



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE UNA TIENDA DE MEJORAMIENTO DEL HOGAR, TRUJILLO, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Alcides Oscar Lavado De La Cruz

Asesor:

Ing. Oscar Goicochea Ramírez

Trujillo - Perú

2021

### **Dedicatoria**

A mis padres Santos y Asunción, a mi esposa Diane Magaly quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hijos Piero, Perla y Joaquín a mi hermano Ever y mi sobrina Arlet por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

### **Agradecimiento**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a todo el personal administrativo de la tienda de mejoramiento del hogar, en la que se realizó esta tesis, , por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Privada del Norte de Trujillo, a toda la Facultad de Ingeniería, a mis profesores en especial a mi asesor Ing. Oscar Goicochea Ramírez quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>2</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>5</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
1.1. Realidad problemática.....	8
1.2. Formulación del problema .....	61
1.3. Objetivos.....	62
1.4. Hipótesis.....	62
1.5. Variables.....	63
1.6. Operacionalización de variables .....	64
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	<b>65</b>
2.1. Tipo de investigación .....	65
2.2. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos.....	65
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	66
2.4. Procedimiento.....	67
2.5. Diagnóstico de problemáticas principales .....	74
2.6. Solución propuesta .....	77
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b> .....	<b>106</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>109</b>
4.1. Discusión .....	109
4.2. Conclusiones .....	111
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>113</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>115</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de análisis de defectos en un calzado.....	56
Tabla 2. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos .....	65
Tabla 3. Instrumentos y métodos de procesamiento de datos.....	66
Tabla 4. Priorización por impacto de causa raíz.....	75
Tabla 5. Aceptabilidad de la temperatura ambiental dentro de la tienda.....	78
Tabla 6. Tarifa eléctrica en Perú 2020.....	79
Tabla 7. Potencia requerida para climatizar la tienda a 21°C y su costo actual.....	83
Tabla 8. Sobreconsumo de energía por operar con las puertas abiertas .....	84
Tabla 9. Actividades del mantenimiento preventivo actual.....	86
Tabla 10. Sobrecosonsumo de energía por retraso en mantenimiento de filtros .....	87
Tabla 11. Costo actual de climatización de la tienda.....	88
Tabla 12. Sobreconsumo por operar con puertas abiertas .....	89
Tabla 13. Sobrecosto en repuestos por incumplimiento estándares de la empresa.....	90
Tabla 14. Tamaño de muestra para evaluar cambio de set point .....	92
Tabla 15. Evaluación de percepción de clientes a 21.5°C .....	92
Tabla 16. Potencia requerida para climatizar la tienda a 21.5°C y su costo propuesto.....	93
Tabla 17. Cálculo del sobrecosto por mantener las puertas abiertas permanentemente .....	95
Tabla 18. Cálculo del sobrecosto por mantener las puertas con cierre automático .....	96
Tabla 19. Beneficio del cambio de repuestos oportuno.....	99
Tabla 20. Actividades del mantenimiento preventivo con precedentes.....	100
Tabla 21. Sobrecosto por operar con filtros sucios.....	102
Tabla 22. Cotización de puerta de apertura y cierre automático.....	103
Tabla 23. Cotización de lavadora a presión de piezas .....	104
Tabla 24. Costo anual de operación de equipos a/c antes y después de la propuesta .....	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reporte de datos estadísticos de la tienda de mejoramiento del hogar, 2018 .....	8
Figura 3. Cronograma mantenimiento preventivo Trimestral Año 2019 .....	13
Figura 4. Componentes de un Sistema de Aire Acondicionado.....	31
Figura 5. Ejemplo .....	34
Figura 6. Evolución del Mantenimiento.....	44
Figura 7. Diagrama de Pareto .....	54
Figura 8. Selección de causas más relevantes.....	56
Figura 9. Inicio del diagrama Causa – Efecto de Ishikawa .....	58
Figura 10. Causas secundarias diagrama Causa – Efecto de Ishikawa .....	58
Figura 11. Ejemplo de elaboración Diagrama Causa - Efecto .....	59
Figura 12. Operacionalización de variables .....	64
Figura 13. Procedimiento de trabajo .....	67
Figura 14. Organigrama.....	68
Figura 15. Layout de la empresa.....	69
<i>Figura 16. Mapa de procesos.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 17. Flujograma de mantenimiento preventivo actual.....</i>	<i>73</i>
Figura 18. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa .....	74
Figura 19. Priorización de causas raíces .....	75
Figura 20. Matriz de indicadores .....	76
Figura 21. Puerta de apertura y cierre automático.....	94
Figura 22. Diagrama de flujo de las decisiones de mantenimiento .....	98
Figura 23. Pert CPM del mantenimiento preventivo .....	101
Figura 24. Puerta de apertura y cierre automático.....	103
Figura 25. Lavadora a presión de piezas .....	104
Figura 26. Flujo de caja proyectado .....	105
Figura 27. Pérdida Actual vs Después de la mejora- CR1 Set point muy bajo .....	106
Figura 28. Pérdida Actual vs Después de la mejora- CR2 Deficiente aislamiento de la tienda .....	107
Figura 29. Pérdida Actual vs Después de la mejora- CR5 Retraso en mantenimiento de filtros.....	107
Figura 30. Pérdida Actual vs Después de la mejora- CR3 Falta de capacitación .....	108
Figura 31. Pérdida Actual vs Después de la mejora- CR4 Deficiente programación del mantenimiento	108

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general aplicar la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento del sistema de aire acondicionado del almacén de una tienda de mejoramiento del hogar, en la ciudad de Trujillo mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial para reducir sus costos operativos, ya sean por set point muy bajo, deficiente aislamiento de la tienda, retraso en mantenimiento de filtros, falta de capacitación y deficiente programación del mantenimiento. Planteado el problema, objetivos, hipótesis y variables, se hizo uso de la termodinámica relacionada con transferencia de calor, así como la gestión de mantenimiento, relacionada con el flujograma para toma de decisiones, de igual manera, se tuvo como herramienta el estudio de trabajo, como método el DOP y camino crítico y capacitación de estudio del trabajo, dichas propuestas de mejora se aplicaron a cada una de las causas raíz que presentaba la empresa mediante el diagrama Ishikawa, enfocándose en las que tienen mayor impacto en los costos operativos de la empresa con un total de cinco. Las propuestas de mejora se basaron en la implementación de herramientas de ingeniería industrial, implementando dichas mejoras, se obtendría una ganancia total de S/27,292, de las cuales, al aplicar termodinámica se obtuvo un beneficio de S/8,480, al emplear Gestión de mantenimiento, un beneficio de S/9,979 y, al aplicar Estudio del trabajo, un beneficio de S/8,833. Implementando dichas mejoras, se redujo el costo operativo de S/90,921 a S/63,628. El VAN fue S/5,206. El TIR, 69.910%; El Beneficio-Costo 1.76 y el Periodo de Retorno de Inversión (PRI), 6 meses. Estos indicadores demuestran la conveniencia de la propuesta.

**Palabras clave:** mantenimiento preventivo, costos operativos, aire acondicionado, termodinámica, CPM.

## ABSTRACT

The present work had as a general objective to apply the improvement proposal in the maintenance management of the air conditioning system of the warehouse of a home improvement store, in the city of Trujillo through the use of industrial engineering tools to reduce its operating costs. Either due to very low set point, poor insulation of the store, delay in filter maintenance, lack of training and poor maintenance scheduling. Once the problem, objectives, hypotheses and variables were raised, thermodynamics related to heat transfer was used, as well as maintenance management, related to the flowchart for decision-making, in the same way, the work study was used as a tool. , as the PDO method and critical path and work study training, said improvement proposals were applied to each of the root causes presented by the company through the Ishikawa diagram, focusing on those that have the greatest impact on the operating costs of the company. company with a total of five. The improvement proposals were based on the implementation of industrial engineering tools, implementing said improvements, a total gain of S / 27,292 would be obtained, of which, when applying thermodynamics, a benefit of S / 8,480 was obtained, when using Maintenance Management , a benefit of S / 9,979 and, when applying Work Study, a benefit of S / 8,833. By implementing these improvements, the operating cost was reduced from S / 90,921 to S / 63,628. The NPV was S / 5,206. The IRR, 69.910%; The Benefit-Cost 1.76 and the Period of Return on Investment (PRI), 6 months. These indicators demonstrate the suitability of the proposal.

**Keywords:** preventive maintenance, operating costs, air conditioning, thermodynamics, CPM.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Esta empresa de mejoramiento del hogar, opera en siete países de Latinoamérica, siendo México el último en comenzar a construir sueños y proyectos de hogar en el año 2018. Las inversiones fuera de Chile se concentran a través de filiales de la compañía matriz, y se desarrolla una gestión coordinada de las operaciones en los diferentes mercados.

En 2018, la empresa fortaleció su política de compra en conjunto entre los diferentes países integrados a la cadena logística de la empresa, lo que se complementó con una mayor robustez de la venta online y acciones de mejora en la calidad de servicios ofrecidos a los clientes. Las marcas de la empresa se vieron reforzadas, gracias a un proceso creativo regional que tuvo al mundo digital como un foco cada vez más estratégico.



Figura 1. Reporte de datos estadísticos de la tienda de mejoramiento del hogar, 2018

Esta empresa que opera en el retail, industria donde ha alcanzado una posición de liderazgo en el mercado de tiendas para el mejoramiento del hogar. Su actividad se focaliza en desarrollar y proveer soluciones a los proyectos de construcción de sus clientes, además de satisfacer las necesidades de mejoramiento y decoración de sus hogares, ofreciendo excelencia en el servicio, integridad en su trabajo y un fuerte compromiso con la comunidad.

Esta empresa, basa su inspiración es el servicio con la finalidad de alcanzar un propósito: Juntos construir sueños y proyectos del hogar.

En la actualidad en Perú, cuenta con 26 tiendas a nivel nacional (12 en Lima y 14 en provincias). Cada una de ellas está diseñada con lo mejor de la tecnología y edificadas con el objetivo de que estén entre las más desarrolladas de América Latina.

Sus tiendas en Lima son:

Angamos, Ate, Atocongo, Bellavista, Canta Callao, Javier Prado, Jockey Plaza, Lima Centro, Megaplaza, San Juan de Lurigancho, San Miguel y Villa El Salvador.

Sus tiendas en provincias son :

Sullana, Piura, Chiclayo, Chiclayo 2, Huacho, Trujillo Open Plaza, Trujillo Mall Aventura Plaza, Chimbote, Cajamarca, Cañete, Arequipa, Huancayo y Pucallpa.

La tienda de Trujillo, donde se realiza la presente tesis, fue inaugurada en el año 2006, en sus inicios no tenían problemas con el sistema de aire acondicionado ya que contaban con equipos nuevos e instalados por especialistas en el área.

Posteriormente a partir de los 10 años de operación estos equipos han venido presentando fallas de funcionamiento y acumulando un exceso de costos en el área

de mantenimiento preventivo. Es por este motivo que la empresa cuestiona la eficacia de la actual gestión de mantenimiento preventivo en los equipos de aire acondicionado y por lo cual se realiza el presente estudio de investigación.

El control rutinario y el mantenimiento correctivo común, lo ejecuta el personal de operaciones, que además tienen el encargo de la conservación de las instalaciones de la tienda, como gasfitería, electricidad y pintura.

El mantenimiento preventivo de los equipos de aire acondicionado, está tercerizado con una empresa, que realiza los trabajos inherentes, de manera regular cada 3 meses.

Este programa es muy extenso y difícil de auditar su nivel de avance.

También resulta costoso. Los técnicos lo realizan siguiendo de manera lineal, los pasos del Diagrama de Operaciones, que obra en su poco preciso manual de mantenimiento. Esto les toma 16.25 horas. El costo horario de cada uno es S/25. Los honorarios anuales de ambos mecánicos suman S/3,250.

Además, los criterios de limpieza/reparación/cambio de pieza no están detallados amigablemente. En algunos casos, hubo componentes que, por ejemplo, solo fueron limpiados y lubricados y pocos días después, se vio la necesidad de reemplazarlos, con la consecuente pérdida de tiempo y atentando contra las proporciones de actividades de mantenimiento preventivo vs correctivo, recomendados por la empresa, que es 85% - 15% respectivamente.

Sin embargo, la Disponibilidad de los equipos y su confiabilidad, se mantuvo alta, como en los años precedentes. Ambos indicadores están sobre 92%.

El año pasado, la proporción fue 83% de actividades de mantenimiento preventivo y 17% de mantenimiento correctivo. El resultado derivado del mayor uso de

repuestos en actividades de mantenimiento, por el deficiente diagnóstico luego de la inspección de los equipos de aire acondicionado, tuvo un costo de S/30,979.

