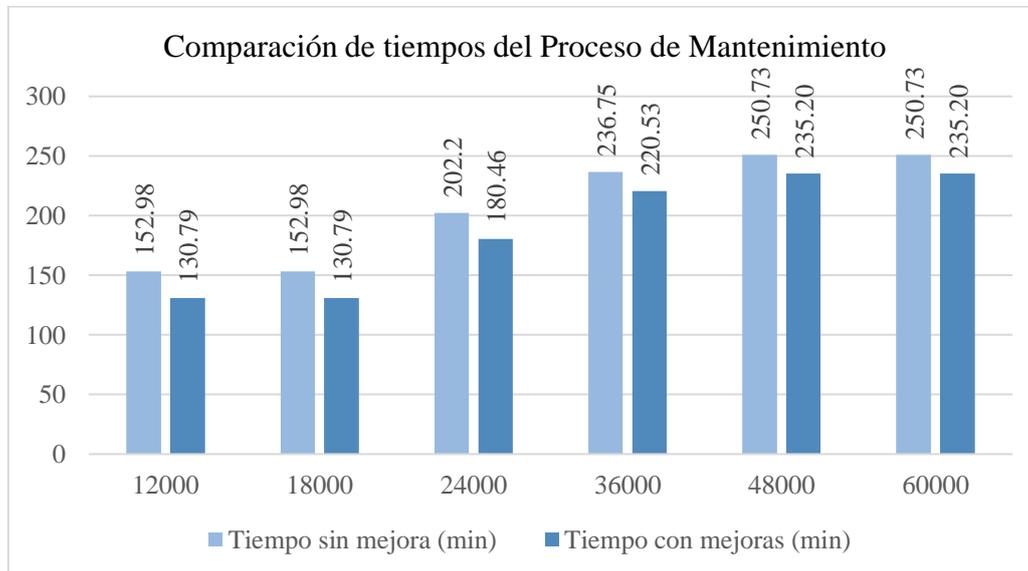
**Tabla 10**

*Comparación de tiempos del Proceso de Mantenimiento Inicial-Final*

Sistema HVAC (capacidad BTU/H)	Cantidad de equipos "A"	Cantidad de min. por mantenimiento preventivo sin mejora (por equipo) "B"	Cantidad de min. por mantenimiento preventivo posterior a la mejora (por equipo) "C"	Diferencia de min. posterior a la mejora (por equipo) "B" - "C"	Cantidad de min. por mantenimiento preventivo por la 1ra frecuencia mes enero 2021 "A" x "B"	Cantidad de min. por mantenimiento preventivo posterior a la mejora - 2da frecuencia mes de abril 2021 "A" x "C"	Cantidad de min. por mantenimiento preventivo posterior a la mejora 3era frecuencia mes de agosto 2021 "A" x "C"	Cantidad de min. por mantenimiento preventivo posterior a la mejora 4ta frecuencia mes de diciembre de 2021 "A" x "C"
12,000	14	152.98	130.79	22.19	2,141.72	1,831.06	1,831.06	1,831.06
18,000	37	152.98	130.79	22.19	5,660.26	4,839.23	4,839.23	4,839.23
24,000	10	202.2	180.46	21.74	2,022.00	1,804.60	1,804.60	1,804.60
36,000	24	236.75	220.53	16.22	5,682.00	5,292.72	5,292.72	5,292.72
48,000	7	250.73	235.2	15.53	1,755.11	1,646.40	1,646.40	1,646.40
60,000	20	250.73	235.2	15.53	5,014.60	4,704.00	4,704.00	4,704.00
<b>Total</b>	<b>112</b>	<b>1,246.37</b>	<b>1,132.97</b>	<b>113.4</b>	<b>22,275.69</b>	<b>20,118.01</b>	<b>20,118.01</b>	<b>20,118.01</b>

**Figura 20**

*Reducción del tiempo de Proceso de Mantenimiento de cada sistema HVAC*



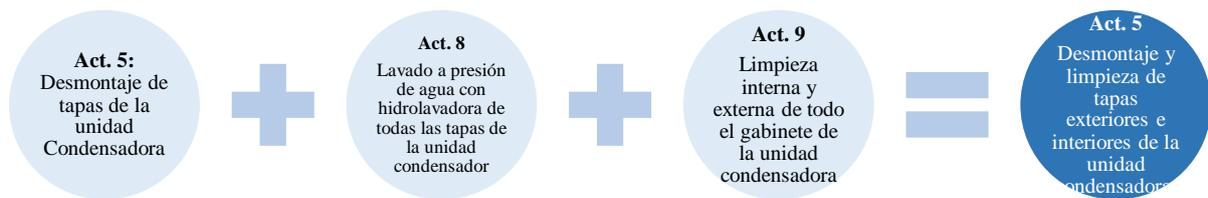
Como ya se mencionó, las actividades del proceso de mantenimiento de los sistemas HVAC son similares, difiriendo únicamente en el tiempo de ejecución.

Por lo que, el DAP antes de la mejora, tanto para los sistemas con capacidad de 12,000 y 18,000 BTU/H (figura 9), 24,000 BTU/H (figura 10), de 36,000 BTU/H (figura 11), de 48,000 y 60,000 BTU/H (figura 12), presentan un total de 37 actividades, de los cuales 27 son de operación, 9 de inspección, y 1 de transporte, presentando desorden y falta de priorización en la ejecución del proceso de mantenimiento de los sistemas HVAC.

En consecuencia, el modelo inicial ameritaba una reestructuración, en la tabla 12 se muestra la comparación de las actividades del proceso de mantenimiento de los sistemas HVAC antes y posterior a las mejoras. Las filas sombreadas son los cambios que se presentan priorizando el orden en la ejecución y culminación de una actividad.

En el nuevo DAP la reducción de las operaciones responden a la unificación de las actividades de acuerdo a cada componente del sistema y no en actividades separadas como presenta el modelo inicial. En la siguiente imagen se muestra este cambio, donde las actividades

número 5, 8, y 9 del modelo inicial (presentado en la tabla 12) se agrupan en una sola actividad numerada como la Actividad 5 del modelo final (también presentado en la tabla 12), es importante recalcar que la unificación de ésta y las demás actividades se dan bajo un criterio de ejecución del proceso de mantenimiento por componente del sistema de ventilación.



De modo que, si se compara un resumen de los DAP de todos los sistemas (tabla 11), se observa que el número de actividades de mantenimiento se reduce de 37 a 27 actividades, este resultado se debe a la disminución del número de actividades operativas en un 30%, pasando de 27 a 19, así como las de inspección con una reducción del 22%, mientras que las actividades de transporte, espera y almacenamiento permanecen iguales.

**Tabla 11**

*Resumen de actividades del DAP actual vs propuesto*

Actividad	Nº de actividades DAP Actual	Nº de actividades DAP Propuesto	Economía
Operación	27	19	30%
Inspección	9	7	22%
Transporte	1	1	0%
Espera	0	0	0%
Almacenamiento	0	0	0%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>27%</b>

**Tabla 12**

*Comparación Actividades del Proceso de Mantenimiento Inicial-Final*

Ítem	Antes	Ítem	Después
1	Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller - almacén, hasta los puntos de cada agencia	1	Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller - almacén, hasta los puntos de cada agencia
2	Evaluación del área de trabajo antes del inicio de las actividades de mantenimiento preventivo de equipos HVAC	2	Evaluación del área de trabajo antes del inicio de las actividades de mantenimiento preventivo de equipos HVAC
3	Puesta en funcionamiento de los equipos HVAC antes del inicio del inicio del mantenimiento preventivo, para determinar si están operativos o con averías	3	Puesta en funcionamiento de los equipos HVAC antes del inicio del inicio del mantenimiento preventivo, para determinar si están operativos o con averías
4	Bloqueo y aislamiento de energía de cada equipo HVAC	4	Bloqueo y aislamiento de energía de cada equipo HVAC
5	Desmontaje de tapas de la unidad Condensadora	5	Desmontaje y limpieza de tapas exteriores e interiores de la unidad condensadora.
6	Desmontaje de motor Fan	6	Desmontaje, revisión, limpieza y lubricación de motor ventilador
7	Lavado a presión de agua con hidrolavadora el serpentín de la unidad condensadora	7	Lavado a presión de agua con hidrolavador el serpentín de la unidad condensadora
8	Lavado a presión de agua con hidrolavadora de todas las tapas de la unidad condensador	8	Limpieza de protecciones eléctricas
9	Limpieza interna y externa de todo el gabinete de la unidad condensadora	9	Limpieza y ajustes de contactores, relay, terminales y elementos de control.
10	Lubricación de ejes de motor fan y limpieza de hélice	10	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad condensador
11	Megado de compresor y motores eléctricos	11	Verificación visual del aislamiento térmico las tuberías de refrigeración
12	Ajuste de conexión eléctrico de fuerza y control de la unidad condensador	12	Desmontaje de tapas exteriores e interiores de la unidad evaporadora
13	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad condensadora	13	Desmontaje, revisión, limpieza y lubricación de motores eléctricos
14	Reajuste de pernos de la unidad condensadora	14	Desmontaje y limpieza de bandejas de condensado y drenajes.
15	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad condensador	15	Limpieza de filtros de aire.
16	Verificación visual del aislamiento térmico las tuberías de refrigeración	16	Lavado a presión de agua con hidrolavadora del serpentín de la unidad evaporador y gabinete interno.
17	Desmontaje y limpieza de todas las tapas de la unidad evaporadora	17	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad evaporador
18	Desmontaje y limpieza de filtros de aire	18	Reajustes de componentes eléctricos y mecánicos.

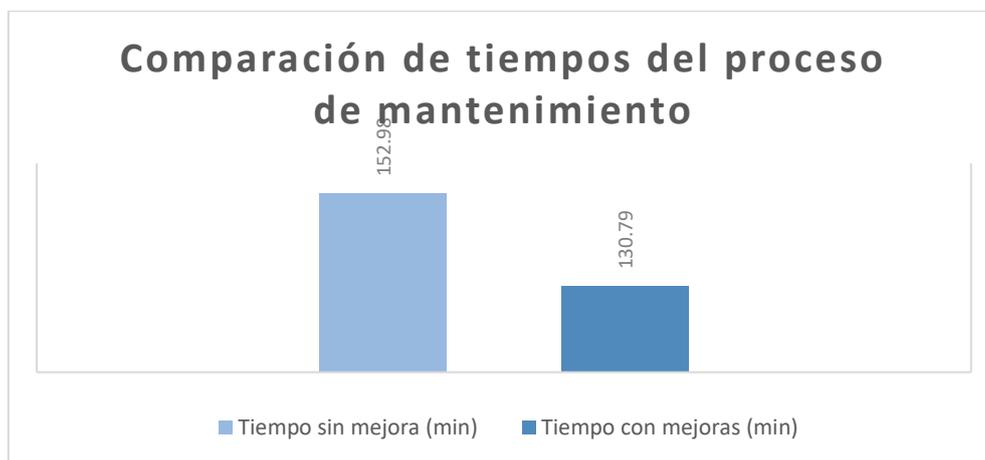
19	Desmontaje y limpieza de bandeja de condensado	19	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad evaporador
20	Lavado a presión de agua con hidrolavadora del serpentín de la unidad evaporador	20	Revisión y calibración de Set point del control de temperatura
21	Lavado a presión de agua con hidrolavadora de todas las tapas de la unidad evaporador	21	Revisión y verificación de gas refrigerante en la unidad condensador, evaporador y líneas de refrigeración
22	Desmontaje y limpieza de turbinas de motor blower	22	Desbloqueo de aislamiento de energía
23	Lubricación de ejes de motor blower	23	Toma de parámetros de funcionamiento del equipo HVAC, como: Temperaturas, presión de alta y baja de gas refrigerante, amperajes, voltajes
24	Ajuste de conexionado eléctrico de fuerza y control de la unidad evaporador	24	Liberación del área de trabajo (orden y limpieza)
25	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad evaporador	25	Toma de datos o observaciones encontrado en el proceso de mantenimiento de los equipos HVAC
26	Limpieza de drenajes de la unidad evaporadora	26	Entrega de reportes de campo y validación de acta de conformidad por parte del cliente
27	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad evaporador	27	Recojo de equipos, herramientas, insumos, instrumentos, escaleras, andamios, desde la agencia hasta el taller - almacén
28	Reajuste de pernos de la unidad evaporadora y piezas móviles		
29	Revisión de rodamientos de motores (fan - blower)		
30	Revisión y calibración de Set point del control de temperatura		
31	Revisión y verificación de gas refrigerante en la unidad condensador, evaporador y líneas de refrigeración		
32	Desbloqueo de aislamiento de energía		
33	Toma de parámetros de funcionamiento del equipo HVAC, como: Temperaturas, presión de alta y baja de gas refrigerante, amperajes, voltajes		
34	Liberación del área de trabajo (orden y limpieza)		
35	Toma de datos o observaciones encontrado en el proceso de mantenimiento de los equipos HVAC		
36	Entrega de reportes de campo y validación de acta de conformidad por parte del cliente		
37	Recojo de equipos, herramientas, insumos, instrumentos, escaleras, andamios, desde la agencia hasta el taller - almacén		

### 3.1.1. Sistemas HVAC 12,000 BTU/H y 18,000 BTU/H

Los resultados hallados para estos dos sistemas son similares, ya que la diferencia de la capacidad de ambos no es mucha, por lo que se registró los mismos tiempos promedios para cada actividad. Se consiguió una disminución de 22.19 minutos para cada sistema, pasando de 152.98 a 130.79 minutos requeridos para realizar el mantenimiento de sistemas HVAC de 12,000 y 18,000 BTU/H.

**Figura 21**

*Reducción del tiempo Sistema HVAC 12,000 BTU/H y 18,000 BTU/H*



Como se observa en la figura 21, la reducción del tiempo de ejecución en cada actividad es significativa, los tiempos mejorados son: Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller – almacén (antes se empleaba 21.7 min. con las mejoras el tiempo se redujo a 16.8 min.), Entrega de reportes de campo (pasó de 4.6 a 3.7 min.), el Recojo de herramientas se redujo a 9.5 min., y en general con la ordenación de las actividades propias del mantenimiento se mejoró el tiempo que se emplea. Por lo que, se tiene mayor disponibilidad de tiempo, logrando una reducción del tiempo de un 15%.