Sin embargo, la Disponibilidad de los equipos y su confiabilidad, se mantuvo alta, como en los años precedentes. Ambos indicadores estuvieron sobre 92%.

La disponibilidad de los técnicos externos, se vio afectada por la pandemia de Covid-19. El mantenimiento no se cumplió en fecha, que siempre se buscó fuera los primeros días del mes.

El fabricante de los equipos recomienda que los filtros de aire se revisen, limpien o cambien en cada mantenimiento. Tres meses es un lapso muy bien calculado para ello.

El año pasado se reportó un retraso acumulado de 77 días entre los cuatro mantenimientos anuales por equipo.

La distribuidora de corriente eléctrica Edesur, comenta que es muy importante que los filtros estén limpios. Si están muy sucios el consumo puede aumentar hasta 10%.

Con este criterio, se calcula que los días de atraso, pudieron causar un sobre costo en energía eléctrica de S/1,376.

La misma empresa de energía eléctrica, sostiene que por cada grado que se baje en el set point del aire acondicionado, el aparato consumirá significativamente más electricidad para enfriar el ambiente. El set point actual es 21°C, que es el estándar de la organización, a pesar que algunos clientes perciben que el ambiente está más frío de lo que quisieran.

Por este concepto, la empresa pudo haber pagado un sobre costo de S/16,371, el año pasado.

Edesur, termina su recomendación, previniendo lo inconveniente de tener las puertas abiertas, cuando se está climatizando el ambiente cerrado.

Al respecto, las tres puertas de acceso a la tienda, se mantienen abiertas las 14 horas de atención, con el criterio que, según argumentan, el número de clientes que ingresan a la tienda será mayor que si las dejaran cerradas.

Esto último parece lógico, como también lo es, que se está dejando escapar el aire acondicionado, gasta más energía y libera más CO<sub>2</sub>, atentando contra su rentabilidad y el medio ambiente.

Por esta razón, la empresa ha tenido por este concepto, un sobre costo de S/5,474, en su factura de energía eléctrica.

Resulta poco preciso determinar una temperatura ideal para climatizar un recinto, ya que depende de muchos factores, como humedad, temperatura exterior, preferencias personales, etc.

La temperatura ambiental dentro de la tienda, es mantenida en 21°C y a decir de algunos clientes, pareciera un poco fría, pero a la mayoría les resulta agradable.

El costo de la factura, con un set point fijado en una temperatura relativamente baja, con mayor gradiente respecto a la temperatura externa, fue S/64,314

La tienda vende al público equipos y repuestos de diversas marcas y precios para climatización. Motivo por el cual, es muy poco probable que suceda un requerimiento que no pueda haber ser atendido por falta de materiales.

No obstante, en una oportunidad se decidió probar un termostato Honeywell, con 6 cambios de temperatura diaria para maximizar el ahorro energético, con la finalidad de evaluar su inclusión como un *sku* más en la tienda. En la documentación se confundió el ciclaje de la corriente local y el repuesto no sirvió. La pérdida fue S/430.

No obstante tratarse de una pérdida menor, sirvió para que, en el procedimiento de adquisiciones, se mejore la auditoría.

A fin de verificar el cumplimiento de las labores de mantenimiento preventivo de los equipos de aire acondicionado, la empresa elabora un cronograma, el cual indica que los mantenimientos preventivos deben ser realizados trimestralmente, de acuerdo a las indicaciones del fabricante del equipo. A continuación, presentamos el reporte del cronograma de mantenimiento preventivo para el año 2019.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic

Figura 2. Cronograma mantenimiento preventivo Trimestral Año 2019

Fuente. Reporte mantenimiento preventivo trimestral – 2019

En la Figura 3 se presenta el reporte de cumplimiento de mantenimientos preventivos año 2019, donde verificamos que, si se está cumpliendo dicho cronograma trimestral, pero de acuerdo al supervisor después de realizado el mantenimiento, los equipos presentan fallas y ocasiona que nuevamente se revise el equipo, y es donde se tiene que hacer un exhaustivo análisis para tratar de disminuir las atenciones.

### **1.1.1. Antecedentes**

#### **1.1.1.1. Antecedentes Internacionales**

Rozo (2020), en su tesis “Mejoramiento del proceso de mantenimientos preventivos, correctivos y montajes de sistemas de aire acondicionado realizado por la empresa Tecesai ingeniería S.A.S”, sostiene que se realizó un análisis con las herramientas cinco (5) porqués, diagrama causa y efecto y Dofa para ver una prospectiva de las problemáticas y obtener el ranking de las problemáticas de mayor impacto en la compañía.

Arias y León (2016), en su tesis “Propuesta de plan de mantenimiento en sistemas de aire acondicionado: caso sector automotriz”, producida por la Universidad ECCI, de Bogotá, comenta que es claro que las fallas más costosas y tiempos fuera de servicio son debido a la falta de pre inspecciones. La tarea de verificar el nivel y estado del aceite del compresor puede evitar daños prematuros. Una correcta ejecución del plan propuesto permitirá extender la vida útil.

Se tienen expectativas respecto a la efectividad de las técnicas predictivas que existen para la industria. Así mismo, los resultados permiten realizar tareas preventivas innecesarias por lo que se espera que la utilidad sea mayor a la calculada.

Al contar con un historial que involucra tareas predictivas y preventivas. Las frecuencias se toman como las más bajas mientras se cuenta con más datos comparativos que permitan aumentarla. Cambiar a una estrategia de RCM2 no tendrá dificultades, así como la eficiencia en el uso de recursos disponibles.

Aunque la reducción de gastos no es muy grande, se debe tener en cuenta que es solamente uno de los sistemas.

#### **1.1.1.2. Antecedentes Nacionales**

Huaricancha (2020), en su tesis “Propuesta de mejora de gestión de mantenimiento en un centro comercial como estrategia de excelencia operativa”, producida por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, el cual tuvo por finalidad elaborar una propuesta de mejora en gestión de mantenimiento en uno de los Centro Comerciales más importantes del país, cuyo objetivo fue incrementar el porcentaje de condición de operatividad a 97% de los sistemas de ingeniería que se maneja (hidráulica, montacargas y escaleras eléctricas, eléctrico, aire acondicionado, red contra incendio y sanitario) que estaba en 94% en promedio. Asimismo, determinaron que, el costo de mantenimiento de trabajos correctivos no programados representa un 16.8% del costo total del mantenimiento presupuestado, el cual está muy encima del a meta planteada por la gerencia del área de ingeniería que es el 5% como máximo, el cual es una oportunidad de mejora debido que actualmente no se maneja una gestión moderna de mantenimiento. Para la solución de las causas comunes se otro por las siguientes soluciones plan de mantenimiento preventivo ineficiente apoyarnos con la hoja FMEA que está vinculado con el Pilar de mantenimiento enfocado (Kaizen). Para la solución de procedimientos desactualizados, falta de indicadores y los datos llenados inadecuadamente, se implementó hojas de procesos con sus

respectivas fichas de indicadoras. Para la solución de supervisión inadecuada, personal tercero poco concientizado (mano de obra), se implementa capacitaciones y entrenamiento el cual es otro pilar de la metodología TPM, conjuntamente con la aplicación de mantenimiento autónomo, para que el personal se involucre más en sus funciones con ayuda del indicador de dificultad de detección del RPN. Para la solución del plan de mantenimiento preventivo ineficiente se implementó la hoja FMEA, con el RPN el cual también está ligado al pilar de mantenimiento preventivo, donde ayudo a clasificar los equipos de nivel de riesgo para poder clasificar su correcto tipo de mantenimiento que debe tener (correctivo, preventivo, predictivo). Por último, con la aplicación de TPM en los equipos de alto riesgo del sistema hidráulico, se pudo mejorar la condición de operatividad hasta un 97.56%, superando la meta que indica la gerencia de ingeniería, con un ahorro aproximado de S/.53,300.

Olivera (2016) en su tesis titulada “TPM en el área de mantenimiento preventivo de grupos electrógenos para incrementar su productividad de una empresa de servicios Lima 2015, producida por la Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú, tuvo como objetivo principal de la investigación determinar cómo la aplicación del método TPM mediante la implementación de etapas mejoró la productividad, la eficacia y eficiencia de los grupos electrógenos. Esta investigación se desarrolló es base a un diseño cuasi – experimental y de tipo aplicada. Utilizándose como herramienta de estudio la aplicación del método TPM (Mantenimiento Productivo Total), se tomó como técnica el análisis de datos numéricos, la

validez se hizo a través del juicio de expertos y la población de estudio y muestra estuvo conformado por los 6 meses pre-post que desarrollo los procesos de mantenimiento de los grupos electrógenos, así mismo el investigador concluyo que la aplicación del TPM mediante la implementación de sus etapas mejoro la productividad e incremento la eficiencia en un 22 % y la eficacia en un 15.4 % generando rentabilidad para empresa. El investigador en su tesis nos da a conocer la mejora de la productividad implementando un programa de Mantenimiento Productivo Total en una empresa de servicios en donde se involucra tanto a las maquinas como a la mano de obra, y de esta manera aplicar las mejoras para hacer viable el proyecto

#### **1.1.1.3. Antecedentes Locales**

Pardo (2017), en su tesis “Implementación de un Plan de Mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para reducir costos de mantenimiento para el tren de asfalto de Constructora Chamonte S.A.C.”, producida por la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, demostró que, con la implementación del nuevo plan de mantenimiento los costos de las tareas del mantenimiento se reducirían en aproximadamente un 30 % del sistema actual de mantenimiento, además, del análisis de costos se denota que la inversión para la implementación del nuevo plan de mantenimiento se recuperara de manera cuantitativa en 3 años pero las mejoras se verán desde un principio, asimismo, después del análisis de la información de la empresa El Tiempo medio entre fallas (MTBF) de las tres máquinas que conforman el tren de

asfaltado son: Esparcidora F2500W (MTBF)=106.97, Rodillo liso Dynapac CC-232 (MTBF)=104, Rodillo Neumático Dynapac CP224 (MTBF)=162.24. al analizar esta información se concluyó que las maquinas tienen el tiempo de trabajo sin fallas muy corto por lo que es necesario un nuevo plan más organizado y efectivo. Concluyendo que, con la implementación del plan de manteniendo se incrementó la disponibilidad y se redujo los tiempos de falla del tren de asfaltado de Constructora Chamonte SAC. El programa de mantenimiento es una herramienta clave que se la debe seguir estrictamente realizando todos los procedimientos y recomendaciones descritos para cada máquina, logrando así mantenerla operativa y aprovechar al máximo la vida útil de la misma.

Romero (2013), en su estudio “Propuesta de una Estrategia de Mantenimiento Basado en Confiabilidad-EMBC Para Disminuir costos en el Área de Preparación y Molienda de Caña de una Planta Agroindustrial”, producida por la Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. El autor propone en una estrategia de mantenimiento basado en la confiabilidad-EMBC, para disminuir tiempos perdidos en el área de preparación y molienda de caña de una planta agroindustrial, por el cual ejecutó un análisis que el tiempo perdido con respecto al año 2012 respectó al mes de mayo tiene la tendencia más baja al mes anterior, por lo cual con lleva que se dejaron de moler 31.68 horas equivalentes a 4.47 % del tiempo calendario. Pero a partir del mes de mayo, donde la tendencia siguió creciendo mes a mes, llegando al mes de diciembre con un total de 80.64 horas de T.P (lo que se dejó de moler); equivalentes al 11.2% del tiempo

calendario, mayor en 4.95 % al presupuesto (6.25%) y mayor en 6.2 % a la meta (5 %) calendario. Así mismo en el 2012 se hace un acumulado 85682 toneladas de caña, es decir lo que se dejó de moler, siendo equivalentes a 8996 toneladas de azúcar, perdiendo un total aproximado de S/ 13495053 por tonelada de azúcar. Por tal el cual la investigadora tomo muestra, el cual hizo tener indicadores como disponibilidad, MTTR, MTBF, análisis de fallas, análisis de causa raíz, el equipo que origino la mayor incidencia de fallas o motivos de paradas en molienda para disminuir tiempos perdidos y lograr el presupuesto de caña a moler. Por el cual me conlleva la función de mantenimiento es muy importante si se desea aumentar la productividad de la empresa, la experiencia ha demostrado que, si no hay organización en el mantenimiento, tampoco habrá máquinas aptas para la producción de servicios. En conclusión, es importante conocer a fondo el equipo de la unidad de energía interrumpible y tener conocimiento de las necesidades, planes, periodos y ritmos del servicio que brinda a la sociedad académica. (Pág. 36)

### **1.1.2. Bases Teóricas**

#### **Entalpía**

Entalpía es la cantidad de calor que un sistema termodinámico libera o absorbe del entorno que lo rodea cuando está a una presión constante, entendiendo por sistema termodinámico cualquier objeto. En física y química, la entalpía es una magnitud termodinámica cuya unidad de medida es el *Joules* (J) y se representa con la letra H.