Figura 22

DAP propuesto – Sistema HVAC 12,000 BTU/H y 18,000 BTU/H

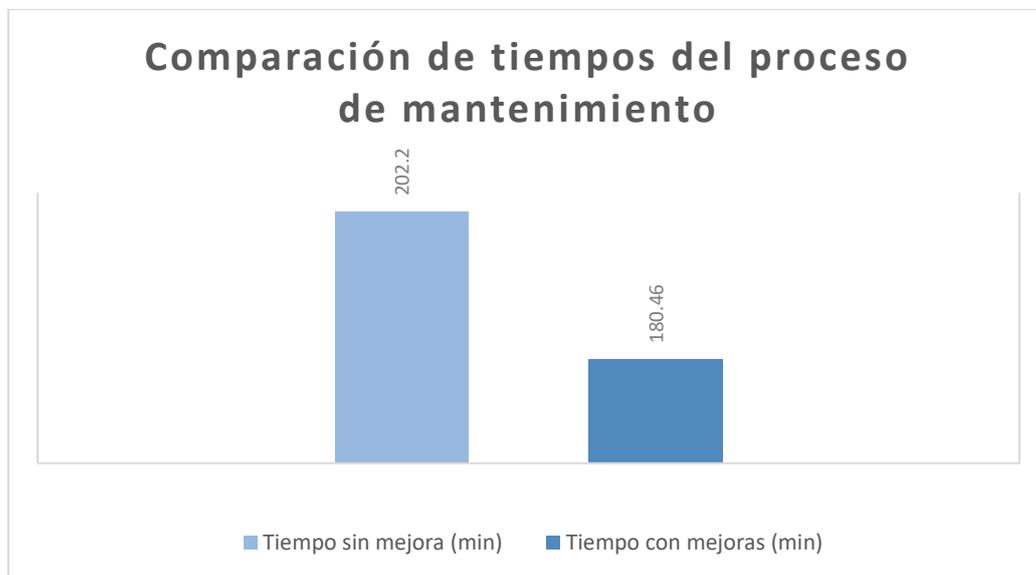
Formato cursograma						Diagrama de Análisis del Proceso					
Diagrama Núm.: 03012022			Hoja Núm. de			Resumen					
Objeto: Sistema HVAC						Actividad			Actual	Propuesta	Economía
Actividad: Proceso de Mantenimiento Preventivo						Operación			27	19	30%
Método: Propuesto						Inspección			9	7	22%
Lugar: Agencia de Caja Municipal						Transporte			1	1	0%
Operario (s):						Espera			0	0	
Ficha núm.:						Almacenamiento			0	0	
						Distancia (m)					
						Tiempo (min-hombre)			152.98	130.79	15%
Número	Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones			
			○	□	D	⇨	▽				
1	Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller - almacén, hasta los puntos de cada agencia	16.8	●								
2	Evaluación del área de trabajo antes del inicio de las actividades de mantenimiento preventivo de equipos HVAC	2.1		●				toma de fotografías de estado de los equipos (antes/después)			
3	Puesta en funcionamiento de los equipos HVAC antes del inicio del mantenimiento preventivo, para determinar si están operativos o con averías	2.1		●							
4	Bloqueo y aislamiento de energía de cada equipo HVAC	2.8	●								
5	Desmontaje y limpieza de tapas exteriores e interiores de la unidad condensadora.	11.3	●								
6	Desmontaje, revisión, limpieza y lubricación de motor ventilado	9.5	●								
7	Lavado a presión de agua con hidrolavador el serpentín de la unidad condensadora	5.5	●								
8	Limpieza de protecciones eléctricas	1.5	●								
9	Limpieza y ajustes de contactores, relay, terminales y elementos de control.	2.8	●								
10	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad condensador	7.6	●								
11	Verificación visual del aislamiento térmico las tuberías de refrigeración	0.9		●							
12	Desmontaje de tapas exteriores e interiores de la unidad evaporadora	6.7	●								
13	Desmontaje, revisión, limpieza y lubricación de motores eléctricos	7.6	●								
14	Desmontaje y limpieza de bandejas de condensado y drenajes.	3.7	●								
15	Limpieza de filtros de aire.	1	●								
16	Lavado a presión de agua con hidrolavadora del serpentín de la unidad evaporador y gabinete interno.	6.7	●								
17	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad evaporador	2.1	●								
18	Reajustes de componentes eléctricos y mecánicos.	1.8	●								
19	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad evaporador	5.5	●								
20	Revisión y calibración de Set point del control de temperatura	1.8		●							
21	Revisión y verificación de gas refrigerante en la unidad condensador, evaporador y líneas de refrigeración	1.8		●							
22	Desbloqueo de aislamiento de energía	2.8	●								
23	Toma de parámetros de funcionamiento del equipo HVAC, como: Temperaturas, presión de alta y baja de gas refrigerante, amperajes, voltajes	8.6		●							
24	Liberación del área de trabajo (orden y limpieza)	2.8	●								
25	Toma de datos o observaciones encontrado en el proceso de mantenimiento de los equipos HVAC	1.8		●							
26	Entrega de reportes de campo y validación de acta de conformidad por parte del cliente	3.7		●							
27	Recojo de equipos, herramientas, insumos, instrumentos, escaleras, andamios, desde la agencia hasta el taller - almacén	9.5	●								
<b>Total</b>		<b>130.79</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				

### 3.1.2. Sistemas HVAC 24,000 BTU/H

Para este tipo de sistemas se logró una reducción de 21.74 minutos del tiempo que demanda el servicio de mantenimiento. Pasando de 202.20 bajo el modelo inicial a 180.46 posterior a la implementación de las mejoras en el proceso.

**Figura 23**

*Reducción del tiempo en Sistema HVAC 24,000 BTU/H*



Ello también supuso la reestructuración de las actividades del proceso de mantenimiento, que como se observa en la figura 23, la reducción del tiempo de ejecución en cada actividad es significativa, los tiempos mejorados son: Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller – almacén (antes se empleaba 28.6 min. con las mejoras el tiempo se redujo a 23.3 min.), Entrega de reportes de campo (pasó de 6 a 5.1 min.), el Recojo de herramientas se redujo a 13.1 min., y en general con la ordenación de las actividades propias del mantenimiento se mejoró el tiempo que se emplea. Por lo que, se tiene mayor disponibilidad de tiempo, logrando una disminución del tiempo de un 11%.

Figura 24

DAP propuesto – Sistema HVAC 24,000 BTU/H

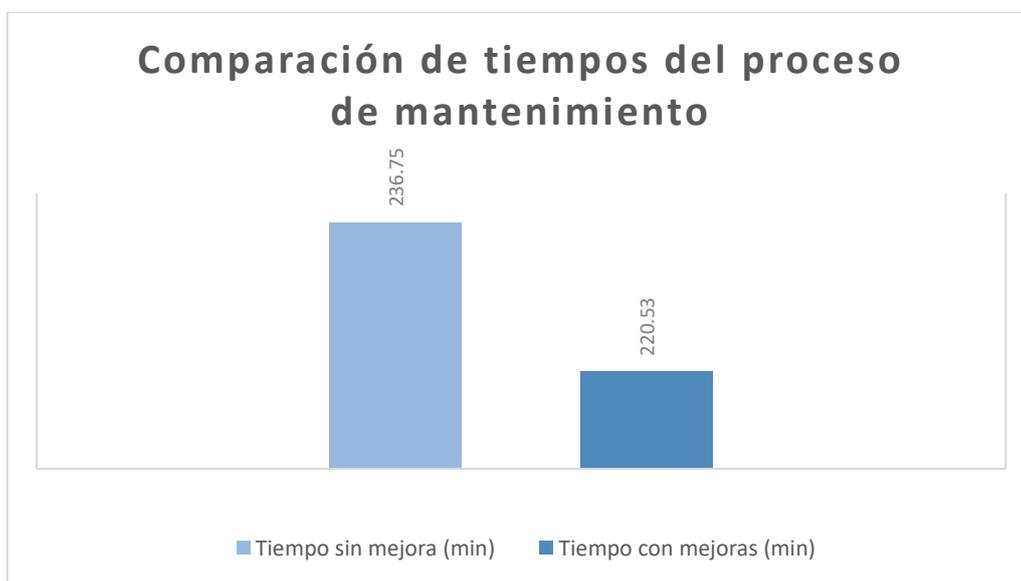
Formato cursograma							Diagrama de Análisis del Proceso					
Diagrama Núm.: 03012022		Hoja Núm. de		Resumen								
Objeto: Sistema HVAC		Actividad					Actual	Propuesta	Economía			
Actividad: Proceso de Mantenimiento Preventivo		Operación					27	19	30%			
Método: Propuesto		Inspección					9	7	22%			
Lugar: Agencia de Caja Municipal		Transporte					1	1	0%			
Operario (s):		Espera					0	0				
Ficha núm.:		Almacenamiento					0	0				
		Distancia (m)										
		Tiempo (min-hombre)					202.2	180.46	11%			
Número	Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones				
			○	□	◐	➔	▽					
1	Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller - almacén, hasta los puntos de cada agencia	23.3										
2	Evaluación del área de trabajo antes del inicio de las actividades de mantenimiento preventivo de equipos HVAC	2.5						Toma de fotografías de estado de los equipos (antes/después)				
3	Puesta en funcionamiento de los equipos HVAC antes del inicio del mantenimiento preventivo, para determinar si están operativos o con averías	2.5										
4	Bloqueo y aislamiento de energía de cada equipo HVAC	3.6										
5	Desmontaje y limpieza de tapas exteriores e interiores de la unidad condensadora.	15.3										
6	Desmontaje, revisión, limpieza y lubricación de motor ventilado	13.1										
7	Lavado a presión de agua con hidrolavador el serpentín de la unidad condensadora	7.6										
8	Limpieza de protecciones eléctricas	2.2										
9	Limpieza y ajustes de contactores, relay, terminales y elementos de control.	4.0										
10	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad condensador	10.6										
11	Verificación visual del aislamiento térmico las tuberías de refrigeración	1.5										
12	Desmontaje de tapas exteriores e interiores de la unidad evaporadora	9.1										
13	Desmontaje, revisión, limpieza y lubricación de motores eléctricos	10.6										
14	Desmontaje y limpieza de bandejas de condensado y drenajes.	5.1										
15	Limpieza de filtros de aire.	1.5										
16	Lavado a presión de agua con hidrolavadora del serpentín de la unidad evaporador y gabinete interno.	9.1										
17	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad evaporador	3.3										
18	Reajustes de componentes eléctricos y mecánicos.	2.5										
19	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad evaporador	7.6										
20	Revisión y calibración de Set point del control de temperatura	2.5										
21	Revisión y verificación de gas refrigerante en la unidad condensador, evaporador y líneas de refrigeración	2.5										
22	Desbloqueo de aislamiento de energía	4.0										
23	Toma de parámetros de funcionamiento del equipo HVAC, como: Temperaturas, presión de alta y baja de gas refrigerante, amperajes, voltajes	11.6										
24	Liberación del área de trabajo (orden y limpieza)	4.0										
25	Toma de datos o observaciones encontrado en el proceso de mantenimiento de los equipos HVAC	2.5										
26	Entrega de reportes de campo y validación de acta de conformidad por parte del cliente	5.1										
27	Recojo de equipos, herramientas, insumos, instrumentos, escaleras, andamios, desde la agencia hasta el taller - almacén	13.1										
<b>Total</b>		<b>180.46</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>					

### 3.1.3. Sistemas HVAC 36,000 BTU/H

En cuanto a los sistemas HVAC de 36,000 BTU/H, se obtuvo una disminución de 16.22 minutos del tiempo que demanda el servicio de mantenimiento. Pasando de 236.75 min. bajo el modelo inicial a 220.53 min con la implementación de las mejoras en el proceso.

**Figura 25**

*Reducción del tiempo en Sistema HVAC 36,000 BTU/H*



El cambio en las actividades del proceso también se vio influido, por lo que la composición del DAP propuesto (figura 25) presenta tiempos mejorados en: Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller – almacén (antes se empleaba 33.5 min. con las mejoras el tiempo se redujo a 28.1 min.), Entrega de reportes de campo (pasó de 7 a 6.5 min.), el Recojo de herramientas se redujo a 15.9 min., y en general con la ordenación de las actividades propias del mantenimiento se mejoró el tiempo que se emplea. Por lo que, se tiene mayor disponibilidad de tiempo, logrando una reducción de un 7% del tiempo que se empleaba para este proceso.

Figura 26

DAP propuesto – Sistema HVAC 36,000 BTU/H

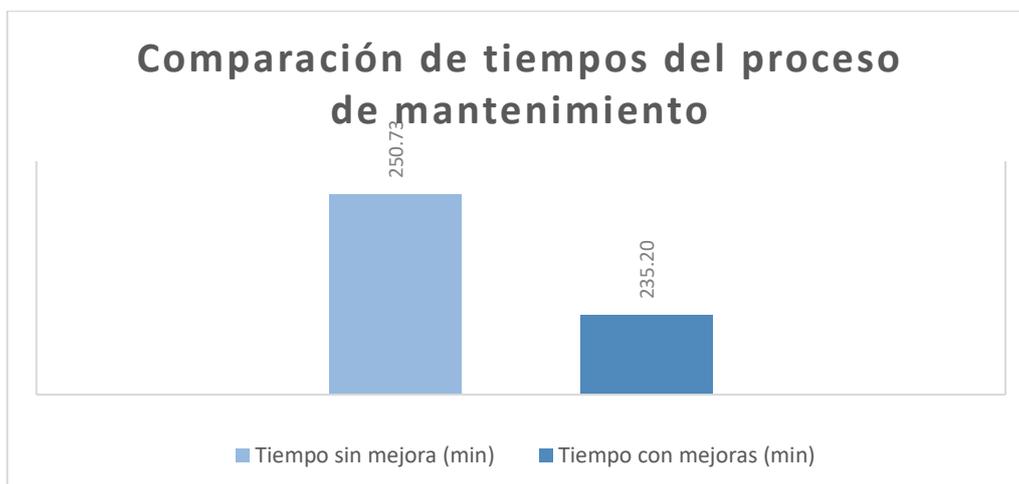
Formato cursograma						Resumen		
Diagrama de Análisis del Proceso								
Diagrama Núm.: 03012022			Hoja Núm. de			Actual	Propuesta	Economía
Objeto: Sistema HVAC			Actividad			27	19	30%
Actividad: Proceso de Mantenimiento Preventivo			Inspección			9	7	22%
Método: Propuesto			Transporte			1	1	0%
Lugar: Agencia de Caja Municipal			Espera			0	0	
Operario (s):			Almacenamiento			0	0	
Ficha núm.:			Distancia (m)					
			Tiempo (min-hombre)			236.75	220.53	7%
Número	Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
			○	□	◇	➡	▽	
1	Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller - almacén, hasta los puntos de cada agencia	28.1	○					
2	Evaluación del área de trabajo antes del inicio de las actividades de mantenimiento preventivo de equipos HVAC	3.3		○				toma de fotografías de estado de los equipos (antes/después)
3	Puesta en funcionamiento de los equipos HVAC antes del inicio del mantenimiento preventivo, para determinar si están operativos o con averías	3.3		○				
4	Bloqueo y aislamiento de energía de cada equipo HVAC	4.9		○				
5	Desmontaje y limpieza de tapas exteriores e interiores de la unidad condensadora.	19.1		○				
6	Desmontaje, revisión, limpieza y lubricación de motor ventilado	15.9		○				
7	Lavado a presión de agua con hidrolavador el serpentín de la unidad condensadora	9.4		○				
8	Limpieza de protecciones eléctricas	2.4		○				
9	Limpieza y ajustes de contactores, relay, terminales y elementos de control.	4.9		○				
10	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad condensador	12.6		○				
11	Verificación visual del aislamiento térmico las tuberías de refrigeración	1.6		○				
12	Desmontaje de tapas exteriores e interiores de la unidad evaporadora	11.0		○				
13	Desmontaje, revisión, limpieza y lubricación de motores eléctricos	12.6		○				
14	Desmontaje y limpieza de bandejas de condensado y drenajes.	6.5		○				
15	Limpieza de filtros de aire.	1.6		○				
16	Lavado a presión de agua con hidrolavadora del serpentín de la unidad evaporador y gabinete interno.	11.0		○				
17	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad evaporador	3.7		○				
18	Reajustes de componentes eléctricos y mecánicos.	3.3		○				
19	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad evaporador	9.4		○				
20	Revisión y calibración de Set point del control de temperatura	3.3		○				
21	Revisión y verificación de gas refrigerante en la unidad condensador, evaporador y líneas de refrigeración	3.3		○				
22	Desbloqueo de aislamiento de energía	4.9		○				
23	Toma de parámetros de funcionamiento del equipo HVAC, como: Temperaturas, presión de alta y baja de gas refrigerante, amperajes, voltajes	14.2		○				
24	Liberación del área de trabajo (orden y limpieza)	4.9		○				
25	Toma de datos o observaciones encontrado en el proceso de mantenimiento de los equipos HVAC	3.3		○				
26	Entrega de reportes de campo y validación de acta de conformidad por parte del cliente	6.5		○				
27	Recojo de equipos, herramientas, insumos, instrumentos, escaleras, andamios, desde la agencia hasta el taller - almacén	15.9		○				
<b>Total</b>		<b>220.53</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

### 3.1.4. Sistemas HVAC 48,000 BTU/H y 60,000 BTU/H

Los resultados hallados para estos sistemas son similares, ya que la diferencia de la capacidad de ambos no es mucha, por lo que se registró los mismos tiempos promedios para cada actividad. En cuanto al tiempo, se consiguió una disminución de 15.53 minutos para cada uno, pasando de 250.73 min. a 235.20 min. requeridos para realizar el mantenimiento de sistemas HVAC de 48,000 BTU/H y 60,000 BTU/H.

#### Figura 27

*Reducción del tiempo en Sistema HVAC 48,000 y 60,000 BTU*



De igual manera hubo un cambio en las actividades que conforman el proceso de mantenimiento, el cual se observa en el DAP propuesto de la figura 27, con una reducción significativa de los tiempos en: Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller – almacén (antes se empleaba 33.5 min. con las mejoras el tiempo se redujo a 28.1 min.), Entrega de reportes de campo (pasó de 7 a 6.5 min.), el Recojo de herramientas se redujo a 6.5 min., y en general con la ordenación de las actividades propias del mantenimiento se mejoró el tiempo que se emplea. Por lo que, se tiene mayor disponibilidad de tiempo, logrando una reducción del tiempo de 6%.

Figura 28

DAP propuesto – Sistema HVAC 48,000 BTU/H y 60,000 BTU/H

Formato cursograma						Resumen					
Diagrama Núm.: 03012022		Hoja Núm. de		Actividad					Actual	Propuesta	Economía
Objeto: Sistema HVAC		Operación							27	19	30%
Actividad: Proceso de Mantenimiento Preventivo		Inspección							9	7	22%
Método: Propuesto		Transporte							1	1	0%
Lugar: Agencia de Caja Municipal		Espera							0	0	
Operario (s):		Almacenamiento							0	0	
Ficha núm.:		Distancia (m)									
		Tiempo (min-hombre)							250.73	235.2	6%
Número	Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones			
			○	□	D	⇨	▽				
1	Preparación y acarreo de herramientas, instrumentos, equipos, escaleras, andamios, insumos desde el taller - almacén, hasta los puntos de cada agencia	30.8	●								
2	Evaluación del área de trabajo antes del inicio de las actividades de mantenimiento preventivo de equipos HVAC	3.3		●					Toma de fotografías de estado de los equipos (antes/después)		
3	Puesta en funcionamiento de los equipos HVAC antes del inicio del inicio del mantenimiento preventivo, para determinar si están operativos o con averías	3.3			●						
4	Bloqueo y aislamiento de energía de cada equipo HVAC	5.1	●								
5	Desmontaje y limpieza de tapas exteriores e interiores de la unidad condensadora.	20.2	●								
6	Desmontaje, revisión, limpieza y lubricación de motor ventilado	16.9	●								
7	Lavado a presión de agua con hidrolavador el serpentín de la unidad condensadora	10.3	●								
8	Limpieza de protecciones eléctricas	2.6	●								
9	Limpieza y ajustes de contactores, relay, terminales y elementos de control.	5.1	●								
10	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad condensador	13.6	●								
11	Verificación visual del aislamiento térmico las tuberías de refrigeración	1.8			●						
12	Desmontaje de tapas exteriores e interiores de la unidad evaporadora	11.7	●								
13	Desmontaje, revisión, limpieza y lubricación de motores eléctricos	13.6	●								
14	Desmontaje y limpieza de bandejas de condensado y drenajes.	6.6	●								
15	Limpieza de filtros de aire.	1.8	●								
16	Lavado a presión de agua con hidrolavadora del serpentín de la unidad evaporador y gabinete interno.	11.7	●								
17	Limpieza de componentes eléctricos y mecánicos de la unidad evaporador	4.0	●								
18	Reajustes de componentes eléctricos y mecánicos.	3.3	●	●							
19	Armado de todas las piezas desmontados de la unidad evaporador	10.3	●								
20	Revisión y calibración de Set point del control de temperatura	3.3	●								
21	Revisión y verificación de gas refrigerante en la unidad condensador, evaporador y líneas de refrigeración	3.3	●								
22	Desbloqueo de aislamiento de energía	5.1	●								
23	Toma de parámetros de funcionamiento del equipo HVAC, como: Temperaturas, presión de alta y baja de gas refrigerante, amperajes, voltajes	15.4	●								
24	Liberación del área de trabajo (orden y limpieza)	5.1	●								
25	Toma de datos o observaciones encontrado en el proceso de mantenimiento de los equipos HVAC	3.3	●								
26	Entrega de reportes de campo y validación de acta de conformidad por parte del cliente	6.6				●					
27	Recojo de equipos, herramientas, insumos, instrumentos, escaleras, andamios, desde la agencia hasta el taller - almacén	16.9	●								
<b>Total</b>		<b>235.2</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				

### 3.2. Análisis económico

La implementación de las mejoras conlleva un costo, en la tabla 13 se presenta el presupuesto para la capacitación realizada.

**Tabla 13**

*Presupuesto Plan de capacitación*

N°	Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo total
1	Capacitador	S/ 2,500.00	1	S/ 2,200.00
2	Folletos	S/ 2.50	4	S/ 10.00
3	Lapiceros	S/ 0.80	4	S/ 3.20
4	Refrigerio	S/ 7.50	4	S/ 30.00
5	Certificados	S/ 15.00	4	S/ 60.00
			Total	S/ 2,303.20

Se conoce también, que el costo por el mantenimiento preventivo, está en función de la capacidad de cada sistema HVAC. En la tabla 14, se muestran los costos unitarios y totales de los 112 sistemas para una frecuencia de mantenimiento (los cuales serán de utilidad para el análisis posterior).

**Tabla 14**

*Costos por el servicio de Mantenimiento*

Sistema HVAC BTU/H	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
12000	14	160	2,240.00
18000	37	160	5,920.00
24000	10	180	1,800.00
36000	24	220	5,280.00
48000	7	250	1,750.00
60000	20	250	5,000.00
Total	112		21,990.00

Para el estudio, el análisis económico corresponde a la cuantificación de los costos ahorrados por la reducción de las demoras en la ejecución del servicio de mantenimiento.

En la situación inicial, el mantenimiento de los 112 sistemas HVAC demandaban un total de 46 días, posterior a las mejoras se redujo los días a 42. Respecto a los costos por el servicio de mantenimiento, en la situación inicial (primera frecuencia -enero), el presupuesto era de S/ 21,990.00, mientras que con las mejoras el costo se reduce a S/19,882.93 producto de la disminución de la cantidad de días empleados (S/2,107.07). A la par, también se origina una salida por el costo de las mejoras (capacitación al personal, ver tabla 13), dejando un saldo pendiente de S/ 196.00 en el mes de abril (S/ 2,303.20 - S/2,107.00).

En ese sentido, los costos de mantenimiento preventivo para las siguientes frecuencias son de S/19,882.93, generando una ganancia de S/ 1,910.93 en el mes de agosto y S/ 2,107.07 en el mes de diciembre.

Por lo que se concluye, que a partir de la tercera y cuarta frecuencia de mantenimiento existe una ganancia para la empresa que en suma asciende a S/ 4,018.00.

**Tabla 15**

*Análisis de costo de días ahorrados*

Cantidad de días por ejecutar el manto prev. sin mejora 1era frecuencia mes de enero 2021	Costo por día de mantenimiento preventivo	Costo de inversión por mejora	Cantidad de días por ejecutar el manto prev. Posterior a la mejora 1era frecuencia mes de enero 2021	Cantidad de días ahorrados posterior a la mejora		enero	abril	agosto	diciembre	Ganancia por frecuencias 3 y 4
					cantidad equipos	112	112	112	112	
					días	46	42	42	42	
46	S/ 478.04	S/ 2,303.20	42	4	presupuesto fijo por frecuencia	S/ 21,990.00	S/ 21,990.00	S/ 21,990.00	S/ 21,990.00	
					Costo por servicio	S/ 21,990.00	S/ 19,882.93	S/ 19,882.93	S/ 19,882.93	
					costo por día	S/ 478.04	S/ 478.04	S/ 478.04	S/ 478.04	S/ 4,018.00
					costo de días ahorrado	0	S/ 2,107.07	S/ 2,107.07	S/ 2,107.07	
					Costo por capacitación	S/ 2,303.20				
					Deuda	S/ 2,303.20	S/ 196.13			
					Ganancia			S/ 1,910.93	S/ 2107.07	
	S/ 21,990.00									

De la tabla 15, se desprende que dada la inversión y el ahorro de los costos por la disminución de días que se emplea para el mantenimiento de los sistemas HVAC, se forma las salidas y entradas producto de las mejoras, los cuales se resumen en la tabla 16.

**Tabla 16**

*Análisis económico*

Descripción	Enero	Abril	Agosto	Diciembre
	1ra frecuencia de mantenimiento	2da frecuencia de mantenimiento	3ra frecuencia de mantenimiento	4ta frecuencia de mantenimiento
Inversión en mejora	S/2,303.20			
Ahorro costo		S/0.00	S/1,910.93	S/2,107.07
Total	-S/2,303.20	S/0.00	S/1,910.93	S/2,107.07

Es decir las mejoras realizadas devuelven la inversión y además una ganancia, este beneficio económico corresponde al ahorro de costos presente a partir de la tercera, con S/ 1,910.93 y cuarta frecuencia de mantenimiento, con S/ 2,107.07, que en suma asciende a S/4,018.00.

Con la fórmula presentada por Arroyo y Vásquez (2016), definiendo a la TIR como “una tasa porcentual de rentabilidad periódica, que puede ser anual, trimestral, etc., dependiendo de la periodicidad de los flujos, que genera el capital invertido” (p. 74), se halla:

$$\sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

En el que:

BN : Beneficios netos del periodo t

n : vida útil del proyecto

$I_0$  :Inversión en el periodo cero

Por lo tanto:

$$\frac{0}{(1 + TIR)^1} + \frac{1,910.93}{(1 + TIR)^2} + \frac{2,107.07}{(1 + TIR)^3} - 2,303.20 = 0$$

Despejando:

$$TIR = 25\%$$

Entonces, la TIR trimestral que el proyecto genera es de 25%.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Limitaciones de la investigación

El estudio cuenta con una limitación de presupuesto, en razón que se tuvo que considerar un techo presupuestal para el planteamiento, elaboración e implementación de las mejoras, cabe mencionar que existió la predisposición de los funcionarios de la empresa, pero el contexto de incertidumbre en el que se encontraba el país al momento del estudio debilitó las decisiones de inversión del sector privado.

Además, cuenta con la limitación del instrumento para la obtención de información, si bien es cierto para el estudio la guía de observación fue una herramienta de gran utilidad que permitió la indagación del proceso de mantenimiento de los sistemas HVAC con mayor detalle, de la misma manera la encuesta también apoyó a la identificación de los niveles de conocimiento de los trabajadores acerca del manejo y mantenimiento de los sistemas; se necesitó esclarecer la perspectiva del trabajador acerca del proceso inicial y de las actividades que entorpecen el proceso, en ese sentido la ejecución de entrevistas complementaría el estudio.

Por último, los resultados no se pueden generalizar en otras actividades económicas, ya que se trató un problema, proceso y actividad en específico, que es el mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC.

### 4.2. Interpretación comparativa

El propósito de la presente investigación fue elaborar propuestas de mejora en el servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC con el fin de reducir los tiempos de ejecución del servicio en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima, con el mismo enfoque autores como Nieto et al. (2017), Ordoñez y Chito (2019) entre otros, plantearon propuestas de mejora para acortar el tiempo que se emplea en un proceso.