La entalpía sirve para medir con exactitud las variaciones de energía que se producen en un sistema, bien sea al momento de tomar o liberar energía al ambiente. La entalpía es un concepto complejo de la termodinámica que no se suele utilizar en la vida cotidiana, ya que no calculamos la energía necesaria para calentar el agua para el té, por ejemplo. Sin embargo, sí es posible entender cómo funciona con un ejemplo cotidiano.

Cuando se hierve agua, su temperatura va ascendiendo progresivamente hasta llegar al punto de ebullición ( $100^{\circ}\text{C}$ ). En este caso, se refiere a entalpía negativa, ya que el sistema termodinámico tuvo que tomar energía del entorno para poder aumentar su temperatura.

En cambio, cuando se deja que esa misma agua se enfríe un poco después de haber sido hervida, su temperatura comienza a descender progresivamente sin necesidad de intervención externa. En este caso, se trata de entalpía positiva, dado que se está liberando energía hacia el ambiente.

### **Entalpía en fenómenos físicos:**

- **Entalpía de cambio de fase.** Implica la absorción o liberación de energía cuando 1 mol de sustancia pasa de un estado de agregación a otro, es decir, de gas a sólido o a líquido, etc. Se subdivide en: entalpía de vaporización, entalpía de solidificación y entalpía de fusión.
- **Entalpía de disolución.** Es la propia de la mezcla de un soluto y un solvente, comprensible en dos fases: reticular (absorbe energía) y de hidratación (libera energía).

## **Entalpía y entropía**

La entropía es una magnitud física que mide la cantidad de energía de un sistema que no está disponible. Al calcular esta magnitud es posible conocer el grado de desorden o caos en la estructura de un sistema.

La relación entre entalpía y entropía viene dada por el equilibrio del sistema. A menor entalpía (intercambio de energía), el sistema tiende al equilibrio; pero al mismo tiempo aumenta la entropía, ya que hay mayor posibilidad de caos en el sistema.

Por su parte, una entropía mínima implica un menor nivel de caos y por lo tanto, el intercambio de energía (entalpía), será mayor.

## **Sistema de Aire Acondicionado**

Es un sistema de climatización que permite conectar varias unidades interiores a una sola unidad exterior a través de dos tubos de cobre por los que circula refrigerante.

El sistema es capaz de controlar la cantidad de refrigerante con que está trabajando en cada momento, en función de la demanda de la instalación (Sistema Inverter y válvulas de expansión electrónicas). En esta solución de climatización los intercambios de energía se realizan directamente del refrigerante al medio exterior y a los locales a climatizar sin utilizar otros fluidos intermedios de transporte.

Se debe controlar simultáneamente la temperatura, humedad, limpieza y distribución del aire. Con el aire acondicionado las personas viven más confortables y muchos procesos industriales se realizan de una manera más eficiente. Antes de ingresar en la descripción del estudio, se necesita definir

dos conceptos importantes del diseño para así poder citarlos en el transcurso del mismo. La carga térmica y la ganancia de calor en un edificio.

### **Carga térmica**

La Carga Térmica es un referente principal en todo diseño de aire acondicionado, pero este debe ser interpretado adecuadamente para así ayudar a seleccionar la mejor alternativa al momento de seleccionar un equipo de aire acondicionado. Para la determinación de la carga térmica deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Temperaturas históricas del lugar donde se realiza la edificación
- Temperatura interna de diseño
- Humedad Relativa promedio en el lugar
- Orientación de la edificación
- Equipos presentes en la edificación y carga de iluminación
- Concentración de personas
- Detalles de construcción (Paredes, Techo, Piso, Ventanas y Puertas)
- Factores de ganancia de calor para los diferentes materiales

La carga térmica está formada a su vez de dos componentes, el calor sensible y el calor latente. El primero de los dos componentes hace referencia al calor que adquiere o cede un ambiente y puede ser medido por termómetro de bulbo seco. El segundo de los componentes se entiende como un factor de carga que se adiciona para considerar la humedad presente en el ambiente y la cual debe ser retirada por el equipo de acondicionamiento de aire. Si el proceso de añadir o quitar calor a una sustancia no cambia su temperatura, pero da como resultado un cambio de estado de líquido a vapor, se habla entonces de calor

latente.

### **Ganancia de calor en un edificio**

La ganancia de calor se calcula para todos los ambientes que van a ser enfriados en la edificación. Para el caso de este trabajo, será un edificio de 2 pisos y oficinas los cuales tendrán requerimientos varios.

La radiación solar a través de las ventanas puede constituir la mayor parte de la ganancia de calor de una estructura. La energía solar transmitida y absorbida dependerá del tipo de material y además del grosor de las paredes. En el caso de las ventanas, se presentan normalmente de un mismo tipo, pero no siempre de una misma área. Estas ventanas podrían tener matices oscuros o reflexivos que le permitan reducir el calor ganado del ambiente. La ganancia de calor total en un ambiente es la suma de la ganancia total de Calor Sensible y la carga de Calor Latente.

A continuación, se presentan los subsistemas o partes de un sistema de aire acondicionado.

### **Equipo de Aire Acondicionado**

Un sistema de aire acondicionado debe ser capaz de extraer calor y humedad del espacio a acondicionarse, para esto se tiene como punto central un equipo de aire acondicionado el cual debe ser capaz, mediante procesos electromecánicos, de dar al aire ciertas características deseadas y planteadas al iniciarse cada proyecto.

Un equipo de aire acondicionado a su vez tiene los siguientes equipos electromecánicos los cuales se describen a continuación:

## **El compresor**

Es el corazón del sistema de compresión de vapor y por ende el primer componente que se estudia. Actualmente los dos tipos de compresores para refrigeración más comunes son: Alternativo y Rotativo. Cabe indicar que también hay compresores del tipo scroll y de pistón rotativo u oscilante.

Los dos tipos de compresores se listan a continuación:

**El compresor alternativo;** es un tipo de compresor sencillo de desplazamiento positivo y se fabrican de diferentes tamaños. Los compresores alternativos modernos son de simple efecto y pueden ser de un cilindro o de múltiples cilindros estando estos últimos dispuestos en V o en W, radialmente o en línea. Durante la carrera de admisión el gas refrigerante de baja presión es aspirado a través de la válvula de admisión, que puede estar en el pistón o en la culata. Durante la carrera de escape, el pistón comprime el refrigerante y después lo empuja a través de la válvula de escape que usualmente forma parte de la culata. La velocidad de funcionamiento en estos equipos ha ido incrementándose paulatinamente en los últimos años desde 100 RPM iniciales hasta 3600 RPM actuales que casi no se han alterado mucho. Normalmente, los agujeros en las carcasas del compresor son fuente de fugas dado que se debe transmitir potencia al cigüeñal desde el motor eléctrico, por lo que se está tendiendo a tener el motor acoplado dentro de la carcasa.

**El compresor rotativo;** es usual para cargas completas, es decir que estos equipos son buenos para trabajar a valores cercanos a la capacidad de diseño y además para aplicaciones con grandes volúmenes. Requieren poco

mantenimiento y producen poco ruido al operar, todo esto hace que sean más costosos. Las características del compresor hacen que sea ideal para utilizarlo en industrias y, en general, a gran escala, dada sobretodo su durabilidad, gran rendimiento energético y utilización para refrigerar grandes volúmenes (a partir de 400 m<sup>3</sup> /h). Este tipo de compresor es el que se utiliza mayormente en los equipos tipo Chillers.

### **Los condensadores**

Son los que reciben el vapor refrigerante sobrecalentado proveniente del compresor eliminando el recalentamiento del vapor y a continuación lo condensan, disminuyendo así el valor de entalpía. Se mencionarán tres tipos de condensadores, el primero de ellos es el condensador refrigerado por agua, condensador refrigerado por aire y del tipo evaporativo.

El condensador refrigerado por agua; en este equipo el refrigerante caliente procedente del compresor se enfría utilizando agua, la cual a su vez se enfría en una torre de enfriamiento.

El condensador refrigerado por aire; en este equipo se cede calor a un flujo de aire el cual se suministra mediante grandes ventiladores de aire que atraviesan los tubos y aletas. Dentro de los tubos circula el vapor del refrigerante que al ceder calor sufrirá un cambio de fase a líquido.

El condensador evaporativo; es el condensador muy eficiente y confiable. El enfriamiento del aire de esta unidad se realiza mediante la evaporación del agua, a través de un flujo de aire a contra flujo, el que disminuye su temperatura de bulbo seco. La evaporación del agua extrae calor del refrigerante el cual circula por unos tubos al interior de la carcasa.

### **Válvula de expansión**

Después del compresor y del condensador, el elemento fundamental que sigue en el sistema de compresión de vapor es el dispositivo de expansión. La finalidad del dispositivo de expansión es doble dado a que debe reducir la presión del líquido refrigerante y además debe regular el paso del refrigerante hacia el evaporador, pues vendría a funcionar como una válvula de control de flujo. Los dispositivos de expansión más utilizados son los tubos capilares pues es utilizado en casi todos los dispositivos de refrigeración de potencia menores a 3.7 kW, sin embargo, se viene utilizando en algunos dispositivos de mayor potencia.

### **Evaporadores**

Un evaporador de un sistema de refrigeración es un intercambiador de calor en el que pasa desde la sustancia que se va a enfriar hasta el refrigerante en ebullición. El fin de un sistema de refrigeración, caso específico de un sistema de aire acondicionado, es el de absorber calor del aire y esta se lleva a cabo en el evaporador.

A continuación, se mencionan 4 tipos de evaporador:

- **El evaporador de circulación natural;** normalmente utilizados en cámaras de almacenamiento en frío y utilizan las fuerzas gravitacionales para su funcionamiento.
- **El evaporador inundado;** es un equipo que trabaja con un flotador actuante en una válvula de expansión haciendo que el fluido refrigerante circule por todo el serpentín ganando calor a través de las paredes de este.

- **El enfriador de líquido;** es un sistema similar al evaporador inundado pues posee una válvula de expansión accionado por un flotador de nivel, pero este se va depositando no en tubos sino en la carcasa, siendo atravesado por tubos portadores del fluido a refrigerarse.
- **El evaporador de expansión directa;** es un evaporador seco que puede tener circulación natural o forzada. En este tipo de evaporador no hay fluidos portadores intermedios, como podría ser el agua, sino que es el mismo refrigerante el que enfría directamente el aire. El aire se suele soplar transversalmente a los tubos que normalmente tienen aletas. Principalmente para equipos de aire acondicionado se utilizan los evaporadores de enfriador de líquido y de expansión directa.

### **Ductos metálicos**

Los ductos de aire acondicionado son los medios por donde se transporta el aire desde uno o más equipos de aire acondicionado hacia los ambientes que se desea acondicionar. Estos ductos se fabrican de plancha galvanizada de la mejor calidad tipo ZINC – GRIP y tienen por la parte externa material aislante el cual restringe la transferencia de calor.

Mediante la determinación del área necesaria se busca obtener una velocidad aceptable dentro de los ductos para mantener los niveles de ruido y vibración dentro de los rangos aceptables para trabajos de oficina.

### **Aislamientos**

El aislamiento es de gran importancia en los sistemas de aire acondicionado, debido a que estos restringen la transferencia de calor y por tanto ayudan a

tener al aire y al agua con temperaturas algo parecidas a las que se tienen a la salida de los equipos de acondicionamiento de las mismas.

Estos aislamientos deben contar con las siguientes propiedades y deben seguir algunas recomendaciones.

### **Conductividad térmica**

La habilidad de un material para retardar el flujo de calor, está dado por su conductividad térmica. Un material con una baja conductividad térmica es un material aislante y dependiendo de si valor es alto o bajo se define la eficiencia del mismo.

### **Resistencia a diferentes cargas**

Algunos aislamientos no tienen suficiente resistencia a cargas concentradas, cargas de compresión, al corte a la tensión o a la intemperie, por lo que se debe especificar el acabado de los mismos de acuerdo a su ubicación y a los elementos a que estén expuestos.

### **Resistencia a la intemperie y medio ambiente**

Los aislamientos térmicos deben ser resistentes a su descomposición por formación de bacterias, hongos o provocar enfermedades como el caso del asbesto, prevenir o retardar el fuego, resistir la erosión, puesto que las partículas arrastradas por el aire provocan irritación en la piel, ser inodoros, no retener o absorber olores, ser dimensionalmente estables, resistentes a la acción de los químicos, tener buena resistividad eléctrica, atenuar los ruidos, absorber las vibraciones y no producir humos tóxicos.

### **Aislamiento para ductos de aire acondicionado**

Para el aislamiento interior de ductos se usa las placas fabricadas con largas

fibras de vidrio de alta densidad comprimidas con una resina termo endurecida con acabado resistente a la erosión y al fuego logrando un aislamiento térmico y acústico que evita la propagación del ruido de los equipos y del flujo del aire. Se debe utilizar en los ductos que conectan a los equipos y en los sistemas de alta velocidad.

### **Aislamiento para tuberías de agua helada**

Para el aislamiento en tuberías de agua helada es muy común el uso de espuma elastomérica de espumas cerradas o de alta densidad, también se utiliza espuma de poliuretano y fibra de vidrio. Este componente no solo debe resistir la condensación en las tuberías, sino que también previene la penetración de la humedad atmosférica. La humedad suele ser un problema serio, debido a que suele causar fallas en el sistema, reparaciones, desperdicio de energía, aparición de moho y algunas veces el cierre del inmueble. La humedad puede invadir una instalación de agua helada debido a varias razones como por ejemplo que no se cuente con el espesor adecuado de aislamiento lo cual genera que haya una condensación otra puede ser que se hayan dejado espacios sin aislar o también que haya un daño en el elastómero el cual permita el ingreso de la humedad.

Los espesores de aislamiento varían en función de diversos factores como:

- Temperatura ambiental
- Humedad Relativa (HR)
- Temperatura de instalación
- Coeficiente de conductividad térmica ( $\lambda$ )
- Coeficiente superficial de transmisión de calor (h)

El fabricante (ARMAFLEX) recomienda para el Aislamiento de las tuberías los siguientes espesores en función del diámetro:

- Para tuberías hasta 1" espesor de 1/2".
- Para tuberías de 1 1/4" hasta 2", espesor de 3/4".
- Para tuberías de 2 1/8" a más, espesor de 1".

### **Tipos De Aire Acondicionado**

Acondicionamiento individualizado en cada local; bajo costo inicial, fácil instalación, sobre todo cuando el edificio está ya construido.

- ✓ **De ventana:** tiene el condensador en el exterior y evaporador en el interior
- ✓ **Split:** consta de unidad interior o evaporadora (v. expansión o capilar, bandeja de condensados). Adicionalmente una resistencia eléctrica y "filtros" y una unidad exterior o condensadora, (compresor); si el equipo es bomba de calor incluye la válvula de 4 vías y la botella antigolpe de líquido.
- ✓ **Portátiles:** Conexiones flexibles o toma de aire exterior
- ✓ **Equipos deshumidificadores:** Un ventilador forzando el paso de aire por un evaporador y un condensador en serie.

### **Red de tuberías**

La red de tuberías será la encargada de transportar el agua hasta el climatizador y los sistemas autónomos dispuestos en los locales a alquilar.

### **Red de conductos**

La red de conductos será la encargada de transportar el aire tanto de impulsión y retorno como de ventilación.

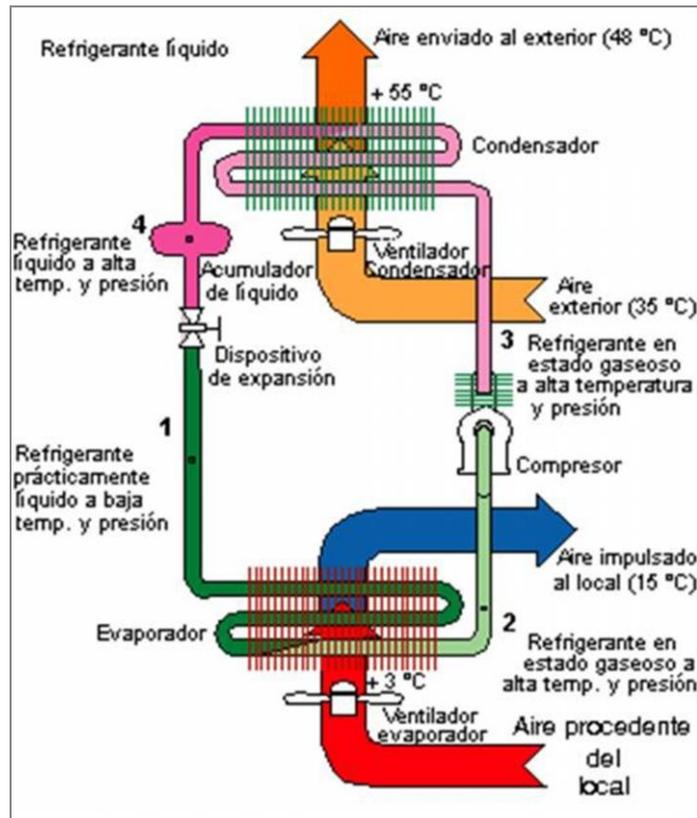


Figura 3. Componentes de un Sistema de Aire Acondicionado

Fuente. Ficha de Red 4.07 Valeo Clim Service, Madrid (2001)

### ¿Qué es calor sensible y latente?

Las cargas sensibles son aquellas que van a originar una variación en la temperatura del aire y las cargas latentes son las que van a originar una variación en la humedad absoluta del ambiente (contenido de agua en el aire).

El más importante es tener en cuenta todas las ganancias de calor que puede contener en el recinto a ser climatizado tanto procedentes del ambiente exterior como interior del edificio, así como:

### **Cargas provenientes del exterior**

- Carga sensible por radiación a través de los cristales y superficies soleadas.
- Carga sensible por transmisiones por conducción a través de superficies no soleadas.
- Cargas sensibles y latentes introducidas a través del aire de renovación.
- Cargas sensibles y latentes debido a infiltración.

### **Cargas provenientes del interior**

- Cargas sensibles y latentes generadas por las personas.
- Cargas sensibles de iluminación.
- Cargas sensibles generadas por equipos eléctricos.
- Otras cargas generadas en el interior.

### **¿Qué datos debemos conocer para hacer el cálculo de la potencia del aire acondicionado?**

Para la realización de los cálculos de las cargas arribas mencionadas, necesitamos disponer de los siguientes datos:

- Ubicación.
- Orientación geográfica.
- Condiciones exteriores de humedad y temperatura.

- Condiciones internas requeridas de humedad y temperatura, recomendada, 24° en verano y 22° en invierno.
- Superficie y altura del recinto a ser climatizado.
- Dimensiones en m<sup>2</sup> de las paredes y cristales.

### **¿Qué aire acondicionado necesito según estancia?**

En caso de no disponer de todos los datos necesarios o no necesite tanta precisión y detalle en los cálculos que expondremos a continuación, se puede utilizar las siguientes ratios generales de climatización:

- Potencia del aire en viviendas: 90-130 W/m<sup>2</sup>
- Potencia del aire en oficinas: 180 – 250 W/m<sup>2</sup>
- Potencia del aire para habitación de Hotel u Hospital: 120-150 W/m<sup>2</sup>
- Potencia del aire para salas de reuniones, centros comerciales, restaurantes, teatros, aulas: 220 – 350 W/m<sup>2</sup>

Para poder ayudar a la comprensión de cada etapa del cálculo de cargas, suponemos el siguiente ejemplo para saber la potencia en refrigeración necesaria según condiciones requeridas.

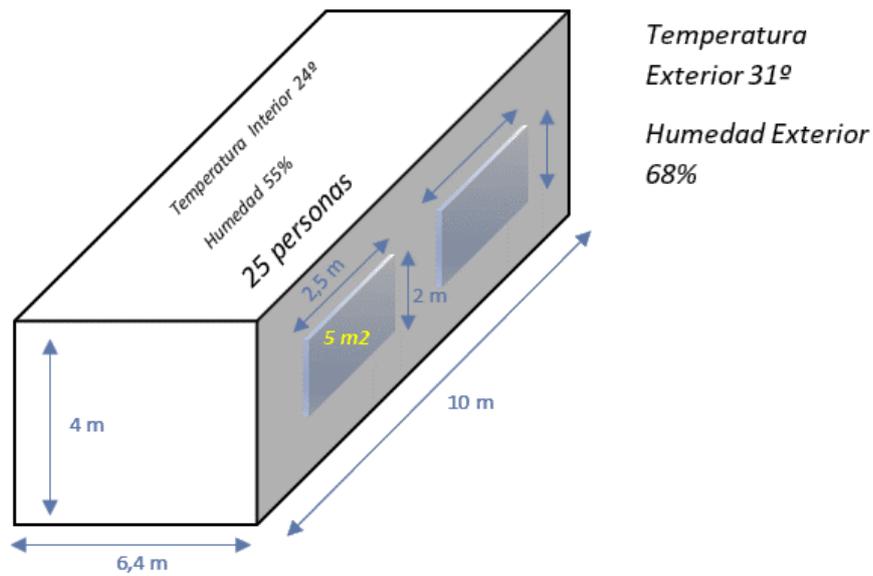


Figura 4. Ejemplo

**Datos de cálculo:**

Tipo de edificación: Un aula.

Superficie total:  $10\text{m} \times 6,4\text{m} = 64\text{ m}^2$ .

Aforo: 25 personas.

Iluminación: 15 pantallas de (4x18w).

Ordenadores: 25 uds.

U pared interior: 2,39 w/m<sup>2</sup>.

U pared exterior: 0,64 w/m<sup>2</sup>.

U tejado: 1,05 w/m<sup>2</sup>.

U cristal: 2,81 w/m<sup>2</sup>.

Factor solar: 0,65.

### **Transmisiones por radiación a través de los cristales**

Todas las zonas con vidrios hacia el exterior deben tener en cuenta el cálculo de ganancia solar en el cristal con la siguiente formula:

$Q$  radiación cristales =  $10 \text{ m}^2$  ( $5\text{m}^2 \times 2$  ventanas)  $\times 516 \text{ W/m}^2$  (Carga máxima de radiación 23/07 a las 16h)  $\times 0,65 \times 1.17$

$Q$  radiación cristales =  $3924,18 \text{ W}$

---

$Q = \text{Superficie} \times \text{Radiación Solar} \times \text{Factor Solar} \times \text{marco metálico}$

- Superficie: Suma de la superficie de todos cristales, separados por orientación.
- Radiación Solar: Se debe extraer el mayor valor de radiación solar de la tabla del manual Carrier, teniendo en cuenta la latitud y orientación.
- Factor Solar: Se debe verificar el factor del vidrio a ser instalado.
- Marco Metálico: Generalmente se considera un valor de 1.17.

### **Transmisiones por radiación a través de las paredes exteriores y techados soleados**

Para el cálculo de radiación por pared y tejado, se aplica la siguiente ecuación:

$Q = \text{Superficie} \times \Delta T_e$  (Variación de Temperatura Equivalente)  $\times U$  (Coeficiente de Transmisión)

$Q$  fachada oeste =  $30 \text{ m}^2$  ( $(4\text{m} \times 10\text{m}) - (5\text{m}^2 \times 2$  ventanas))  $\times 14,6^\circ\text{C} \times 0,64\text{w/m}^2$

$$Q = 280,32 \text{ w/m}^2$$

$$Q \text{ tejado} = 64 \text{ m}^2 (6,4\text{m} \times 10\text{m}) \times 18^\circ\text{C} \times 1,05 \text{ w/m}^2$$

$$Q \text{ radiación tejado} = 1209,6 \text{ W}$$

- 
- Superficie: Suma de la superficie de todas las paredes exteriores, separados por orientación.
  - Te (Variación de Temperatura Equivalente): Es la suma de la temperatura equivalente más elevada en la orientación con la corrección, lo cual sacamos se puede encontrar fácilmente en el manual de Ashrae, a parte de los valores mínimo preestablecidos en el documento HE del CTE.
  - U (Coeficiente de Transmisión): varía según el tipo de material, en el código técnico CTE-DB HE1 se puede encontrar los valores mínimos.

### **Transmisiones por conducción a través de todas las paredes y cristales no soleados**

Para las superficies que no son soleadas, así como cristales, paredes exteriores e interiores, se utiliza la formula a continuación:

$$Q = \text{Superficie} \times \Delta T \text{ (Variación de Temperatura)} \times U \text{ (Coeficiente de Transmisión)}$$

$$Q \text{ transmisión. cristales} = 10 \text{ m}^2 (5\text{m}^2 \times 2 \text{ ventanas}) \times 7^\circ\text{C} (31-24) \times 2,81 \text{ w/m}^2$$

$$Q \text{ transmisión cristales} = 196,7 \text{ W}$$

$$Q \text{ paredes interiores} = 91,2\text{m}^2 (4 \times (6,4 + 10 + 6,4)) \times 2,39 \text{ w/m}^2 \times 3,5^\circ\text{C} (7^\circ\text{C} / 2)$$

$$Q \text{ paredes interiores} = 762,88 \text{ W}$$

- 
- Superficie: Suma de la superficie de todas las paredes y cristales.
  - $\Delta T$  (Variación de Temperatura): Temperatura exterior menos temperatura interior.