Los resultados encontrados producto de la investigación, evidenciaron dicha mejora en el mantenimiento de los sistemas HVAC, lo que permite afirmar que la metodología utilizada, herramientas e instrumentos son efectivos para el diagnóstico y establecimiento de mejoras a fin de corregir las deficiencias halladas.

El presente estudio se desarrolló estructuralmente en función al cumplimiento de los objetivos trazados.

En cuanto al primer objetivo específico de identificar las causas que originan demoras en el proceso de mantenimiento de la empresa, se definió como causas raíces del estudio la “Falta de un procedimiento estándar para el mantenimiento”, el “Desconocimiento del modo de proceder en el mantenimiento” y la “Falta de preparación previa de los equipos materiales y herramientas” lo que genera trabas en la ejecución de las actividades de mantenimiento. Del mismo modo trabajos como el de Mora y Londoño (2019), iniciaron con el análisis del proceso de producción, determinando la presencia de excesivos tiempos de espera lo que ocasionan cuellos de botella y con ello el retraso de la entrega de pedidos. Por otro lado, en el estudio de Valderrama (2018), identificó a la causa raíz la “Falta de programación” en el proceso productivo de uvas, el autor enfatizó en la importancia de la cultura organizacional con el fin de evitar sobrecostos y pérdidas monetarias.

Respecto al desarrollo del segundo objetivo específico, del establecimiento de un Procedimiento estandarizado del Servicio de Mantenimiento, el cual es presentado en el anexo 5, adicionalmente se propone un Plan de Capacitación al personal, detallado en el Anexo 10 con la finalidad de agilizar el proceso de mantenimiento, mediante la ejecución correcta y rápida de las actividades. Esta medida planteada en el presente trabajo coinciden con una parte de las medidas adoptadas por Bermúdez (2021), en su trabajo de investigación, quien propuso la estandarización de las actividades del proceso, de igual manera Tibaquirá y Tibaquirá (2018),

plantearon la estandarización del proceso, y la capacitación del equipo de trabajo, adicionalmente los autores propusieron un Plan de Control del proceso lo que fue significativo en los resultados ya que se impulsó la retroalimentación continua de las mejoras. Contrario a lo establecido por Valderrama (2018), sus propuestas estuvieron basadas en la reducción de costos, por lo que enfatizó su planteamiento en la eliminación de mano de obra innecesaria que retarda el proceso.

En relación al tercer objetivo, se elaboró los siguientes formatos de control con la finalidad de agilizar el proceso de mantenimiento: Requerimiento de Equipos, materiales y herramientas, presentado en la figura 17 y el Formato del Estado del Equipo de la figura 18, ambos formatos son de apoyo para contar con el material necesario para el mantenimiento y dar a conocer de manera exacta al cliente el trabajo realizado. Del mismo modo, Bermúdez (2021), consideró necesario la incorporación de Formatos de control para que el proceso sea más fluido, en su estudio implementó un Formato de programación mensual de servicios y un Formato de registro de control de materiales. En el mismo sentido, Urriburú y Zapata (2020), desarrollaron un Formato de Órdenes de Trabajo, cuya finalidad fue servir de guía de diagnóstico base para el establecimiento de las actividades de mantenimiento de unidades inmobiliarias, adicionalmente elaboró una Ficha de Requerimiento para el pedido de los materiales y repuestos necesarios para el proceso.

Con las mejoras, se logró una reducción de 4 días de trabajo en la ejecución del servicio de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales en la ciudad de Lima, puesto que en la situación inicial se demandaba un tiempo de 22,275.69 minutos por frecuencia de mantenimiento (46 días), mientras que posterior a las mejoras el tiempo de ejecución del servicio se redujo a 20,118.01 minutos (42 días). De igual manera Nieto et al. (2017) y Tibaquirá y Tibaquirá (2018), iniciaron con un análisis del

desarrollo de la empresa, seguido del establecimiento de una solución (Propuesta) y la evaluación de la misma, obteniendo cifras positivas, como el logro de mayor fluidez del proceso, y una reducción de los tiempos de ejecución de un 6.89% para Nieto et al, y una disminución del tiempo de entrega de 13 horas en un lapso de 19 días para los investigadores Tibaquirá. De la misma forma, los estudios de Flores (2018), Ingaroca (2021) y Olaechea (2021), lograron la eliminación de cuellos de botellas, y la optimización de los tiempos, el primero con un 41%, el segundo con un 26% y el tercero con una mejora del 85%, sin embargo dichas propuestas resultaron más efectivas puesto que la disminución de los tiempos es mayor en contraste con el resultado obtenido por el presente estudio.

Por último, se verificó las ganancias económicas producto de la inversión de S/2,303.20 por la implementación de las mejoras, las cuales obtuvieron un beneficio económico total de S/ 4,606 desde la tercera y cuarta frecuencia de mantenimiento, ambos ítems fueron evaluados por el indicador de rentabilidad del TIR cuyo resultado es de un 25% trimestral, como se puede observar en la tabla 16. En el estudio de Alegre (2020), la inversión de la propuesta de mejora también le fue favorable, ello sustentado con una ganancia de \$ 4,238,594. De igual manera para Urriburú y Zapata (2020) la inversión de la propuesta de mejora también fue positiva, con una alta tasa de retorno del 56%.

### **4.3. Implicancias de la investigación**

Las implicancias del estudio desde el punto de vista metodológico responden a la reducción del tiempo de mantenimiento mediante la integración de herramientas de ingeniería a una problemática identificada como la demora en el proceso de mantenimiento; por otro lado, el diseño y elaboración de propuestas ha sido validado empíricamente con los resultados.

Bajo una perspectiva práctica, los hallazgos de la investigación facultan la toma de decisiones de la empresa acerca del proceso de mantenimiento de los sistemas HVAC, ya que se logró optimizar el tiempo de ejecución del servicio mediante una propuesta que implica la estandarización del proceso y la implementación de formatos de control que en conjunto lograron una reducción significativa del tiempo, además la mejora se ve reflejada en la generación de ganancias para la empresa.

En cuanto a las implicancias teóricas, se ofrece un marco de referencia sobre una propuesta para reducir el tiempo de ejecución del servicio de mantenimiento en lo que respecta a los sistemas HVAC.

#### **4.4. Conclusiones**

Con base en las mejoras diseñadas para el servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC instalados en la red de agencias de cajas municipales en Lima, se concluye que:

- En cuanto al desarrollo del objetivo general se puede validar que la aplicación de las propuestas de mejora (procedimiento estándar y formatos de control) lograron una reducción de 4 días de trabajo en la ejecución del servicio de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales en la ciudad de Lima, puesto que en la situación inicial se demandaba un tiempo de 22,275.69 minutos por frecuencia de mantenimiento (46 días), mientras que posterior a las mejoras el tiempo de ejecución del servicio se redujo a 20,118.01 minutos (42 días), cabe mencionar que los minutos están en función a las 8 horas laborables. Por otra parte, con la inversión de S/ 2,303.20 (costo de mejoras), se registró una ganancia para la empresa desde la tercera y cuarta frecuencia que en suma asciende a S/4,018.00,

resultando un valor de la TIR de 25% trimestral, es decir las mejoras realizadas devuelven la inversión y además una ganancia.

- Con el desarrollo del primer objetivo específico se determina como causas raíces del estudio la falta de un procedimiento estándar para el mantenimiento, el desconocimiento del modo de proceder en el mantenimiento y la falta de preparación previa de los equipos materiales y herramientas, lo que generaba trabas en la ejecución de las actividades de mantenimiento.
- Con el desarrollo del segundo objetivo específico se valida la hipótesis específica dos, ya que se consiguió la reducción de los tiempos de servicio de mantenimiento mediante el establecimiento de un Proceso de Mantenimiento estándar, y adicionalmente un Plan de capacitación al personal, logrando la ejecución correcta y rápida de las actividades.
- Con el desarrollo del tercer objetivo específico, se valida la hipótesis que defiende la agilización del proceso de mantenimiento gracias a la elaboración y empleo de Formatos de control (Formato de Requerimiento de materiales y Formato de Estado del Equipo).

## RECOMENDACIONES

- Desarrollar con mayor tiempo y recursos el estudio de tiempos realizado, orientado en el desarrollo de mejoras en las actividades que no tuvieron cambios significativos, con el objetivo de lograr un impacto más significativo en la reducción de las demoras.
- Continuar con las capacitaciones de manera periódica, con el fin de mantener la actualización de técnicas y procedimientos que agilicen aún más la ejecución del mantenimiento.
- Coordinar la formación de equipos de trabajo calificados para actividades específicas, con el objetivo de desarrollar los trabajos de mantenimiento con mayor eficiencia, y optimizar el tiempo de ejecución del servicio.

## REFERENCIAS

- Alavedra, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., . . . Moreno, C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*(34), 11-26.
- Alegre, S. (2020). *Reducción de tiempo del plan de mantenimiento preventivo de una roscadora eléctrica RidGid 300 Compact*. Universidad Técnica Federico Santa María, Viña del Mar.
- Alvarado, K., y Pumisacho, V. (2017). Prácticas de mejora continua, con enfoque Kaizen, en empresas del Distrito Metropolitano de Quito: Un estudio exploratorio. *Intangible Capital*, 13(2), 479-497. doi:10.3926/ic.901
- Arias, J. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica. Para ciencias administrativas, aplicadas, artísticas, humanas*. Arequipa: Enfoque Consulting EIRL.
- Arias, J., Villasís, M., y Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206.
- Arroyo, P., y Vásquez, R. (2016). *Ingeniería económica: ¿Cómo medir la rentabilidad de un proyecto?* Fondo Editorial de la Universidad de Lima
- Asturias. (2017). *El tiempo en los procesos: ¿cómo gestionarlo?* Asturias Corporación Universitaria.
- Ayala, D., Torres, H., Valencia, R., y Loaiza, M. (2016). Impacto del tiempo no productivo en operaciones de perforación y análisis de los datos mediante la prueba Chi Cuadrado. *Revista Fuentes: El Reventón Energético*, 14(2), 5-18. doi:10.18273/revfue.v14n2-2016001

- Baena, G. (2017). *Metodología de la Investigación. Serie integral por competencias*. Grupo Editorial Patria.
- Basri, E., Abdul, I., Ab-Samat, H., y Kamaruddin, S. (2017). Preventive Maintenance (PM) planning: a review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 23(2), 114-143. doi:10.1108/JQME-04-2016-0014
- Bermúdez, R. (2021). *Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento mediante la aplicación de herramientas Lean Service en una empresa del sector de telecomunicaciones en Lima, Perú*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.
- Betancourt, D. F. (19 de Junio de 2016). *Matriz de vester para la priorización de problemas*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2021, de <https://www.ingenioempresa.com/matriz-de-vester/>
- Buenaño, L., Villagrán, W., y Santillan, C. (2019). Utilización de la auditoría de mantenimiento y el análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) como herramientas para la identificación de problemas en la gestión de mantenimiento de locomotoras en empresas de ferrocarriles. *FIPCAEC*, 4(2), 171-198. doi:10.23857/fipcaec.v4i4.129
- C&C Refrigeración. (1 de Septiembre de 2017). *Tips para cuidado de sistemas de refrigeración y calefacción industrial HVAC-R*. <https://www.refrigeracioncyc.com/tips-cuidado-sistemas-hvac/>
- Cabezas, E., Andrade, D., y Torres, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Certificados Energéticos. (16 de Mayo de 2014). *Cómo diseñar una climatización y ventilación eficiente en locales y viviendas*.

<https://www.certificadosenergeticos.com/climatizacion-ventilacion-eficiente-locales-viviendas>

Chacon, J. (2020). *Exergy optimization of HVAC systems with air recirculation*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Chase, R., Jacobs, F., y Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros* (12ma edición ed.). McGraw Hill.

Delgado, N., y Pérez, A. (2020). Principales demandas educativas por evaluar en la formación de profesionales en la Universidad de Artemisa, Cuba. *Revista Virtu@lmente*, 8(1), 77-91. doi:10.21158/2357514x.v8.n1.2020.2634

El Economista América. (24 de Febrero de 2021). Recuperado el 22 de Diciembre de 2021, de Sector mantenimiento avanzó el 2020 en medio de la pandemia: <https://www.economistaamerica.pe/empresas-eAm-peru/noticias/11069172/02/21/Sector-mantenimiento-avanzo-el-2020-en-medio-de-la-pandemia.html>

ESAN. (5 de Noviembre de 2019). *¿Qué es el análisis de procesos de negocio y cómo aplicarlo en mi empresa?* Conexión ESAN: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/11/que-es-el-analisis-de-procesos-de-negocio-y-como-aplicarlo-en-mi-empresa/>

Espinoza, P. (2017). *Mejora de procesos para la reducción de fallas en el mantenimiento de equipos de aire acondicionado en la empresa de servicios Esalb Group SAC, 2017*. Universidad Privada del Norte, Lima.

Feal, N., González, E., y Santos, R. (2021). Procedimiento para la evaluación y mejora de la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en la industria química cubana. *Revista Centro de Azúcar*, 49(1), 41-50.