Cuando se trata de paredes interiores de recintos no climatizados, se divide el resultado de la variación de temperatura entre dos.

### **Tipo de actividad y aforo**

Tener en cuenta la actividad en el recinto a ser climatizado es muy importante, dado que la tasa metabólica cambia con relación al tipo de actividad desempeñada, así como, oficina, sala de espera, aula, comercio, etc. A continuación, obtenemos el calor sensible y latente de aporte por la ocupación.

### **Carga sensible de ocupación**

$$Q \text{ sensible ocupación} = 25 \times 70 \text{ W/persona}$$

$$Q \text{ sensible ocupación} = 1750 \text{ W}$$

---

$$Q = N^\circ \text{ de personas} \times \text{calor sensible/persona}$$

### **Carga latente de ocupación**

$$Q = N^\circ \text{ de personas} \times \text{calor latente/persona}$$

$$Q \text{ latente ocupación} = 25 \times 47 \text{ W/persona}$$

$$Q \text{ latente ocupación} = 1175 \text{ W}$$

---

Los datos de calor sensible y latente por persona en función del tipo de actividad ejercida, puede ser extraído del RITE.

### **Cantidad y potencia de los equipos eléctricos y electrónicos**

Se considera en el cálculo de carga aportado por equipos que la potencia íntegra de funcionamiento de los equipos se transforma en calor sensible. Considerando que todos los equipos no funcionarán a la vez, se utiliza un coeficiente de simultaneidad del 0,75 a la suma obtenida de todas las potencias.

En caso de no disponer de dichos datos, se puede considerar los factores por metro cuadrado.

Oficinas y similares: 10 o 15 W/m<sup>2</sup>

Panadería: 35 W/m<sup>2</sup>

$$Q \text{ equipos} = 25 \times 120 \text{ W/ordenador}$$

$$Q \text{ equipos} = 3000 \text{ W}$$

### **Tipo y potencia del alumbrado**

El cálculo de potencia instalada en iluminación interior sigue el mismo criterio del cálculo de potencia de equipos electrónicos, dado que, si no dispone de valor de calor disipado, puede tener en cuenta las ratios de iluminación del CTE:

Auditorios, teatros: 15 W/m<sup>2</sup>

Administrativo: 12 W/m<sup>2</sup>

Hospitalario: 15 W/m<sup>2</sup>

De lo contrario, se puede calcular carga sensible según el tipo de iluminación y cantidad:

### **Lámpara tipo incandescente**

$Q = n^{\circ} \text{ de lámparas} \times \text{potencia unitaria}$

### **lámpara tipo fluorescente**

$Q = 1,25 \text{ (reactancia)} \times n^{\circ} \text{ de lámparas} \times \text{potencia unitaria}$

$Q \text{ iluminación} = 1,17 \times 15 \times 72 \text{ W (4x18W)}$

$Q \text{ iluminación} = 1264 \text{ W}$

### **Ventilación e infiltración de aire exterior**

Para asegurar la calidad del aire, se debe considerar en cálculo de cargas la aportación de aire exterior. El CTE establece un caudal mínimo en función de la tipología del edificio:

Para hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías -Calidad Óptima (IDA 1): 20 L/s (72 m<sup>3</sup>/h) por persona

Para oficinas, residencias de ancianos y estudiantes, salas de lectura, museos, tribunales, aulas de enseñanza y piscinas climatizadas - Calidad Buena (IDA 2): 12,5 L/s (45 m<sup>3</sup>/h) por persona

Para edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, hoteles, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiesta, gimnasios y centros deportivos – Calidad media (IDA 3): 8 L/s (28,8 m<sup>3</sup>/h) por persona

Calidad Baja (IDA 4): 5 L/s (18 m<sup>3</sup>/h) por persona

Para saber la carga térmica del aire de renovación e infiltración, necesitamos tener en cuenta las cargas sensibles y latentes a través de las siguientes formulas:

### **Carga sensible de ventilación e infiltración de aire exterior**

$$Q \text{ sensible ventilación} = 1125 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (IDA 2 - } 45 \text{ m}^3/\text{h} * 25 \text{ personas)} \times 1,18 \text{ Kg/m}^3 \times 0,24 \text{ Kcal/kg} \times 7^\circ\text{C} \text{ (31-24)}$$

$$Q \text{ sensible ventilación} = 2230 \text{ Kcal/h} = 2593,49 \text{ W}$$

---

$$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{h)} \times \rho \text{ (densidad del aire)} \times C_e \text{ aire (calor específico del aire)} \\ \times \Delta T$$

- Caudal: Es calculado multiplicando la cantidad de personas por una de las IDAs especificadas en el CTE. En caso de infiltración, necesita calcular el caudal de aire infiltrado.
- $\rho$  (densidad del aire):  $1,18 \text{ kg/m}^3$
- $C_e$  aire (calor específico del aire):  $1012 \text{ J/Kg}^\circ\text{C} = 0,24 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$
- $\Delta T$ : Diferencia entre temperatura exterior e interior

### **Carga latente de ventilación e infiltración de aire exterior**

$$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{h)} \times \rho \text{ (densidad del aire)} \times C_e \text{ agua (calor específico del agua)} \\ \times \Delta w$$

$$Q \text{ latente ventilación} = 1125 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (IDA 2 - } 45 \text{ m}^3/\text{h} * 25 \text{ personas)} \times 1,18 \text{ kg/m}^3 \times \\ 0,54 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \times 7 \text{ g/Kg AS (19 - 12)}$$

$$Q \text{ latente ventilación} = 5017,95 \text{ Kcal/h} = 5835,88 \text{ W}$$

- 
- Caudal: Es calculado multiplicando la cantidad de personas por una de las IDAs especificadas en el CTE. En caso de infiltración, necesita calcular el caudal de aire infiltrado.
  - $\rho$  (densidad del aire):  $1,18 \text{ kg/m}^3$

- Ce aire (calor específico del agua):  $2257 \text{ J/Kg}^\circ\text{C} = 0.54 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$
- $\Delta T$ : Diferencia de la humedad absoluta entre el ambiente exterior y el interior que se puede localizar utilizando la tabla psicométrica.

**Total cargas (latente + sensible)**

***Q TOTAL SENSIBLE*** = Q radiación cristales+ Q radiación tejado + Q transmisión cristales+ Q paredes interiores+ Q sensible ocupación+ Q equipos+ Q iluminación+ Q sensible ventilación

***Q TOTAL*** Q radiación cristales+ Q radiación tejado + Q transmisión cristales+ Q paredes interiores+ Q sensible ocupación+ Q latente ocupación + Q equipos+ Q iluminación+ Q sensible ventilación+ Q latente ventilación

$$\mathbf{Q \text{ TOTAL SENSIBLE}} = 3924,18 + 1209,6 + 196,7 + 762,88 + 1750 + 3000 + 1264 + 2593,49$$

$$\mathbf{Q \text{ TOTAL SENSIBLE}} = 14.700,85 \text{ W} = 14,7 \text{ kW}$$

$$\mathbf{Q \text{ TOTAL}} = 3924,18 + 1209,6 + 196,7 + 762,88 + 1750 + 1175 + 3000 + 1264 + 2593,49 + 5835,88$$

$$\mathbf{Q \text{ TOTAL}} = 21.711,73 \text{ W} = 21,7 \text{ kW}$$

$$\mathbf{RELACIÓN \text{ W/m}^2 \text{ del ejemplo}} = 339 \text{ W/m}^2$$

Concluyendo, en un espacio acondicionado que se requiere mantener cierta condición de diseño, por ejemplo, temperatura de bulbo seco de  $24^\circ\text{C}$  y humedad relativa de 55%, las fugas de calor y la humedad hacia dentro del espacio deben

ser compensadas suministrando aire más frío que la temperatura de diseño del espacio con el objetivo de remover el calor sensible y eliminar la humedad, dado que el aire suministrado debe tener un punto de rocío menor que el punto de rocío del espacio en la condición de diseño.

El calor que el aire acondicionado debe extraer del espacio acondicionado es la suma del total de cargas sensibles y cargas latentes del espacio, pero para mantener la condición de diseño no es simplemente suficiente extraer del espacio la misma cantidad de calor que la que gana éste por hora. Deben extraerse las cantidades correctas de calor sensible y de calor latente, y de ahí la importancia del punto de rocío del aparato.

La relación del calor sensible del espacio al calor total del espacio se llama factor de calor sensible y puede expresarse en la forma:

$$\text{Factor de calor sensible: } Q_s / (Q_s + Q_l)$$

$$\text{Factor de calor sensible} = 14700,85 / 21.711,73$$

$$\text{Factor de calor sensible} = 0,68$$

$Q_s$  = ganancia de calor sensible por hora

$Q_l$  = ganancia de calor latente por hora

Por lo tanto, con la suma de todas las cargas (sensible + latente) podemos saber la potencia de refrigeración y/o calefacción necesaria para el recinto, pero si

necesita mantener una cierta humedad y temperatura de diseño, a partir del factor de calor sensible y el ábaco psicométrico se puede determinar el correcto punto de rocío del aparato y por consiguiente calcular el caudal de aire necesario, la temperatura de entrada y salida de la batería.

### La Evolución del Mantenimiento en siglo XX

La evolución del mantenimiento durante siglo XX ha tenido tres etapas de las cuales llamaremos a partir de ahora, primera, segunda y tercera generación, por el cual se muestra en la siguiente figura.

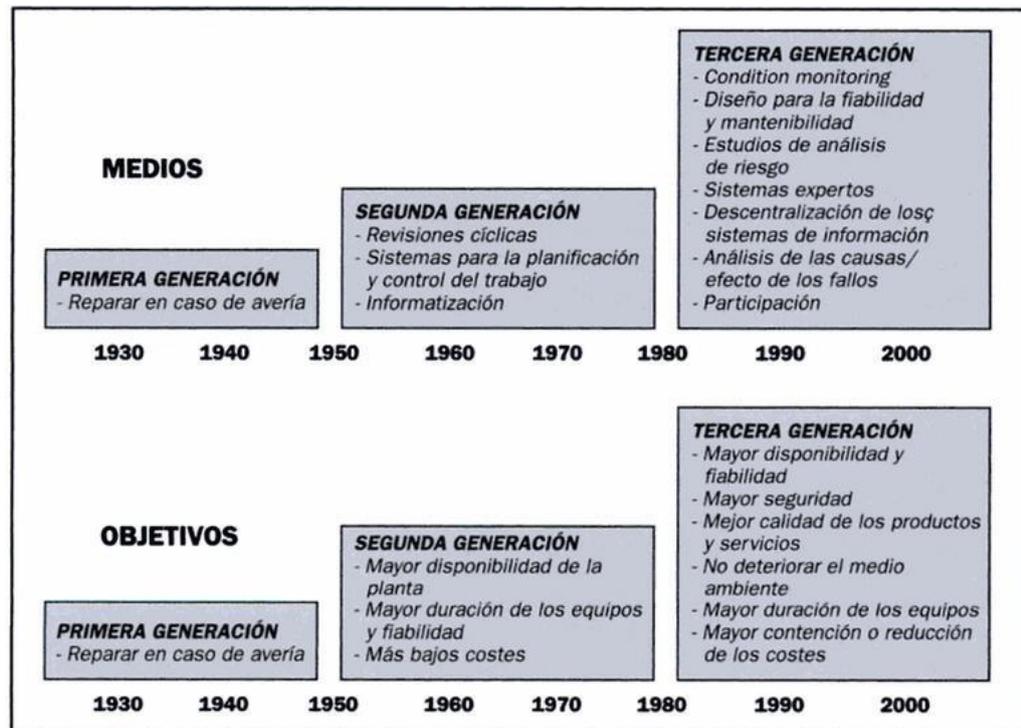


Figura 5. Evolución del Mantenimiento

Fuente. García Garrido, 2003

Según muestra la figura 5, en la primera generación que es aproximadamente entre 1930 y 1950 se muestra que no hubo ningún tipo de mantenimiento por el cual solo se dedican a realizar reparaciones, solo y cuando había averías.

## **Gestión**

Se denomina gestión al correcto manejo de los recursos de los que dispone una determinada organización, aplicada a un sistema técnico y social cuya función básica es crear bienes o servicios que contribuyan a elevar el nivel de vida de la humanidad (García Garrido, 2003)

### **¿Qué es el mantenimiento?**

Se entiende por mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo (García Garrido, 2003)

### **Normas respecto al mantenimiento**

- **Seguridad**

Para cualquier responsabilidad de mantenimiento es básico conocer la ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, que establece una clara preponderancia de los aspectos preventivos en materia de seguridad e higiene frente a una actuación asistencial (García Garrido, 2003).

- **Medio Ambiente**

El mantenimiento es el proceso mediante el cual se asegura la fiabilidad de los equipos y donde se ejecutan el mayor número de actividades que pueden ocasionar daños al medio ambiente, por lo tanto, la protección del medio ambiente se debe ser integrada a los procesos donde se originan los impactos. El efecto ecológico del mantenimiento se

garantiza mediante la gestión eficaz y eficiente de este y su mejoramiento continuo dentro de un sistema de gestión ambiental (SGA).

## **Tipos de Niveles de Mantenimiento**

### **Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo puede definirse como la programación de actividades de inspección de los equipos, tanto de funcionamiento como de limpieza y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan de aseguramiento y control de calidad. Su propósito es de prevenir las fallas, manteniendo los equipos en óptima operación. (García Garrido, 2003).

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y confiabilidad del equipo. La disponibilidad del equipo puede definirse como la probabilidad de que un equipo sea capaz de funcionar siempre que se le necesite. La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que el equipo esté funcionando en el momento. (Duffuaa, Raouf, & Campbell, 2000).

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Disminuir el número de paradas realizando varias reparaciones en un solo paro de la máquina.
- Aprovechar el momento más oportuno sin interferir en el proceso de producción para realizar mantenimiento.
- Evitar averías mayores producidas por pequeños fallos provocados con el paso del tiempo. (Rey Sacristan, 2001)

### **Mantenimiento Correctivo y de Emergencia**

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos o maquinas mecánicas y que son reparadas cuando se presente ante una falla o avería (Paéz Espinal, 2011)

### **Mantenimiento Predictivo**

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variable, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Para este tipo de mantenimiento es más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos. (García Garrido, 2003)

### **Costos de Mantenimiento**

El costo de las reparaciones es una parte más del precio final del producto. Independientemente de la buena o mala gestión del mantenimiento, siempre será un gasto que debemos asumir. El costo de mantenimiento debe ser lo más bajo posible. A estos costos de mantenimiento lo podemos dividir en:

- Costos fijos: son independiente del volumen de producción y ventas, asegurando el buen estado del equipo a medio plazo.
- Costos Variables: son proporcionales a la producción realizada, consiste en la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento.
- Costos financieros: son dependientes del valor de los repuestos y las

amortizaciones duplicadas de aquellas empresas que posean una máquina que trabaja en paralelo.

➤ Costos de Fallo: producido por malas reparaciones provocando pérdidas en materia prima, producción y energética. (Rey Sacristan, 2001).

### **Objetivos del Mantenimiento**

Es abarcar, asegurar la disponibilidad planeada al menor costo posible dentro de las recomendaciones de garantía, uso, instalaciones y normas de seguridad establecidas por los fabricantes. Para ello se actúa sobre:

- La continuidad de la operación
- El tiempo de paradas, cuando éstas se producen.
- El tiempo efectivo de reparación que es función del diseño, herramientas disponibles y destreza y capacitación del personal.
- El tiempo de espera del Soporte, que es función de la organización, sistemas y rutinas, herramientas y talleres disponibles, documentación técnica, capacitación, entrenamiento y suministro de piezas y/o repuestos

El mantenimiento, por su incidencia significativa sobre la producción y la productividad de las empresas, constituye uno de los modos idóneos para lograr y mantener mejoras en eficiencia, calidad, reducción de costos y de pérdidas, optimizando así la competitividad de las empresas que lo implementan dentro del contexto de la Excelencia Gerencial y Empresarial.

Al respecto, debe destacarse que:

- El mantenimiento no es un costo.
- No se reduce a un conjunto más o menos discreto de personas con habilidades mecánicas, eléctricas, electrónicas y/o de computación.

- Requiere excelencia en su manejo gerencial y profesional.
- Implica tenerlo presente desde el momento que se diseña y monta una planta industrial o que se modifica y/o reacondiciona total o parcialmente, etc.
- Requiere información e insumos y produce resultados e información.

### **Gestión de Mantenimiento**

La gestión del mantenimiento industrial moderno se presenta como un conjunto de técnicas para cuidar la tecnología de los sistemas de producción a lo largo de todo su ciclo de vida, llegando a utilizarlos con la máxima disponibilidad y siempre al menor costo, garantizando, entre otras cuestiones, una asistencia técnica eficaz a través de una buena formación y gestión de competencias en el uso y mantenimiento de dichos sistemas asegurando la disponibilidad planeada dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos e instalaciones.

En una gestión de mantenimiento, la planificación y programación representan el punto de partida. Ella lleva involucrada la necesidad de imaginar y relacionar las actividades probables que habrán de cumplirse para lograr los objetivos y resultados esperados. A continuación, se describen cada una de las etapas de la gestión de mantenimiento:

#### **- Planificación.**

Es un proceso que consiste en la definición de rutinas, procedimientos y elaboración de planes detallados para horizontes relativamente largos, usualmente semestrales o anuales, lo cual implica la determinación de las

operaciones necesarias, mano de obra requerida, materiales a emplear, equipos a utilizar y duración de las actividades.

En la planificación del mantenimiento se debe considerar los siguientes aspectos:

1. Se deben tener establecidos objetivos y metas en cuanto a los objetos para mantenimiento.
2. Se debe garantizar la disponibilidad de los equipos o sistemas.
3. Establecer un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento.
4. Sistema de señalización y codificación lógica.
5. Inventario técnico.
6. Procedimientos y rutinas de mantenimiento.
7. Registros de fallas y causas.
8. Estadísticas de tiempo de parada y tiempo de reparación.

- **Programación.**

El proceso de programación consiste en establecer las frecuencias para las asignaciones del mantenimiento preventivo, las fechas programadas son esenciales para que exista una continua disponibilidad de equipos e instalaciones. Se inicia con la solicitud y envío de la orden de trabajo.

- **Ejecución, control y evaluación.**

Estos procesos vinculan dos acciones administrativas de singular importancia como son la dirección y la coordinación de los esfuerzos del grupo de realizadores de las actividades generadas en los procesos de planificación y programación cuya finalidad es garantizar el logro de los objetivos

propuestos. En general la ejecución, el control y la evaluación, permiten que las actividades se realicen tal cual fueron planificadas.

### **Indicadores de Mantenimiento**

Según la autora María Gabriela Marcano Borromé (2013), dentro de los principales parámetros indicadores de mantenimiento se pueden mencionar:

#### **- Disponibilidad (D)**

Aptitud de un sistema (maquina o proceso), de cumplir una función requerida dentro de un tiempo determinado.

$$D = \text{TFR} / \text{TFP}$$

TFR : Tiempo de Funcionamiento Real

TFP : Tiempo de Funcionamiento Programado.

Para el caso específico de mantenimiento medimos la Disponibilidad Propia (Dp) de la máquina. Esto es tomando en cuenta solo fallas de máquina.

$$D_p = (\text{TFP} - T_f) / \text{TFP}$$

Tf : Tiempo de fallas.

#### **- Confiabilidad (C)**

Probabilidad de buen funcionamiento de un sistema (máquina o proceso) bajo ciertas condiciones y durante un período determinado. En otras palabras, es el tiempo promedio de funcionamiento entre fallas.

$$C = \text{TF} / N_f$$

TF : Tiempo de Funcionamiento

Nf : Numero de fallas.

- **Mantenibilidad (M)**

Esta representa un sistema en el cual se decide la cantidad de esfuerzo que debemos requerir para poder así conservar el funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla. De esa forma se podrá decir si un sistema es "Altamente mantenible" cuando el esfuerzo que necesitemos, a comparación con la restitución sea bajo y se dirá si un sistema es poco mantenible o de "Baja mantenibilidad" si para restituirse o sostenerse se requieren grandes esfuerzos.

En otras palabras, es la duración promedio de las fallas.

$$M = T_f / N_f$$

T<sub>f</sub> : Tiempo de fallas

N<sub>f</sub> : Numero de fallas

**Metodología de Pareto**

Richard Perrin (2008) en su libro “Real-World Project Management: Beyond Conventional Wisdom, Best Practices, and Project Methodologies”, menciona que la metodología de Pareto está basada en un método gráfico que ayuda a definir las causas más importantes de una situación en particular y por tanto las prioridades de acción a seguir. El diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas, el diagrama de Pareto se puede elaborar de la siguiente manera:

1. Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.
2. Reordenar los elementos de mayor a menor.
3. Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.
4. Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).
5. Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
6. Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).
7. Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
8. Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
9. Analizar el diagrama localizando el "Punto de inflexión" en este último gráfico.

Por ejemplo, 80% del valor del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos en el inventario; en 20% de los trabajos ocurren 80% de los accidentes, o 20% de los trabajos representan cerca de 80% de los costos de compensación para trabajadores, su interpretación se lleva de la siguiente manera: "existen (número de categorías) contribuyentes relacionados con (efecto). Pero estos (número de pocos vitales) corresponden al (número) % del total (efecto). Debemos procurar estas (número) categorías pocos vitales, ya que representan la mayor ganancia potencial para nuestros esfuerzos. La figura 6, representa un Diagrama de Pareto en el que se observa que el 20 % de la línea de productos ofrecidos son los que generan la facturación del 80% de las ventas.

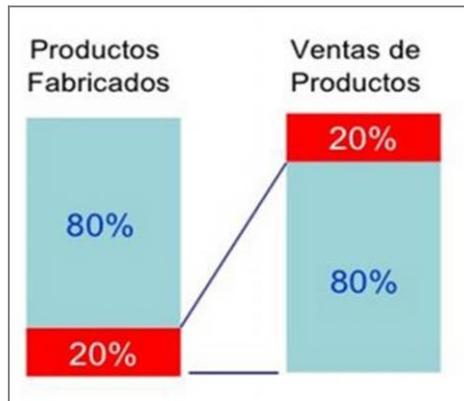


Figura 6. Diagrama de Pareto

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

El análisis de Pareto es de aplicación a aquellos estudios o situaciones en que es necesario priorizar la información proporcionada por un conjunto de datos o elementos. Básicamente es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.

El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías:

1. Las “Pocas Vitales”: Elementos muy importantes en su contribución
2. Los Muchos Triviales: Elementos de contribución poco importante

#### **- Características de la Metodología de Pareto**

Entre las características de la Metodología de Pareto podemos mencionar:

1. Priorización: Identifica los procesos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo
2. Unificación de Criterios: Enfoca o dirige el esfuerzo del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común
3. Carácter Objetivo: Su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

## Construcción del Diagrama de Pareto

Para la construcción del Diagrama de Pareto son necesarios los siguientes elementos:

1. Un efecto cuantificado y medible: Sobre el que se quiere priorizar (Costos, tiempo, número de errores o defectos, porcentaje de clientes, etc.)
2. Una lista completa de elementos o factores que contribuyan a dicho efecto (tipos de fallos o errores, pasos de un proceso, tipos de problemas productivos, servicios, etc.)
3. La Magnitud de la contribución de cada elemento factor al efecto total.

Todos estos datos bien existan o bien haya que recolectarlos deberán ser:

- Objetivos: Es decir basados en hechos, no en opiniones
- Consistentes: Debe utilizarse la misma medida para todos los elementos contribuyente y los mismos supuestos y cálculos a lo largo del estudio, ya que el análisis de Pareto es un análisis de comparación.
- Representativos: Deben reflejar toda la variedad de hechos que se producen en la realidad.
- Verosímiles: Evitar cálculos o suposiciones controvertidas, ya que se busca un soporte para toma de decisiones, si no se crean los datos, no apoyarán las decisiones.

Como ejemplos de la metodología de análisis se muestra una Tabla de Conteo para el caso de análisis de defectos en una empresa de fabricación de calzado.

La Tabla nos muestra los tipos de defectos más comunes y ordenados por su porcentaje de contribución.