- Flores, J. (2018). *Optimización de tiempo en la ejecución del mantenimiento preventivo en equipos HVAC implementando técnicas de mantenimiento predictivo en la empresa Wood Proyectos SAC*. Universidad Privada del Norte, Lima.
- Gallegos, C., Viscaíno, M., y Villacrés, S. (2020). Estudio de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad aplicado a grupos electrógenos prime. *Conciencia Digital*, 3(3), 44-61. doi:10.33262/concienciadigital.v3i3.1266
- Gándara, F. (2014). Herramientas de calidad y el trabajo en equipo para disminuir la reprobación escolar. *Conciencia Tecnológica*(48), 17-24.
- García, M. (2017). Una polémica trascendental sobre el mantenimiento Preventivo y Predictivo. *Revista de Investigaciones Sociales*, 3(8), 1-11.
- García, O. (2017). *Estadística descriptiva y Probabilidades para Ingeniero*. Lima: Editorial Macro.
- Gestión de Operaciones. (3 de Marzo de 2017). *Blog sobre la Gestión e Investigación de Operaciones*. <https://www.gestiondeoperaciones.net/tag/diagrama-de-ishikawa/>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill.
- INEI. (2020). *Sector servicios prestados a empresas aumentó 3.48% en diciembre del año 2019*. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/notadeprensa041.pdf>
- Ingaroca, J. (2021). *Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo eléctrico en media tensión para reducir los tiempos de ejecución del servicio en una red de agencias banca a nivel nacional*. Universidad Privada del Norte, Lima.
- Iung, B., y Levrat, E. (2014). Advanced Maintenance Services for Promoting Sustainability. *Procedia CIRP*, 22, 15-22. doi:10.1016/j.procir.2014.07.018

- Karki, B. R., y Porras, J. (2021). Digitalization for sustainable maintenance services: A systematic literature review. *Digital Business*, 1, 1-15. doi:10.1016/j.digbus.2021.100011
- Krajewski, L., Ritzman, L., y Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor* (8va edición ed.). Pearson.
- López, P., y Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa* (Primera ed.). Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Martinez, N. (2020). *Propuesta de mejora de los tiempos de atención en el servicio de mantenimiento preventivo en el taller de VC Camiones de Divemotor*. Universidad Privada del Norte, Lima.
- Martínez, V. (2013). *Métodos, técnicas e instrumentos de investigación*.
- Mompó, J., Gisbert, V., Pérez, A. I., y Perez, E. (2020). Implementación de la técnica SMED. *Cuadernos de Investigación Aplicada*, 7-17. doi:10.17993/IngyTec.2020.65
- Mora, J., y Londoño, J. P. (2019). *Propuesta de mejora para la reducción del tiempo de entrega en el proceso productivo de un taller de cerrajería*. Universidad Icesi, Cali.
- Moreira, L., y Loos, M. (2018). Análise de rupturas de abastecimento de produtos em uma padaria por meio do Diagrama de Ishikawa. *Revista Espacios*, 39(3), 1-12.
- Nieto, C., Atayde, D., y Romero, R. (2017). Reducción de tiempo muerto operacional en base a mantenimiento autónomo en el área de Mogul-6. *UACJ Investigación*, 3-30.
- Olaechea, D. (2021). *Propuesta de mejora en la reducción del tiempo de entrega del servicio de mantenimiento preventivo de bombas oleohidráulicas, aplicando Lean Manufacturing en una empresa del rubro servicios en Callao*. Universidad Privada del Norte, Lima.

- Ordoñez, J., y Chito, L. (2019). *Propuesta de mejora para disminuir los tiempos de servicio de diagnóstico y mantenimiento en la empresa de servicios AS Automotriz a través de herramientas de mejora*. Fundación Universitaria de Poyapán, Colombia.
- Pérez, Y. (2016). La mejora continua de los procesos en una organización fortalecida mediante el uso de herramientas de apoyo a la toma de decisiones. *Revista Empresarial*(37), 1-9.
- Rendón, M., Villasís, M., y Miranda, M. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 63(4), 397-407.
- Rivera, V. (2016). *Propuesta de mejora de procesos para reducir tiempos muertos en el desarmado y evaluación de motor Cummins de alta potencia*. Universidad Privada del Norte, Lima.
- Rodríguez, V. (2020). ¿Cómo gerenciar un proyecto social a través de la matriz Vester en Planificación Estratégica? Caso: Explotación minera en Timbiquí (Cauca)? *Revista Punto de Vista*, 12(17), 63-84.
- Sánchez, H., Reyes, C., y Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística* (Primera ed.). Universidad Ricardo Palma.
- Seyam, S. (2018). Types of HVAC Systems. 49-66. doi:10.5772/intechopen.78942
- Sierra, R. (1985). *Técnicas de Investigación Social. Teoría y ejercicios*. Madrid: Paraninfo.
- Silva, S., Araujo, P., Santos, P., y Barreto, L. (2019). Diagrama de Pareto: verificação da ferramenta de qualidade por patentes. *Anais do XI Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe*, 234-243.
- Soler Palau. (25 de Septiembre de 2017). *HVAS ¿Qué es?* Consultora S&P: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/hvac-que-es/>
- Sucasaire, J. (2022). *Orientaciones para la selección y el cálculo del tamaño de la muestra en investigación*. Lima: Sucasaire.

- Tibaquierá, N., y Tibaquirá, J. (2018). *Reducción de tiempos de entrega de concreto con la metodología Lean Six Sigma en la empresa Cemex SA, planta Puente Aranda*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Urriburú, E., y Zapata, R. (2020). *Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad del área de servicio de mantenimiento de una empresa administradora de unidades inmobiliarias, Lima 2019*. Universidad César Vallejo, Lima.
- Valderrama, M. (2018). *Propuesta de mejora para la reducción de tiempos en el proceso productivo para uvas de mesa variedad Red Globe aplicando herramientas Lean Manufacturing*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.
- Ventura, J. (2017). ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana Salud Pública*, 43(4), 648-649.
- Vilarinho, S., Lopes, I., y Oliveira, J. (2017). Preventive maintenance decisions through maintenance optimization models: a case study. *Procedia Manufacturing*, 11, 1170-1177. doi:10.1016/j.promfg.2017.07.241
- Zegarra, D., y Vintimilla, M. (2016). *Propuesta de mejora en el proceso del servicio de mantenimiento de vehículos livianos en la empresa automotriz Autocom Piura SRL*. Universidad César Vallejo, Piura.
- Zhu, Z., Xiang, Y., Li, M., Zhu, W., y Schneder, K. (2019). Preventive Maintenance Subject to Equipment Unavailability. *IEEE Transactions on Reliability*, 1-12. doi:10.1109/TR.2019.2913331

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>	<b>V. Independiente</b>	<p><b>Enfoque:</b> -Cuantitativo</p> <p><b>Tipo:</b> -Aplicada -Longitudinal</p> <p><b>Diseño:</b> -Cuasi experimental</p> <p><b>Población y muestra:</b> -Muestra censal de 112 sistemas HVAC</p> <p><b>Técnica:</b> Observación Análisis de causas Diseño de procesos Encuesta Análisis documental</p> <p><b>Instrumento:</b> Guía de observación Ishikawa Matriz de Vester Tabla de Pareto Procedimiento estándar Cuestionario Guía de revisión</p>
¿Cómo mejorar el servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC para reducir los tiempos de ejecución del servicio en la red de agencias de cajas municipales en Lima?	Elaborar propuestas de mejora en el servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC para reducir los tiempos de ejecución del servicio en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.	Las propuestas de mejora en el servicio de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC reducen los tiempos de ejecución del servicio en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.	Propuesta de mejora	
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicas</b>	<b>V. Dependiente</b>	
¿Cuáles son las causas que originan demoras en el servicio de mantenimiento de sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima?	Identificar las causas que originan demoras en el servicio de mantenimiento de sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.	La identificación de las causas originan demoras en el servicio de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.	Tiempos de ejecución del servicio	
¿Cómo reducir el tiempo de servicio de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima?	Establecer un procedimiento estandarizado para reducir el tiempo de servicio de mantenimiento de sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.	El establecimiento de un procedimiento estándar ayudará a la reducción del tiempo de servicio del mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.		
¿Cómo agilizar el proceso del servicio de mantenimiento de sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima?	Elaborar formatos de control para agilizar el proceso del servicio de mantenimiento de sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.	La elaboración de formatos de control agilizará el proceso de mantenimiento preventivo de los sistemas HVAC en la red de agencias de cajas municipales ubicados en Lima.		



*Anexo 3. Validación de instrumentos*

**INFORME DEL JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE  
INVESTIGACIÓN 01**

**I. Datos de información del Consultor**

<b>Nombre y Apellido</b>	Oscar Gallegos Llerena
<b>Carrera Profesional</b>	Ingeniería Industrial
<b>Grado académico</b>	Magíster
<b>Años de experiencia</b>	15 años

**II. Datos de información del trabajo de investigación**

<b>Nombre del instrumento</b>	Ficha de observación del proceso de mantenimiento de los sistemas HVAC
<b>Autor del instrumento</b>	Lorgio Santos Rico
<b>Especialidad</b>	Ingeniería Industrial
<b>Título de la tesis</b>	“PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SISTEMAS HVAC PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE EJECUCIÓN DEL SERVICIO EN LA RED DE AGENCIAS DE CAJAS MUNICIPALES EN LIMA”

**III. Aspectos de validación**

En la siguiente tabla Usted tienen la facultad de evaluar cada uno de los ítems marcando con una X en las columnas SI o NO según sea su valoración. Así mismo, le solito según sea el caso, la corrección de los ítems indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de los ítems del instrumento.

N.º	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de recopilación de datos presenta el diseño adecuado?	x		

2	¿El instrumento de recopilación de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿El instrumento de recopilación de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
4	¿El instrumento de recopilación de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
5	¿La redacción de los ítems tiene un sentido coherente?	x		
6	¿Cada uno de los ítems del instrumento de recopilación de datos se relaciona con los indicadores?	x		
7	¿El diseño del instrumento de recopilación de datos facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
8	¿Son entendibles los ítems del instrumento de recopilación de datos?	x		
9	¿El instrumento de recopilación de datos es coherente con el objeto de estudio?	x		
10	¿El instrumento de recopilación de datos es claro, preciso y sencillo de responder, de tal manera que se puede obtener los datos requeridos?	x		

#### IV. Opinión de aplicación

Considero que es un buen instrumento para la investigación.

**Firma de experto**



Oscar Gallegos Llerena

## INFORME DEL JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN 02

### I. Datos de información del consultor

<b>Nombre y Apellido</b>	Jorge Luis Dulanto Gamonal
<b>Carrera Profesional</b>	Ingeniería Industrial
<b>Grado académico</b>	Ingeniero Industrial
<b>Años de experiencia</b>	10 años

### II. Datos de información del trabajo de investigación

<b>Nombre del instrumento</b>	Ficha de revisión de equipos de la red de agencias de Cajas Municipales
<b>Autor del instrumento</b>	Lorgio Santos Rico
<b>Especialidad</b>	Ingeniería Industrial
<b>Título de la tesis</b>	“PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SISTEMAS HVAC PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE EJECUCIÓN DEL SERVICIO EN LA RED DE AGENCIAS DE CAJAS MUNICIPALES EN LIMA”

### III. Aspectos de validación

En la siguiente tabla Usted tienen la facultad de evaluar cada uno de los ítems marcando con una X en las columnas SI o NO según sea su valoración. Así mismo, le solito según sea el caso, la corrección de los ítems indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de los ítems del instrumento.

Nº	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de recopilación de datos presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recopilación de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿El instrumento de recopilación de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		

4	¿El instrumento de recopilación de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
5	¿La redacción de los ítems tiene un sentido coherente?	x		
6	¿Cada uno de los ítems del instrumento de recopilación de datos se relaciona con los indicadores?	x		
7	¿El diseño del instrumento de recopilación de datos facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
8	¿Son entendibles los ítems del instrumento de recopilación de datos?	x		
9	¿El instrumento de recopilación de datos es coherente con el objeto de estudio?	x		
10	¿El instrumento de recopilación de datos es claro, preciso y sencillo de responder, de tal manera que se puede obtener los datos requeridos?	x		

#### IV. Opinión de aplicación

Considero que es un buen instrumento para la investigación.

**Firma de experto**



JORGE LUIS  
DULANTO GAMONAL  
Ingeniero Industrial  
CIP N° 261395

## INFORME DEL JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN 02

### I. Datos de información del consultor

<b>Nombre y Apellido</b>	Jorge Luis Dulanto Gamonal
<b>Carrera Profesional</b>	Ingeniería Industrial
<b>Grado académico</b>	Ingeniero Industrial
<b>Años de experiencia</b>	10 años

### II. Datos de información del trabajo de investigación

<b>Nombre del instrumento</b>	Ficha de revisión de equipos de la red de agencias de Cajas Municipales
<b>Autor del instrumento</b>	Lorgio Santos Rico
<b>Especialidad</b>	Ingeniería Industrial
<b>Título de la tesis</b>	“PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SISTEMAS HVAC PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE EJECUCIÓN DEL SERVICIO EN LA RED DE AGENCIAS DE CAJAS MUNICIPALES EN LIMA”

### III. Aspectos de validación

En la siguiente tabla Usted tienen la facultad de evaluar cada uno de los ítems marcando con una X en las columnas SI o NO según sea su valoración. Así mismo, le solito según sea el caso, la corrección de los ítems indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de los ítems del instrumento.

Nº	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de recopilación de datos presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recopilación de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿El instrumento de recopilación de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		

4	¿El instrumento de recopilación de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
5	¿La redacción de los ítems tiene un sentido coherente?	x		
6	¿Cada uno de los ítems del instrumento de recopilación de datos se relaciona con los indicadores?	x		
7	¿El diseño del instrumento de recopilación de datos facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
8	¿Son entendibles los ítems del instrumento de recopilación de datos?	x		
9	¿El instrumento de recopilación de datos es coherente con el objeto de estudio?	x		
10	¿El instrumento de recopilación de datos es claro, preciso y sencillo de responder, de tal manera que se puede obtener los datos requeridos?	x		

#### IV. Opinión de aplicación

Considero que es un buen instrumento para la investigación.