Tabla 1.  
*Ejemplo de análisis de defectos en un calzado*

Tipo de defecto	Número de defectos	Porcentaje Total de Defectos	Total acumulado de defectos	Porcentaje acumulado
Costuras torcidas	110	40.74%	110	40.74%
Corte descentrado	82	30.37%	192	71.11%
Talones desiguales	48	17.78%	240	88.89%
Tonalidad desigual	12	4.44%	252	93.33%
Plantillas manchadas	8	2.96%	260	96.30%
Forros manchados	6	2.22%	266	98.52%
Piquetes o cicatrices en la capellada	4	1.48%	270	100.00%
<b>TOTAL</b>	<b>270</b>			

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

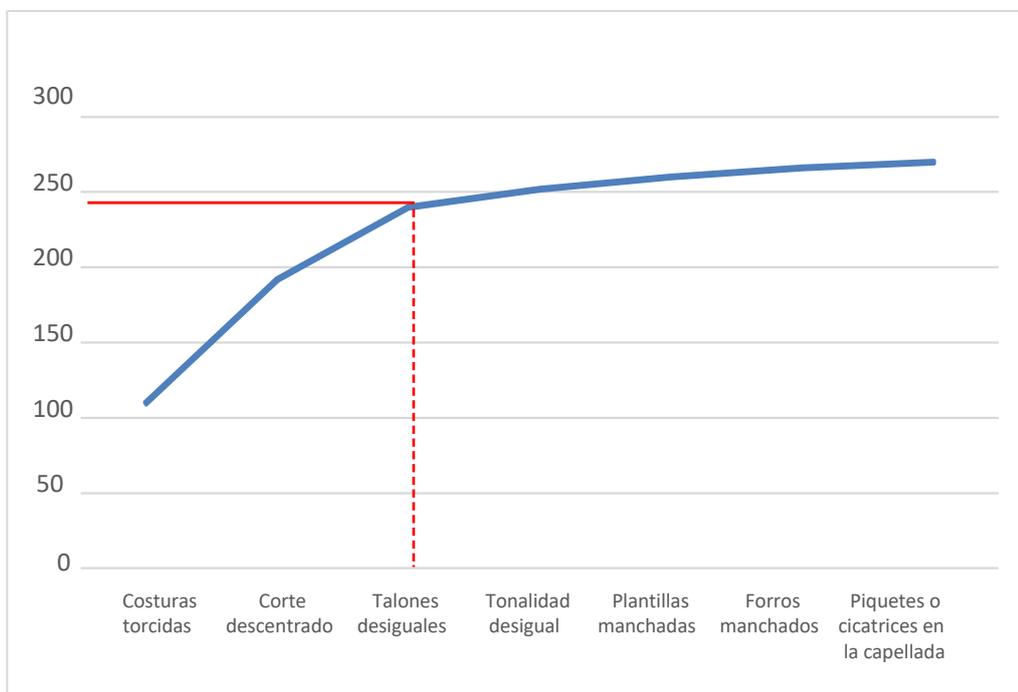


Figura 7. Selección de causas más relevantes

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

En la figura 7, se presenta el gráfico de selección de causas más relevantes para el ejemplo presentado. Se puede apreciar que los tres tipos de defecto que se pueden considerar como “Pocas Vitales”, generan el 89% de defectos en la fabricación de un calzado.

### **Metodología Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa conocido también como causa-efecto, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Nos permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos.

#### **- Elementos del diagrama de Ishikawa**

Los elementos que estructuran un Diagrama de Causa – Efecto son:

1. El Problema
2. Causas Mayores: Considerados como Variables Críticas
3. Causas Menores: Causas que inciden sobre las variables críticas
4. Sub Causas: Las que inciden sobre las causas menores

#### **- Construcción del Diagrama de Ishikawa**

Los errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz, o cometer errores tanto en la relación causal como en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante. El diagrama se elabora de la siguiente manera:

1. Ponerse de acuerdo en la definición del efecto o problema.
2. Trazar una flecha y escribir el "efecto" del lado derecho.



Figura 8. Inicio del diagrama Causa – Efecto de Ishikawa

Fuente. Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa, Sebastián Walter Stachú (2006)

3. Identificar las causas principales a través de flechas secundarias que terminan en la flecha principal.

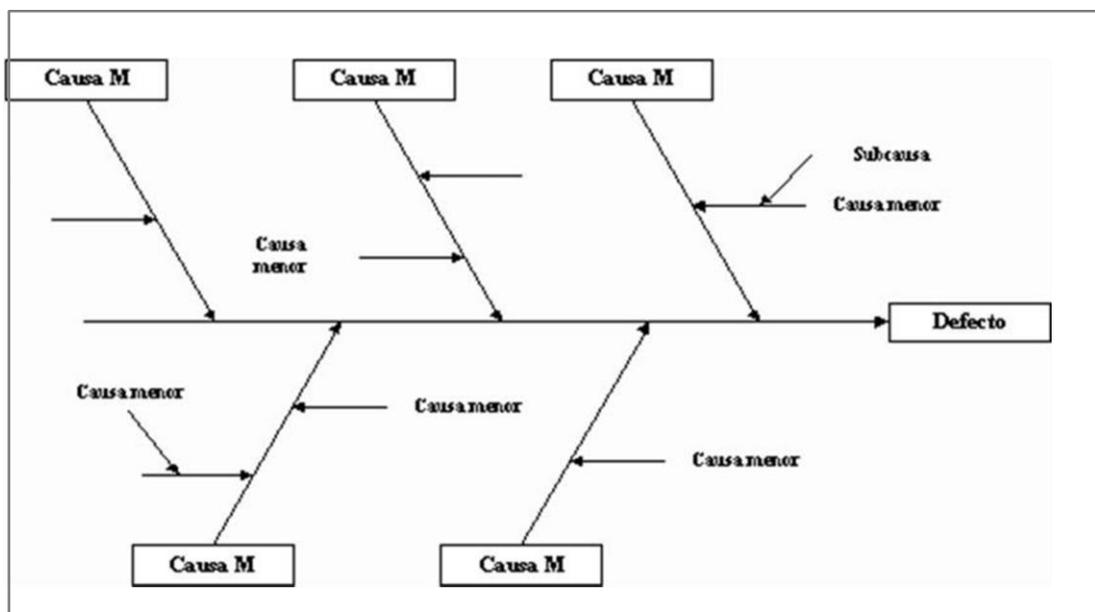


Figura 9. Causas secundarias diagrama Causa – Efecto de Ishikawa

Fuente. Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa, Sebastián Walter Stachú (2006)

4. Identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, así como las causas terciarias que afectan a las secundarias.
5. Asignar la importancia de cada factor.
6. Definir los principales conjuntos de probables causas: materiales, equipos, métodos de trabajo, mano de obra, medio ambiente (5 M's).

7. Marcar los factores importantes que tienen incidencia significativa sobre el problema.

8. Registrar cualquier información que pueda ser de utilidad.

La Figura 5 nos muestra un ejemplo de Diagrama Causa – Efecto para el caso de análisis del problema de deficiencias en la gestión de mantenimiento de equipos críticos de una Planta Piloto de Concentración de Mineral.

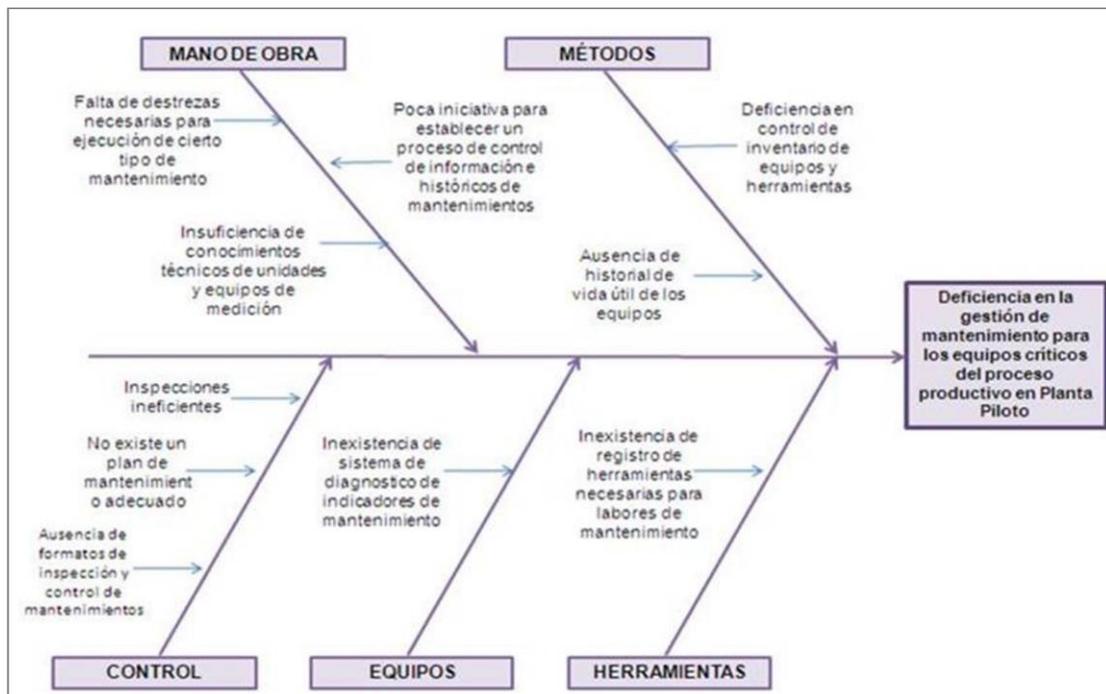


Figura 10. Ejemplo de elaboración Diagrama Causa - Efecto

Fuente. Diseño modelo de gestión de mantenimiento equipos críticos, Ing. Iván Turmero Astros (2013)

### Relación entre los Métodos de Pareto e Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa en primer lugar permite clasificar los defectos y priorizarlos. Una vez priorizados los defectos se procede a realizar un Diagrama de Pareto de causas, el cual nos ayuda a procesar la causa o causas que representan u originan el 80% de los problemas o incidencias.

### 1.1.3. Definición de Términos

- Camino crítico. El camino crítico de un proyecto (CPM) es la ruta de trabajo que marca la duración del mismo, el conjunto de actividades y sus prioridades para finalizar el proyecto (Sinnaps, 2021)
- Capacitación. Conjunto de actividades didácticas orientadas a suplir las necesidades de la empresa y que se orientan hacia una ampliación de los conocimientos, habilidades y aptitudes de los empleados la cual les permitirá desarrollar sus actividades de manera eficiente (Sánchez, 2015)
- Costos operativos. son el tipo de costes en los que incurre una empresa en el desarrollo de la propia actividad del negocio. Algunos de los ejemplos de costes operativos son los salarios, alquiler de locales, compra de suministros, etc. (Nuño, 2017)
- Diagrama de Operaciones del Proceso. Es la representación gráfica y simbólica del acto de elaborar un producto o servicio. Este diagrama muestra las operaciones e inspecciones por efectuar, las relaciones sucesivas cronológicas y los materiales utilizados (Conduce tu empresa, 2018)
- Entalpía. La entalpía es una función de estado de la termodinámica que se simboliza por la letra H. La entalpía también se conoce como entalpía absoluta o cantidad de calor. La variación de la entalpía de un sistema termodinámico permite expresar la cantidad de calor intercambiado durante una transformación isobárica, es decir, a presión constante (Planas, 2019)
- Entropía. La entropía es una función de estado de carácter extensivo. El valor de esta magnitud física, en un sistema aislado, crece en el transcurso de un proceso que se da de forma natural. La entropía describe cómo es de

irreversible un sistema termodinámico. En física, la entropía es la magnitud termodinámica que permite calcular la parte de la energía calorífica que no puede utilizarse para producir trabajo si el proceso es reversible. La entropía física, en su forma clásica, es definida por la ecuación (Planas, 2020)

- Mantenimiento Preventivo. Se basa en la planificación de tareas y actividades como ajustes de limpieza, reparaciones y reemplazos de piezas, con el objetivo de asegurar la permanencia operacional de los equipos y las capacidades funcionales de la organización, realizando inspecciones, detecciones y prevención sistemática de fallas; con el propósito de mantener la vida útil de los equipos, evitar fallas tempranas, minimizar impactos y costos (Toro, 2020)
- Termodinámica. La termodinámica es la rama de la física que estudia los efectos de los cambios de temperatura, presión y volumen de un sistema físico (un material, un líquido, un conjunto de cuerpos, etc.), a un nivel macroscópico. La raíz "termo" significa calor y dinámica se refiere al movimiento, por lo que la termodinámica estudia el movimiento del calor en un cuerpo. La materia está compuesta por diferentes partículas que se mueven de manera desordenada. La termodinámica estudia este movimiento desordenado (Planas, 2020)

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento preventivo sobre los costos operativos del sistema de aire acondicionado de la tienda de mejoramiento del hogar, Trujillo, 2021?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento preventivo sobre los costos operativos del sistema de aire acondicionado de la tienda de mejoramiento del hogar, Trujillo, 2021.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento preventivo sobre los costos operativos del sistema de aire acondicionado de la tienda de mejoramiento del hogar, Trujillo, 2021.
- Diseñar la propuesta de mejora con técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial en la gestión de mantenimiento preventivo para disminuir los costos operativos del sistema de aire acondicionado de la tienda de mejoramiento del hogar, Trujillo, 2021.
- Determinar la variación de los costos operativos de la empresa con la implementación de la propuesta de mejora.
- Evaluación económico financiera de la propuesta de mejora.

### **1.4. Hipótesis**

La propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento preventivo reduce los costos operativos del sistema de aire acondicionado de la tienda de mejoramiento del hogar, Trujillo, 2021.