#### Firma de experto

  
 -----  
**JUAN MARTIN  
COLQUE PAREDES**  
 Ingeniero Industrial  
 CIP N° 262904

**Anexo 4. Población de estudio**

AGENCIAS CAJA SULLANA NORTE CHICO					
NÚMERO	MARCA	CAPACIDAD	UBICACIÓN	CANT	DIRECCIÓN
1	Carrier	18,000	Salas de Servidores	1	BARRANCA: AREQUIPA N° 142 – 146 - BARRANCA
2	Carrier	12,000	Cajero	2	
3	LG	60,000	Área de Operaciones 1° piso	3	
4	LG	60,000	Área de Operaciones 1° piso	4	
5	LG	48,000	Área de créditos 1° Piso	5	
6	LG	48,000	Área de créditos 1° Piso	6	
7	LG	36,000	Mesa de Trabajo	7	
8	LG	36,000	Mesa de Trabajo	8	
9	LG	60,000	Área de Operaciones 2° piso	9	
10	LG	60,000	Área de Operaciones 2° piso	10	
11	LG	36,000	Área de Operaciones 2° piso	11	
12	Innovair	12,000	Ingreso Área de Operaciones	12	
13	Carrier	12,000	Servidor	1	PARAMONGA: JR. UNION N° 057 URB. MIGUEL GRAU - PARAMONGA
14	Carrier	36,000	Área Operaciones	2	
15	Carrier	18,000	Cajero	3	
16	Carrier	36,000	Analistas de Crédito 2° piso	4	
17	Carrier	36,000	Analistas de Crédito 2° piso	5	
18	york	18,000	Servidor	1	OFICINA SUPE
19	york	18,000	Sala de reuniones	2	
20	york	36,000	Atención al cliente 2 piso	3	
21	york	36,000	Atención al cliente 1 piso	4	
22	york	36,000	atención al cliente recibidor pagador	5	
23	york	36,000	Analista de Créditos 1° piso	1	OFICINA DE HUARA
24	york	36,000	Área Operaciones	2	
25	york	48,000	Área operaciones 2° piso	3	
26	york	18,000	Sistemas	4	
27	york	18,000	Sala de reuniones	5	
28	Midea	12,000	Administración	1	OFICINA HUACHO: JR. LA MERCED N° 440 – HUACHO PLAZA SAN MARTIN
29	Midea	18,000	Servidor	2	
30	Midea	48,000	Analistas de Crédito	3	
31	Midea	48,000	Operaciones	4	
32	Midea	18,000	Cajero	1	HUARAL: LUIS COLAN N° 184 - HUARAL
33	York	18,000	Servidor	2	
34	york	18,000	Servidor	1	HUARAL: LUIS COLAN N° 184 - HUARAL

35	LG	18,000	Sala de Sistemas	1	CHANCA Y: CALLE LOPEZ DE ZUÑIGA N°336 - CHANCA Y
36	LG	18,000	sala de reuniones	2	
37	LG	60,000	Área Operaciones	3	
38	LG	60,000	Analistas de Crédito	4	
<b>AGENCIAS CAJA SULLANA ZONA LIMA</b>					
	MARCA	CAPACIDAD	UBICACIÓN	ITEM	
39	York	18,000	Servidor	1	VENTANILLA: MZ. C3 LT. 17 URB. EX ZONA COMERCIAL E INDUSTRIAL. VENTANILLA – CALLAO - LIMA
40	York	36,000	Operaciones	2	
41	York	36,000	Analistas de Crédito	3	
42	York	12,000	Puerta principal	4	
43	Carrier	18,000	Puerta principal	5	
44	york	60,000	Analistas de Crédito	1	PUENTE PIEDRA: URB. SANTO DOMINGO MZ. C. LT. 11 – 1° PISO – PIENTE PIEDRA - LIMA
45	york	60,000	Operaciones	2	
46	Midea	12,000	Servidor	3	
47	Midea	18,000	Cajero	4	
48	Midea	18,000	Administración	5	
49	York	18,000	Servidor	1	COMAS: AV. VICTOR ANDRES BELAUNDE N° 4801 ESQ. CON JR. PALLARDELI N° 100 – 104 – 108
50	York	60,000	Área Operaciones	2	
51	york	18,000	sala de reuniones	3	
52	York	60,000	Analistas de Crédito	4	
53	Midea	18,000	Servidor	1	LOS OLIVOS: AV. ANTUNES DE MAYOLO N° 1362 – 1364. URB. LOS PINARES LT. 23 MZ. I. LOS OLIVOS - LIMA
54	Carrier	12,000	Cajero	2	
55	York	36,000	Área Operaciones	3	
56	York	36,000	Analista de Créditos	4	
57	York	18,000	Analista de Créditos	5	
58	York	24,000	Mesa de Aprobación	6	
59	Midea	12,000	Administración	1	JESUS MARIA: AV. GENERAL GARZON N° 1412 – 1418 JESUS MARIA - LIMA
60	Midea	18,000	Servidor	2	
61	Midea	48,000	Analistas de Crédito	3	
62	Midea	48,000	Operaciones	4	
63	LG	60,000	Ingreso	5	
64	York	18,000	Servidor	1	LA VICTORIA: AV. 28 DE JULIO N° 1165 – LA VICTORIA - LIMA
65	Cold Point	12,000	Administración	2	
66	Cold Point	60,000	Analistas de Crédito	3	
67	Cold Point	60,000	Operaciones	4	
68	York	60,000	Analistas de Crédito	1	SAN BORJA: AV. SAN LUIS N° 2133 – SAN BORJA - LIMA
69	York	60,000	Operaciones	2	
70	York	18,000	Servidor	3	
71	York	18,000	Cajero	4	
72	LG	18,000	Servidor	1	AGENCIA CHIMU SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
73	LG	60,000	Área Operaciones	2	
74	LG	24,000	Mesa de trabajo	3	

75	LG	18,000	Administración	4	
76	LG	18,000	Servidor	1	AGENCIA MONTENEGRO SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
77	LG	36,000	Área operaciones	2	
78	LG	36,000	Área de Créditos	3	
79	LG	24,000	Mesa de trabajo	4	
80	LG	12,000	Administración	5	
81	LG	24,000	Área de atención al cliente	1	AGENCIA ATE - LIMA
82	LG	12,000	Caja	2	
83	LG	18,000	Abastecimiento Cajero	3	
84	LG	36,000	Área Operaciones	4	
85	LG	36,000	Área Operaciones	5	
86	LG	18,000	Administración	6	
87	LG	60,000	Área Créditos 2° piso	7	
88	LG	36,000	Mesa de Trabajo	8	
89	LG	18,000	Servidor	9	
90	LG	24,000	sala de reuniones	10	
91	LG	24,000	Mesa de trabajo 3° piso	11	
92	LG	18,000	Administrador 3° Piso	12	
93	Midea	18,000	Servidor	1	SAN JUAN DE LURIGANCHO: URB. CANTO GRANDE UNIDAD 2ª. MZ. D. LT. 1 COOPERATIVA DE VIVIENDA VALLE SHARON. AN LUIS DE LURIGANCHO - LIMA
94	Midea	12,000	Administración	2	
95	Midea	36,000	Analistas de Crédito	3	
96	Midea	36,000	Operaciones	4	
97	York	36,000	2do Piso	5	
98	York	36,000	3ro Piso	6	
99	York	18,000	sala de reuniones	7	
100	York	12,000	Administración	8	
101	York	24,000	servidor	1	AGENCIA CERCADO DE LIMA Jr. CUSCO
102	midea	60,000	analistas de crédito	2	
103	Cold Point	60,000	analistas de crédito	3	
<b>AGENCIAS CAJA SULLANA ZONA SUR CHICO</b>					
	MARCA	CAPACIDAD	UBICACIÓN	ITEM	
104	York	12,000	Cajero	1	CHINCHA: JR. SANTO DOMINGO N° 108 1° PISO – CHINCHA
105	York	60,000	Área Operaciones	2	
106	York	18,000	Servidor	3	
107	York	18,000	Servidor	1	IMPERIAL: JR. EL CARMEN N° 449 – IMPERIAL - CAÑETE
108	LG	24,000	Analistas de Crédito	2	
109	York	24,000	Analistas de Crédito Piso 02	3	
110	York	18,000	administración	4	
111	LG	24,000	Área Operaciones	5	
112	York	18,000	Servidor	1	CMAC AGENCIA HUANCAYO

*Anexo 5. Propuesta de Servicio de Mantenimiento*

 <p>AIRTEMPERU SAC</p>	<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO Y SERVICIO</b>		Código: AMS -01
	<b>PROCEDIMIENTO SANITIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DE SISTEMAS HVAC</b>		Versión: 01
			Pag:
Elaborado Por: Lorgio Santos	Revisado Por: Lorgio Santos	Fecha De Aprobación: 25/04/2020	
<p><b>OBJETIVO</b></p> <p>Establecer las actividades necesarias para realizar la sanitización y desinfección en el Mantenimiento preventivo de equipos de aire acondicionado de acuerdo al Plan de mantenimiento Preventivo establecido por el área de mantenimiento.</p>			
<p><b>ALCANCE</b></p> <p>Aplica desde la elaboración del Plan de Mantenimiento Preventivo hasta la prestación de servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC.</p>			
<p><b>NORMATIVA LEGAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley N° 29783                   Ley de seguridad y salud en el Trabajo.</li> <li>• D.S. N° 005-2012 TR       Reglamento de la Ley de seguridad y Salud en el Trabajo.</li> <li>• Norma G-050                 Norma Técnica de Seguridad durante la Construcción.</li> <li>• ASTM (American Society for Testing Materials)</li> <li>• NFPA (National Fire Protection Association)</li> <li>• ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers)</li> <li>• NORMA UNE-EN 100012    Mantenimiento Higiénico se sistemas de Aire Acondicionado.</li> <li>• NORMA UNE-EN 15780:2012 Ventilación de edificios. Conductos. Limpieza de sistemas de ventilación.</li> </ul>			
<p><b>Abreviaciones</b></p> <p>AST: Herramienta de gestión para el Análisis Seguro de Trabajo</p> <p>PET: Permiso escrito de trabajo</p> <p>EPP: Elemento de protección personal</p>			

## RESPONSABILIDADES

Cargo	Responsabilidad
Supervisor de Campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplir y hacer cumplir el presente procedimiento.</li> <li>• Realizar la charla de seguridad.</li> <li>• Gestionar los permisos correspondientes y velar por el correcto llenado de los mismos (AST, permisos de Trabajo).</li> <li>• Reportar de inmediato al Supervisor de SST del cliente, cualquier accidente e incidente que se produzca durante la ejecución de los trabajos.</li> <li>• Coordinar con el personal ejecutante las actividades operativas antes del inicio de la jornada.</li> <li>• Mostrarse vigilante sobre la correcta implementación y uso adecuado de los EPI al personal involucrado de la actividad.</li> </ul>
Técnicos HVAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participar activamente en la charla de inicio de jornada.</li> <li>• Realizar el correcto llenado de los permisos correspondiente para la actividad, de ser necesario gestionar permisos adicionales para el cumplimiento de la misma.</li> <li>• Cumplir con lo indicado en el presente procedimiento.</li> <li>• Mantenerse vigilante ante cualquier situación de riesgo que pudiera no estar controlada.</li> <li>• Responsables de su seguridad y de los daños ambientales productos de su tarea.</li> <li>• Informar sobre cualquier condición de salud que se observe antes de realizar cualquier tipo de trabajo.</li> <li>• Identificar y usar correctamente los equipos de protección Individual.</li> <li>• Acatar las instrucciones verbales o escritas impartidas por el Supervisor Campo y/o por la Supervisión del Cliente, las instrucciones deben ser escritas en el AST el cual debe estar firmado antes de ejecutarla acción indicada.</li> <li>• Reportar el deterioro o daño de los sistemas colectivos, de prevención y protección.</li> </ul>

## RECURSOS

Recursos Humanos	Equipos de Protección Individual	Equipos de Campo	Recursos de Campo	Herramientas Manuales	Materiales de Campo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisor de Campo</li> <li>• Técnicos de refrigeración</li> <li>• Personal de seguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casco de seguridad.</li> <li>• Protección facial (careta).</li> <li>• Traje de cuerpo entero (Tivex)</li> <li>• Guantes de protección (quirúrgicos, nitrilo, látex).</li> <li>• Lentes de Seguridad.</li> <li>• Calzado de protección (dieléctricos).</li> <li>• Arnés integral de cuerpo entero.</li> <li>• Respiradores de media cara</li> <li>• Alcohol gel.</li> <li>• Tapones auditivos</li> <li>• Jabón líquido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo de andamio Ulma / layert.</li> <li>• Escalera tipo tijeral de 8 pasos.</li> <li>• Hidrolavadora katchert.</li> <li>• Pulverizador de aire</li> <li>• Pulverizador de agua</li> <li>• Aspiradora de agua Katchert.</li> <li>• Reflectores alógenos.</li> <li>• Camioneta</li> <li>• Botiquín.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Candados de Bloqueo.</li> <li>• Tarjetas de etiquetado.</li> <li>• Pinza amperimétrica.</li> <li>• Termómetro láser (pirómetro)</li> <li>• Megohometro</li> <li>• Manómetros de medición de presión.</li> <li>• Detector de CO2</li> <li>• Cintas de señalización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caja portátil de herramientas</li> <li>• Jgo. De destornilladores.</li> <li>• Jgo de llaves reguladoras (francesas)</li> <li>• Jgo de llaves mixtas</li> <li>• Jgo de alicates mecánico/pinza/corte.</li> <li>• Jgo de llaves hexagonales</li> <li>• Jgo de dados</li> <li>• Brochas</li> <li>• Recipientes de agua</li> <li>• Juego de avellanado</li> <li>• Arco de sierra</li> <li>• Martillo</li> <li>• Nivel</li> <li>• Taladro inalámbrico</li> <li>• Extensión</li> <li>• Soga</li> <li>• Kit de equipo portátil se soldar (autógena)</li> <li>• Manómetro digital y análogo</li> <li>• Bomba de agua</li> <li>• Bomba de recuperación de gas refrigerante</li> <li>• Bomba de aceite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plásticos</li> <li>• Franelas</li> <li>• Trapo industrial</li> <li>• Guaipe</li> <li>• Grasa de lubricación</li> <li>• Líquido de limpia contacto</li> <li>• Solvente dieléctico</li> <li>• Detergente</li> <li>• Cloro</li> <li>• Líquido alki foam – anti clean</li> <li>• Cinta aislante</li> <li>• Cinta foam y aluminio</li> <li>• Pegamento PVC, terokal.</li> <li>• Pernera</li> <li>• Sujetadores (precintos – cintillos)</li> </ul>

## OPERACIÓN Y PROCESO

### Fines de las Actividades de Mantenimiento

- Optimizar la producción del sistema
- Reducir los costos por averías
- Disminuir el gasto por nuevos equipos
- Maximizar la vida útil de los equipos

### Mantenimiento de sistemas HVAC

- El servicio de sanitización y desinfección en el mantenimiento preventivo de equipos de aire acondicionado, se realizará a todos los equipos de aire acondicionado en sus diferentes capacidades y tipos.
- Preservar la función de los equipos, a partir de la aplicación de estrategias efectivas de mantenimiento, e inspección, que permitan minimizar los riesgos que generan los distintos modos de fallas dentro del contexto operacional y ayuden a maximizar la rentabilidad del negocio.
- Establecer las actividades necesarias para realizar la sanitización y desinfección en el mantenimiento preventivo de equipos de aire acondicionado de acuerdo al Plan de mantenimiento Preventivo establecido por el área de mantenimiento.

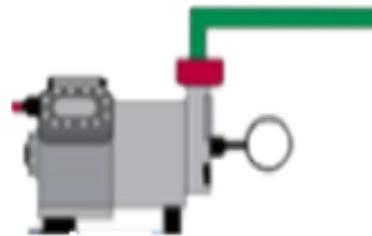
### Consideraciones Previas

- El personal se reúne para recibir la charla de 5 min. Esta actividad será impartida por el supervisor de campo, donde el tema a tocar será en referencia a la actividad a realizar.
- Se procede a realizar el análisis de trabajo seguro (ATS), esta actividad debe realizarse en el área a intervenir identificando las condiciones del entorno, según el procedimiento SST-PC-001 Análisis Seguro de Trabajo.
- El supervisor de campo solicitará al cliente la intervención al equipo para la realización del Bloqueo y etiquetado, según el procedimiento SST-PE-004 Bloqueo y Etiquetado.
- Una vez el cliente haya cortado la energía del equipo, el personal de AIRTEMPERU procederá a verificar con un multímetro calibrado la no presencia de energía en el sistema.
- Dado que es una actividad rutinaria para el mantenimiento preventivo del equipo se debe realizar el bloqueo y etiquetado todos los días durante el servicio prestado.
- El área de trabajo contará con señalización adecuada, prohibiendo el ingreso de personal ajeno a la actividad.
- En caso de incidente se debe reportar inmediatamente al supervisor de campo y/o a la supervisión del cliente.

### Actividades de Mantenimiento

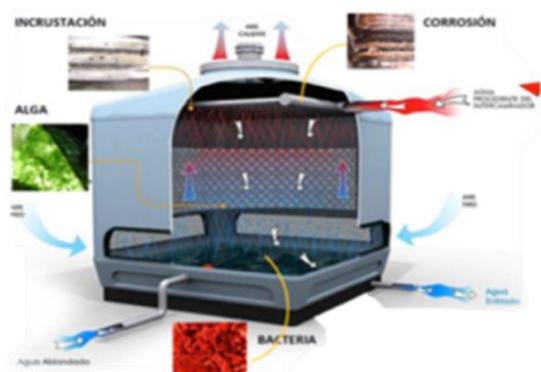
#### Compresor

1. Revisión resistencia de carter.
2. Relación de compresión.
3. Temperatura de descarga.
4. Presión de aceite.
5. Vibración.



#### Torre de Enfriamiento

1. Tratamiento de agua.
  - Aplicación de productos.
  - Monitoreo
  - Sangría
2. Limpieza
  - Basín
  - Panales
  - Boquillas
3. Suministro de agua
4. Abanico
  - Balanceo
  - Estado de rodamientos de flecha
5. Motor
  - Estado de embobinados
  - Estado de rodamientos



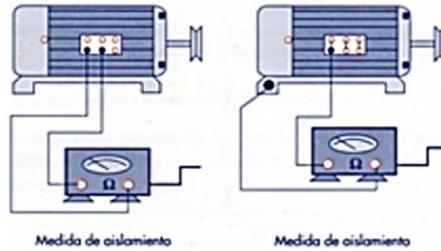
6. Transmisión banda
  - Estado de bandas
  - Estado de poleas
  - Tensión de bandas
  - Verificación de apriete de opresores

## Motor

### 1. Estado de bobinas

Voltaje del Devanado	Voltaje aplicado DC IR
<1000	500
1001 - 2500	500-1000
2501 - 5000	1000-2500
5001 - 12000	2500-5000
>12001	5000-10000

Condición del Aislamiento	Índice de Polarización
Peligrosa	<1
Cuestionable	1.0-2.0
Buena	2.0-4.0
Excelente	>4.0



Resistencia de aislamiento mínima a 1	Devanado que esta siendo probado
kV + 1MegOhms	La mayoría de devanados fabricados despues de 1970
100 MegOhms	Estrator despues de 1970
5 MegOhms	Estator al azar de menos de 1000 volts despues de 1970

! En compresores herméticos o semiherméticos, NUNCA menos de 600 MegOhms.

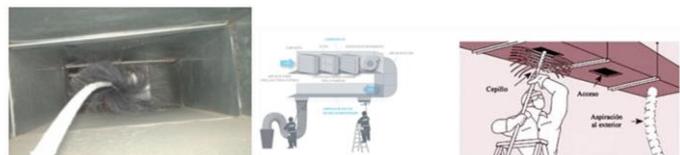
## Redes de Tubería de agua helada

1. Verificación de posibles fugas
2. Estado de purgadoras de aire.
3. Soportes de tubería.
4. Aislamiento.



## Ductería-Sistema de movimiento de aire

1. Balanceo distribución de aire
2. Fugas
3. Soportería
4. Aislamiento
5. Limpieza



## Limpieza a Evaporador Split



### UMAS-Sistema de movimiento de aire

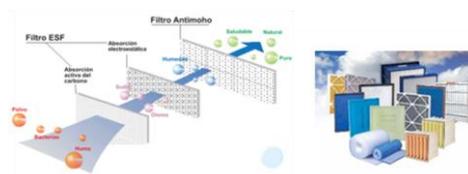
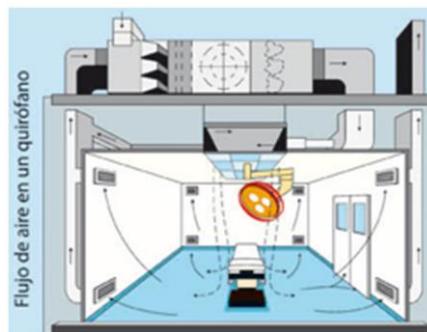
1. Turbinas
  - Balanceo
  - Limpieza
2. Transmisión banda-polea
  - Estado de bandas
  - Estado de poleas
  - Tensión de bandas
  - Verificación apriete de opresores
3. Motor
  - Estado de embobinados
  - Estado de rodamientos
4. Lubricación
  - Rodamientos de motor
  - Chumaceras flecha turbinas
5. Filtros
  - Limpieza/reemplazo
  - Estado de rodamientos



6. Serpentin
  - Limpieza
  - Sistema circulación de agua sin aire
  - Verificación circulación de agua
7. Verificación conexiones eléctricas
  - Reaprite de conexiones

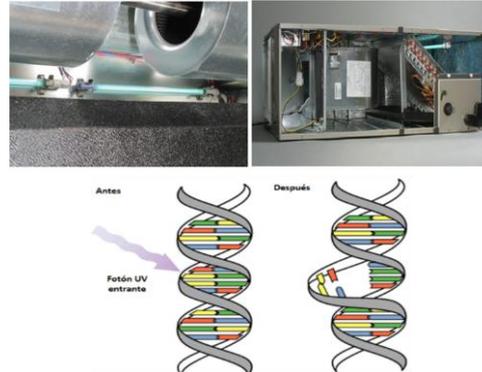
### Filtrado de aire - Área a acondicionar

1. Características del ambiente del área acondicionada
  - Consideraciones de diseño (contaminantes, concentración, temperatura, humedad, volumen de aire, flujo de aire, caída de presión, eficiencia de remoción requerida-solicitada, capacidad de remoción requerida-solicitada, facilidad de mantenimiento)
2. Filtración de aire
  - Filtración mecánica
  - Filtración molecular y química
3. Control con UVC



### Filtrado de aire - Control UVC

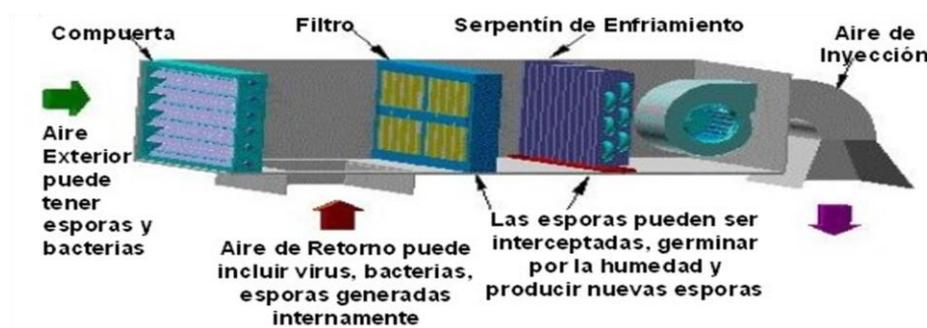
1. Control UVC
2. Funcionamiento
  - Destruye ADN de bacterias
  - Evita su reproducción
  - Ocasiona la muerte de contaminantes biológicos (hongos, bacterias, virus, protozoarios, algas)



### Consideraciones

#### Funcionamiento del Equipo HVAC

Fuente y Trayectoria de Contaminación de una Manejadora de aire



Fuente: Airborne Respiratory Diseases and Mechanical Systems for Control of Microcrops, W.J. Kowalski, P.E.

#### Consecuencias del aire contaminado – Síndrome del edificio enfermo

Describe situaciones en las que los ocupantes de un edificio presentan problemas de salud, desapareciendo al abandonar el edificio y no son atribuibles a ninguna enfermedad específica.

- Dolores de cabeza
- Picor de ojos
- Irritación de piel
- Garganta seca e irritada
- Congestión nasal
- Fatiga
- Alergias
- Aletargamiento

Se aplica a enfermedades diagnosticables médicamente y que son causadas o relacionadas por la contaminación de un edificio.

- Enfermedad de Lengionario
- Rinitis
- Gripe
- Asma
- Fiebre de Pontiac
- Complicaciones en la piel

### Barrido de Bacterias-Ducteria



### Filtrado con Filtros Sintéticos

- Características técnicas:
- Membrana: Lana de vidrio
- Media: Sintético
- Eficiencia: 20-25%
- Temperatura: 82.00°C

- Unidad manejadora de aire enfriado por agua



- Unidad Francoil de agua helada



### Clasificación de Filtros

#### MERV 6 = MPR 300

Los filtros de aire HVAC remueven partículas como:

- \* Polvo, polvo, pelusa
- \* Caspa de mascota
- \* Ácaros

#### MERV 8 = MPR 600

Estos filtros de aire HVAC capturan partículas como:

- \* Polvo, ácaros
- \* Polen
- \* Crecimiento microbiológico

#### MERV 11 = MPR 1000 a 1200

Estos filtros de aire adicionalmente capturan partículas como:

- \* Caspa de mascota
- \* Humo tóxico
- \* Partículas de estornudo y tos

#### MERV 13 = MPR 1500 a 1900

Estos filtros de aire HVAC adicionalmente capturan partículas como:

- \* Tabaco
- \* Virus
- \* Bacteria



	<b>AIRTEMPERU S.A.C.</b>		
	Jr. San Pedro 1361 Surquillo – Lima - Perú		Supervisor:
	Telf.: 01 4476360		ID
	Cel: 987 813 433 / 989 969 241		Fecha
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			
Cliente:		Teléfono:	
Dirección:		Fecha:	
Distrito		Provincia:	
<b>FECHAS DEL PROYECTO</b>			
Inicio de obra:			
Término de obra:			
Nº de semana			
% avance			
<b>DATOS DE LAS INSTALACIONES</b>			
Tensión		Tipo de AA	
Potencia		Capacidad:	
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>			
Marca:		Serie:	
Modelo:		Capacidad:	
Ubicación:		Voltaje:	
<b>ESTADO DEL EQUIPO</b>			
ITEM	ALCANCES DEL SERVICIO	ESTADO	
		BUENO	CAMBIO
1	Limpieza de unidad condensador y unidad evaporador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Limpieza de filtro de aire y/o cambio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Inspección de drenaje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Revisión de condiciones de hélice y motor ventilador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Inspección de Ruidos y Vibraciones anormales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Verificación y ajustes de conexiones eléctricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Prueba de fugas de refrigerante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Revisión de rodajes y/o bocinas de motores ventiladores. Lubricación de requerirlo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Megado de bobinas motores eléctricos (motor ventilador y compresor)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Desoxidación y pintado de gabinete del equipo (de requerirlo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Verificar condiciones generales del equipo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Limpieza del área de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(Continúa)

(1 de 4)

13	Medida de parámetros (eléctrico, temperaturas y presión) condiciones de operación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Limpieza de bandeja de condensado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Limpieza de bomba de agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Limpieza de rejilla y difusores de aire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Limpieza de ducteria de rígida y flexible y/o cambio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Verificación y/o cambio de aislamiento térmico de ducto, tuberías y gabinete de equipo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Revisión de contactores, relevadores, capacitores, relés, transformadores, tarjetas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Revisión de sensores de presión, temperatura, de humedad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	Revisión de renovación de aire (inyección y extracción)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	Ajuste y revisión de chumaceras, poleas, fajas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	Cambio de pernería por vibración	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	Revisión de flujo o caudal de aire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	Revisión de fugas de aire, gas refrigerante o H2O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**OBSERVACIONES**

<b>Responsable</b>	<b>Cliente</b>
Nombre y firma:	Nombre y firma:

<b>GALERIAL DE FOTOS</b>				
<b>ANTES</b>			<b>DESPUÉS</b>	
Ítem	Partida	N° Foto	% Avance	N° Foto
<b>ANTES</b>			<b>DESPUÉS</b>	
Ítem	Partida	N° Foto	% Avance	N° Foto
<b>ANTES</b>			<b>DESPUÉS</b>	
Ítem	Partida	N° Foto	% Avance	N° Foto
<b>ANTES</b>			<b>DESPUÉS</b>	
Ítem	Partida	N° Foto	% Avance	N° Foto

(3 de 4)

**Anexo 6. Registro Histórico de Tiempos de la Población de estudio**

LISTADO DE EQUIPOS RED DE CAJA CMAC							
MUESTREO DE CANTIDAD DE EQUIPOS HVAC							TOMA DE TIEMPOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
ITEM	CANT	EQUIPO	MARCA	CAPACIDAD BTU/H	TIPO	COSTO UNITARIO POR FRECUENCIA 01 - 02 - 03 - 04 PERIODO 2021	TIEMPO SIN MEJORA
<b>GRUPO 01 ( EQUIPOS HVAC SPLIT PARED)</b>							
1	1	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
2	2	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
3	3	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
4	4	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
5	5	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
6	6	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
7	7	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
8	8	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
9	9	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
10	10	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
11	11	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
12	12	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
13	13	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
14	14	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
15	1	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
16	2	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
17	3	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
18	4	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
19	5	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
20	6	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
21	7	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
22	8	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
23	9	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
24	10	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
25	11	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
26	12	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
27	13	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
28	14	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
29	15	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
30	16	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
31	17	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
32	18	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
33	19	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
34	20	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
35	21	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
36	22	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
37	23	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
38	24	Equipo de Aire Acondicionado	LG	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
39	25	Equipo de Aire Acondicionado	LG	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
40	26	Equipo de Aire Acondicionado	LG	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
41	27	Equipo de Aire Acondicionado	LG	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
42	28	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
43	29	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
44	30	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
45	31	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
46	32	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
47	33	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
48	34	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
49	35	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
50	36	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
51	37	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98
52	1	Equipo de Aire Acondicionado	york	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2
53	2	Equipo de Aire Acondicionado	York	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2
54	3	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2
55	4	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2
56	5	Equipo de Aire Acondicionado	York	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2
57	6	Equipo de Aire Acondicionado	York	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2
58	7	Equipo de Aire Acondicionado	York	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2
59	8	Equipo de Aire Acondicionado	York	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2
60	9	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2
61	10	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2

GRUPO 02 ( EQUIPOS HVAC TIPO PISO TECHO )							
62	1	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
63	2	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
64	3	Equipo de Aire Acondicionado	York	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
65	4	Equipo de Aire Acondicionado	Cold Point	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
66	5	Equipo de Aire Acondicionado	Cold Point	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
67	6	Equipo de Aire Acondicionado	Cold Point	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
68	7	Equipo de Aire Acondicionado	York	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
69	8	Equipo de Aire Acondicionado	York	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
70	9	Equipo de Aire Acondicionado	York	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
71	10	Equipo de Aire Acondicionado	York	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
72	11	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
73	12	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
74	13	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
75	14	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
76	15	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
77	16	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
78	17	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
79	18	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
80	19	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
81	20	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
82	21	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
83	22	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
84	23	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
85	24	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75
86	1	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
87	2	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
88	3	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
89	4	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
90	5	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
91	6	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
92	7	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
93	1	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
94	2	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
95	3	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
96	4	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
97	5	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
98	6	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
99	7	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
100	8	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
101	9	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
102	10	Equipo de Aire Acondicionado	midea	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
103	11	Equipo de Aire Acondicionado	Cold Point	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
104	12	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
105	13	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
106	14	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
107	15	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
108	16	Equipo de Aire Acondicionado	LG	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
109	17	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
110	18	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
111	19	Equipo de Aire Acondicionado	LG	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73
112	20	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73

*Anexo 7. Registro de Tiempos dada las mejoras*

LISTADO DE EQUIPOS RED DE CAJA CMAC									
MUESTREO DE CANTIDAD DE EQUIPOS HVAC							TOMA DE TIEMPOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
ITEM	CANT	EQUIPO	MARCA	CAPACIDAD BTU/H	TIPO	COSTO UNITARIO POR FRECUENCIA 01 02 - 03 - 04 PERIODO 2021	TIEMPO SIN MEJORA	TIEMPO POSTERIOR A LA MEJORA	DIFERENCIA DE TIEMPO
<b>GRUPO 01 ( EQUIPOS HVAC SPLIT PARED)</b>									
1	1	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
2	2	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
3	3	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
4	4	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
5	5	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
6	6	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
7	7	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
8	8	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
9	9	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
10	10	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
11	11	Equipo de Aire Acondicionado	LG	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
12	12	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
13	13	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
14	14	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	12,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
15	1	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
16	2	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
17	3	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
18	4	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
19	5	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
20	6	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
21	7	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
22	8	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
23	9	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
24	10	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
25	11	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
26	12	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
27	13	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
28	14	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
29	15	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
30	16	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
31	17	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
32	18	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
33	19	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
34	20	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
35	21	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
36	22	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
37	23	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
38	24	Equipo de Aire Acondicionado	LG	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
39	25	Equipo de Aire Acondicionado	LG	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
40	26	Equipo de Aire Acondicionado	LG	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
41	27	Equipo de Aire Acondicionado	LG	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
42	28	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
43	29	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
44	30	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
45	31	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
46	32	Equipo de Aire Acondicionado	york	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
47	33	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
48	34	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
49	35	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
50	36	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
51	37	Equipo de Aire Acondicionado	York	18,000	Split Pared	S/. 160.00	152.98	130.79	22.19
52	1	Equipo de Aire Acondicionado	york	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2	180.46	21.74
53	2	Equipo de Aire Acondicionado	York	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2	180.46	21.74
54	3	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2	180.46	21.74
55	4	Equipo de Aire Acondicionado	Carrier	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2	180.46	21.74
56	5	Equipo de Aire Acondicionado	York	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2	180.46	21.74
57	6	Equipo de Aire Acondicionado	York	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2	180.46	21.74
58	7	Equipo de Aire Acondicionado	York	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2	180.46	21.74
59	8	Equipo de Aire Acondicionado	York	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2	180.46	21.74
60	9	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2	180.46	21.74
61	10	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	24,000	Split Pared	S/. 180.00	202.2	180.46	21.74

GRUPO 02 ( EQUIPOS HVAC TIPO PISO TECHO )									
62	1	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
63	2	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
64	3	Equipo de Aire Acondicionado	York	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
65	4	Equipo de Aire Acondicionado	Cold Point	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
66	5	Equipo de Aire Acondicionado	Cold Point	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
67	6	Equipo de Aire Acondicionado	Cold Point	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
68	7	Equipo de Aire Acondicionado	York	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
69	8	Equipo de Aire Acondicionado	York	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
70	9	Equipo de Aire Acondicionado	York	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
71	10	Equipo de Aire Acondicionado	York	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
72	11	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
73	12	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
74	13	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
75	14	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
76	15	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
77	16	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
78	17	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
79	18	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
80	19	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
81	20	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
82	21	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
83	22	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
84	23	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
85	24	Equipo de Aire Acondicionado	LG	36,000	Split Piso Techo	S/. 220.00	236.75	220.53	16.22
86	1	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
87	2	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
88	3	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
89	4	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
90	5	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
91	6	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
92	7	Equipo de Aire Acondicionado	LG	48,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
93	1	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
94	2	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
95	3	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
96	4	Equipo de Aire Acondicionado	Midea	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
97	5	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
98	6	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
99	7	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
100	8	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
101	9	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
102	10	Equipo de Aire Acondicionado	midea	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
103	11	Equipo de Aire Acondicionado	Cold Point	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
104	12	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
105	13	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
106	14	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
107	15	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
108	16	Equipo de Aire Acondicionado	LG	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
109	17	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
110	18	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
111	19	Equipo de Aire Acondicionado	LG	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53
112	20	Equipo de Aire Acondicionado	York	60,000	Split Piso Techo	S/. 250.00	250.73	235.2	15.53

### *Anexo 8. Test de Conocimientos*

#### TEST DE CONOCIMIENTO

- 1 Son causales de baja presión
  - a) Exceso de carga térmica
  - b) Bajo flujo de aire en el evaporador
  - c) Bajo caudal de aire en el condensador
  - d) Falta de refrigerante
  - e) Falla en la válvula de expansión
  - f) Falla en los ventiladores de condensación
- 2 ¿Cuántos Btu se requieren para subir de 65°F a 66°F 200lbs de agua?
  - a) 200 Btu
  - b) 1 Btu
  - c) 350 Btu
  - d) 12000 Btu
- 3 Es la unidad de medida para el vacío
  - a) Kpa
  - b) Micron
  - c) Bar
  - d) psi
- 4 Un aumento en la presión de condensación ocasiona que el consumo de corriente del compresor
  - a) Disminuya
  - b) Aumente
  - c) No varíe
- 5 Un cliente llama y dice que su equipo está limitado por corriente, cuales serían las posibles causas para que esto este sucediendo
  - a) Bajo flujo de agua en el evaporador Baja carga de refrigerante
  - b) Falla de uno o mas ventiladores de condensación
  - c) Condensador sucio
  - d) Exceso de refrigerante
- 6 El sistema de refrigeración condensación por agua registra una temperatura de salida de agua de condensador de 95°F, si el refrigerante de dicha máquina es R-22 y la presión de saturación del condensador registra 193 psi ¿Cuál es la temperatura de Approach?
  - a) 1°F
  - b) Entre 8 y 12°F
  - c) Entre 4 y 5°F
  - d) 2°F
- 7 La diferencia entre un contador y un relay es
  - a) Número de contactos
  - b) Los contactores tienen dos bobinas
  - c) La capacidad de manejo de corriente de los contactos
  - d) No existe diferencia
- 8 ¿Cómo se invierte el giro en un motor trifásico?
  - a) Disminuyendole el voltaje
  - b) Invirtiendo dos de las fases
  - c) Todas las anteriores
  - d) Desconectándole una de las fases

- 9 El superheat de succión alto es indicativo de :
- Exceso de refrigerante
  - Falta de refrigerante
- 10 Un equipo sufrió quemada severa en un compresor Scroll, se hizo la inspección y el aceite salió completamente negro, despidiendo un fuerte olor lo cual es indicativo de acidez al interior del sistema, como se debe proceder en este caso.
- Reutilizar el refrigerante
  - Hacer vacío, cambiar refrigerante, aceite e instalar filtros de acidez
  - Instalar un nuevo compresor
  - Dar el equipo por perdida y desecharlo
- 11 Un equipo de 42000 Btu ¿Qué capacidad tiene en toneladas de refrigeración?
- 1.5 Ton
  - 5 TON
  - 3.5 TON
  - 2.5 TON
  - 3 TON
- 12 A un equipo se le efectuó una reparación por fuga. Para cerciorarse de que la fuga se selló el técnico va a presurizar el equipo con un gas diferente al refrigerante. ¿Cuál de los siguientes es el que puede utilizar de manera segura=?
- Propano
  - Nitrógeno
  - Hidrógeno
  - Oxígeno
- 13 En un sistema con R22 la temperatura de succión del compresor es 42°F, si la presión de saturación en el evaporador es de 65 psig ¿Cuál es el superheat del sistema?
- Entre 10 y 12°F
  - Entre 4 y 5 °F
  - 2°F
  - Entre 8 y 10°F
- 14 La temperatura de Approach o de aproximación del condensador es:
- Temperatura de salida de agua de condensación mas temperatura de entrada de agua de condensación.
  - Temperatura de Refrigeración Sat. De Condensación menos temperatura de Refrigeration Sat de Evaporación.
  - Temperatura de Refrigeración Sat de Condensación menos temperatura de salida de agua de condensación.
  - Temperatura de Salida de agua de evaporador menos temperatura de Refrigeración Sat de condensación.
- 15 Los componentes básicos del sistema de refrigeración son:
- Evaporador, compresor, separador y condensador.
  - Evaporador, compresor, condensador, y dispositivo de expansión.
  - Evaporador y condensador.
  - Evaporador, Cherrymater, Accureiter y compresor

- 16 De las siguientes lecturas, ¿Cuál es el nivel de vacío mas óptimo?
- a) 29 in Hg
  - b) 500 micrones
  - c) 25400 micrones
  - d) 1500 micrones
- 17 ¿Cuál es la función de la resistencia de carter del compresor?
- a) Calentar las válvulas del compresor.
  - b) Separar el aceite del refrigerante líquido
  - c) Calentar el motor del compresor
- 18 ¿Qué es el OPD de un refrigerante?
- a) Potencial de calentamiento global que genera el refrigerante.
  - b) Capacidad de enfriamiento del refrigerante
  - c) Potencial de deterioro de la capa de Ozono del refrigerante.
  - d) Coeficiente de rendimiento del refrigerante.
- 19 ¿A qué valor se debe de ajustar el relay de sobrecarga que protege un motor eléctrico?
- a) Al valor del S.F. del motor
  - b) Al caballaje del motor
  - c) A la frecuencia del motor
  - d) Al FLA del motor
  - e) Al voltaje del motor
- 20 ¿Por qué se debe tener especial cuidado con la línea de líquido?
- a) Protege el dispositivo de expansión
  - b) Limpia el sistema
  - c) Protege el compresor
  - d) Filtra el aceite

*Anexo 9. Resultado del Test de Conocimientos*

<b>N °</b>	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	13
<b>2</b>	15
<b>3</b>	13
<b>4</b>	13

**Anexo 10. Programa de Capacitación**

Módulos	Actividades	Presentación	Tiempo	Fecha	Expositor	Observaciones
<b>REFRIGERACIÓN</b>						
<b>Mantenimiento preventivo de cámaras de refrigeración</b>	1) Refrigeración 01: Fundamentos de la refrigeración	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	2) Refrigeración 02: Manejo de equipos, operación, mantenimiento y servicio	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	3) Refrigeración 03: Tipos de equipos comercial e industrial	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	4) Refrigeración 04: Identificación y uso de herramientas	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	5) Refrigeración 05: Desmontaje y montaje de equipos de refrigeración	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa

	6) Refrigeración 06: Pruebas de fugas y vacío de sistema	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	7) Refrigeración 07: Carga de refrigerante	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	8) Refrigeración 08: Conexiones eléctricas: fuerza, mando (control), seguridades	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	9) Refrigeración 09: Pruebas de funcionamiento	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	10) Refrigeración 10: Uso de productos químicos para limpieza de serpentines	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
<b>AIRE ACONDICIONADO</b>						
<b>Mantenimiento preventivo de sistemas HVAC</b>	1. A/C 01: Introducción a la aplicación de sistemas HVAC	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	2. A/C 02: Operación, manejo y servicio de sistemas HVAC	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa

“Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo de sistemas HVAC para reducir los tiempos de ejecución del servicio en la red de agencias de cajas municipales en Lima”

	3. A/C 03: Tipos de sistemas HVAC	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	4. A/C 04: Conexiones eléctricas: fuerza, mando (control), seguridades	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	5. A/C 05: Circuito de refrigeración	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	6. A/C 06: Uso de software de diagnóstico de fallas	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	7. A/C 07: mantenimiento preventivo de equipos split pared, techo, ducto	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	8. A/C 08: mantenimiento preventivo de Chillers	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	9. A/C 09: VRV, UMAS.	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa

	10. A/C 10: Lectura de planos eléctricos y mecánicos	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
<b>SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE</b>						
<b>Seguridad, salud y medio ambiente en el trabajo</b>	1 Trabajos en altura, caliente, espacios confinados	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	2 Trabajos en andamios y escaleras	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	3 Manejo de residuos peligrosos	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	4 Trabajos en líneas energizadas	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	5 Lucha contra incendio y primeros auxilios	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa
	6 Uso de EPPS y llenado de IPRC	Presentación de diapositivas (ppts), presentación de videos y fotografías.	8Horas		Representantes de las marcas, ingenieros de proyectos y campo.	Dirigido a todo el personal técnico, supervisores y área involucrada de la empresa.