## **1.5. Variables**

### **1.5.1. Variable independiente**

Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento preventivo

### **1.5.2. Variable dependiente**

Costos operativos

## 1.6. Operacionalización de variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Fórmula
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Servicio orientado hacia las gestión de las actividades directas del mantenimiento. Es decir permite programar y seguir bajo los tres aspectos, técnico, presupuestario y organizacional, todas las actividades de un servicio de mantenimiento. (Díaz, J. 2004. Técnicas de mantenimiento industrial. España. Calpe Institute Technology	La propuesta permite mejorar la gestión demantenimiento y con ello, reducir los costos operativos de la empresa	Cumplimiento	Costo de repuestos usados en MC, vs al costo total de repuestos usados en mantenimiento	$\frac{\sum \text{Costo repuestos usados en MC}}{\sum \text{Costo total repuestos}} \%$
				Costo de repuestos usados en MP, vs al costo total de repuestos usados en mantenimiento	$\frac{\sum \text{Costo repuestos usados en MP}}{\sum \text{Costo total repuestos}} \%$
				Costo de mano de obra en MP	HH x MP/Año x Tarifa
			Performance	Sobrecosto por puertas no aisladas	Sobrepotencia por fugas a/c x Tarifa
				Sobrecosto por atraso en limpieza de filtros	(Sobrepotencia por filtros sucios) x Tarifa x días de atraso en limpieza de filtros
				Sobrecosto por set point muy bajo	Sobrepotencia por set point muy bajo x Tarifa
COSTOS OPERATIVOS	Es el desembolso económico que se realiza para la producción de algún bien o la oferta de algún servicio. El costo incluye la compra de insumos, el pago de la mano de obra, los gastos en la producción y los gastos administrativos.	La propuesta mide los costos derivados del mantenimiento de los equipos de aire acondicionado	Costo		$\frac{\text{Costo actual} - \text{costo mejorado}}{\text{Costo actual}} \%$

Figura 11. Operacionalización de variables

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

En el presente trabajo, es de investigación diagnóstica y propositiva, porque como dice Gallego (2017), utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales; encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas; estudiar la relación entre factores y acontecimientos o a generar conocimientos científicos.

### 2.2. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

En la siguiente tabla se detallan las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio:

Tabla 2.  
*Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos*

Técnica	Objetivo	Aplicado en	Justificación	Parámetro	Procedimiento	Instrumentos
Análisis documental	Obtener información de la situación actual de la gestión de mantenimiento	Base de datos de la empresa	Permitió obtener información necesaria para el diagnóstico de la gestión de mantenimiento	Datos del año 2019	Se revisó la información con permiso del supervisor de operaciones	Microsoft Excel, Microsoft Word, USB, cuaderno de apuntes.
Observación de campo	Identificar problemas de la gestión de mantenimiento	Se procedió a realizar la observación de manera general al área de mantenimiento.	Permitió determinar la situación actual de la gestión de mantenimiento	Duración: Tiempo máximo 3 horas a la semana.	Se observó los procesos de mantenimiento tomando nota de lo observado.	Cuaderno de apuntes, laptop, lapicero
Encuesta	Obtener información de las causas raíces principales con un cuestionario.	Se aplicó la encuesta a 4 trabajadores de la empresa.	Permitió obtener datos para la priorización de causas raíces.	Duración 25 min.en las instalaciones de la empresa.	Se aplicó a los trabajadores explicándoles el motivo de la encuesta.	Cuestionario de preguntas y lapiceros

Fuente. Métodos de recolección de datos

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Los resultados obtenidos se muestran mediante las siguientes herramientas:

Tabla 3.

*Instrumentos y métodos de procesamiento de datos*

<b>Herramienta</b>	<b>Descripción</b>
Diagrama de Ishikawa	Se elabora un Diagrama Ishikawa para plasmar las causas raíces.
Matriz de priorización	Se utiliza con el fin de ordenar las causas raíces halladas de acuerdo a su impacto económico en el periodo 2020.
Pareto	Esta herramienta permite obtener las causas raíces que generan un 80% de impacto en el problema de elevados costos operativos.
Matriz de indicadores	Se elaboran indicadores para medir el impacto de la mejora en cada causa raíz.
Diagrama de análisis de procesos	Se elabora para determinar las actividades productivas e improductivas presentes en el proceso de producción.

Fuente. Métodos de recolección de datos

#### **Procesamiento de información**

Para analizar los datos se ha utilizado Microsoft Office Excel, para el cálculo de indicadores y valores en general que forman parte de la presente investigación.

## 2.4. Procedimiento

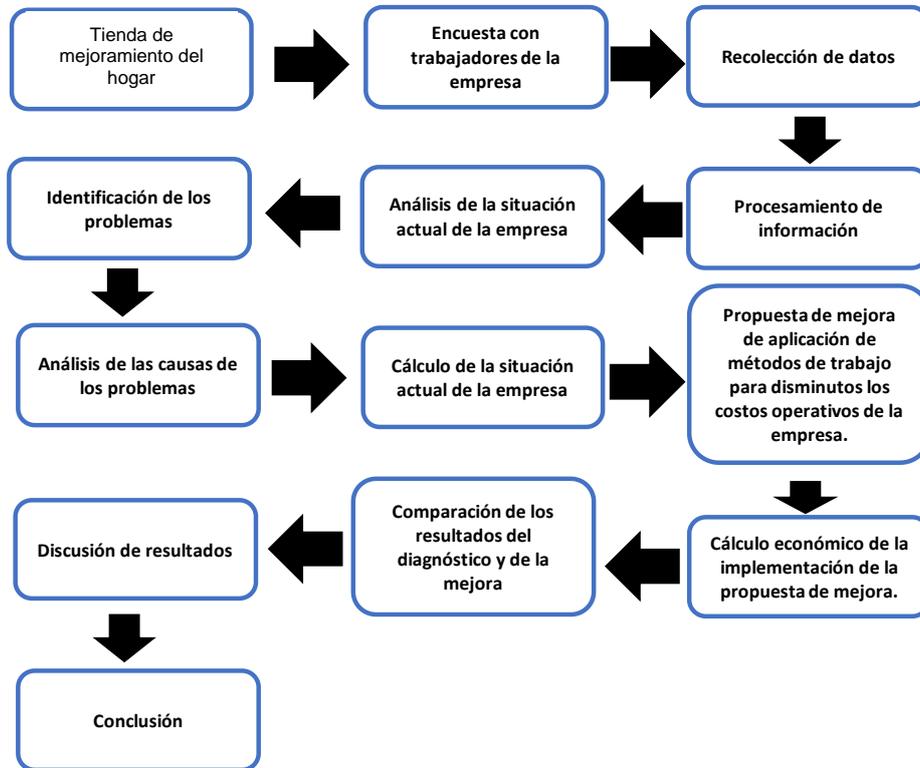


Figura 12. Procedimiento de trabajo

### 2.4.1. Misión y Visión

#### Misión

Ser la tienda líder en la provisión de proyectos de mejoramiento de edificaciones de cualquier tipo. Queremos ser la empresa especialista en el rubro, cuya principal ventaja sea la devoción por el cliente.

#### Visión

Mejorar la calidad de vida de nuestros clientes brindándoles las mejores soluciones para sus proyectos de construcción, ampliación, instalaciones y decoración adosada a la edificación y al terreno: al mejor precio del mercado, contando siempre con el stock requerido y brindando el mejor servicio de asesoría.

### 2.4.2. Organigrama

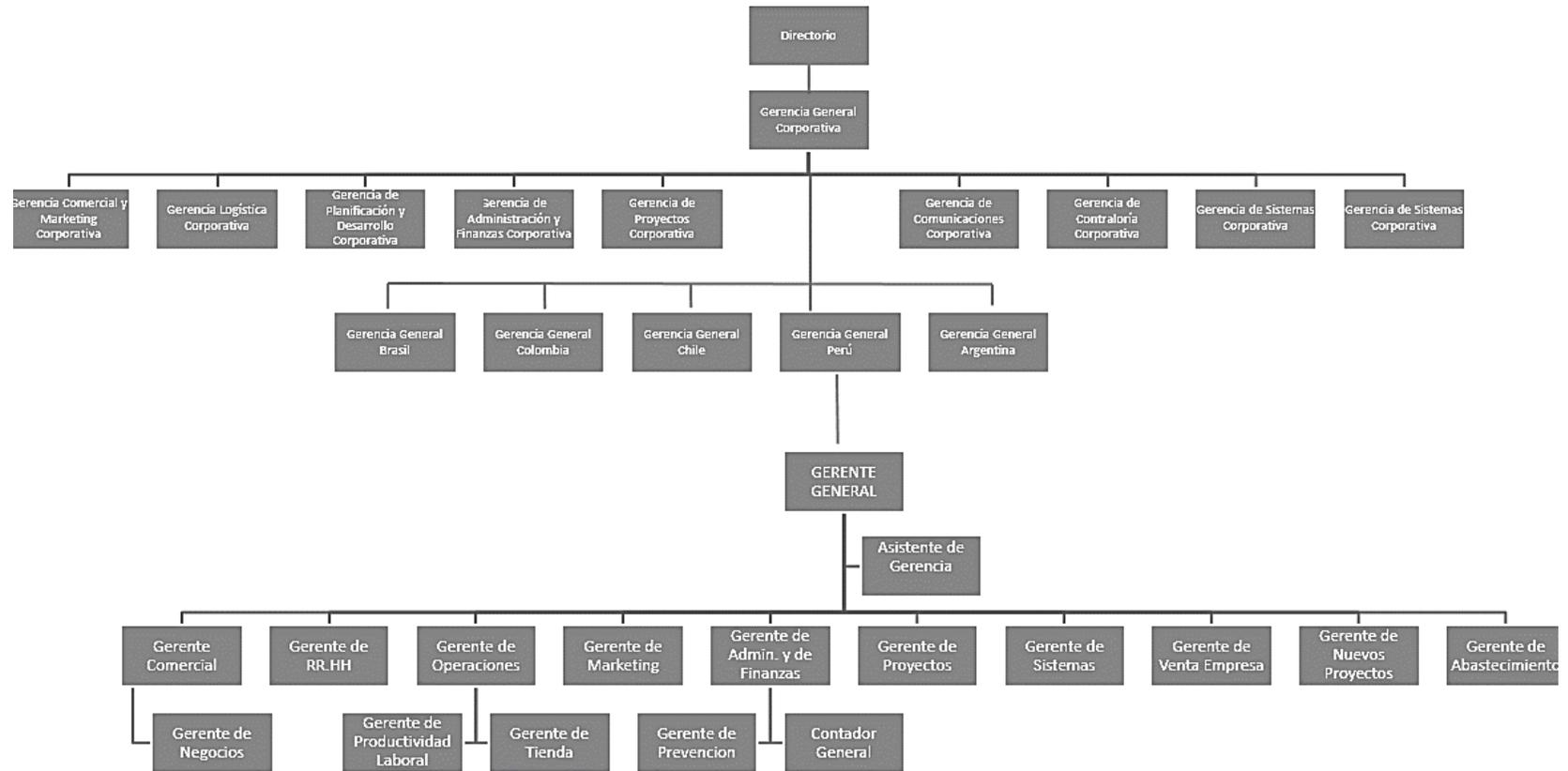


Figura 13. Organigrama

### 2.4.3. Distribución de la empresa



Figura 14. Layout de la empresa

#### **2.4.4. Principales competidores**

- Promart Homecenter
- Sodimac
- Fabricante ferretería eléctrica
- Ferretería Progresol
- Ferretería FF
- Ferretería Las Quintanas
- Construcciones Cerro Negro SRL
- C. Codrysac constructora y servicios generales SAC
- Gumisa distribuciones SAC

#### **2.4.5. Proveedores**

- Corona
- Sensi Dacqua
- Italgrif
- Vainsa
- Fiori
- Teka
- Bemis
- Cemento Sol
- Cemento Andino
- Cemento Apu
- Cemento Topex
- Sika
- Chema

- Samsung
- Electrolux
- Mabe
- Indurama
- Lg
- Paraíso
- Forli
- Vencedor
- CPP
- Fast
- Celima
- Pamesa
- San Lorenzo
- Ticino
- Dairy
- Lightech
- Dicolux
- Etc

#### **2.4.6. Principales Productos**

- Baños, cocina y limpieza
- Aire libre, jardín y mascotas
- Automóvil
- Construcción y ferretería
- Decoración, menaje e iluminación

- Electrohogar, tecnología y climatización
- Herramientas y maquinarias
- Muebles y organización
- Pisos, pinturas y terminaciones
- Servicios del hogar

#### 2.4.7. Mapa de procesos

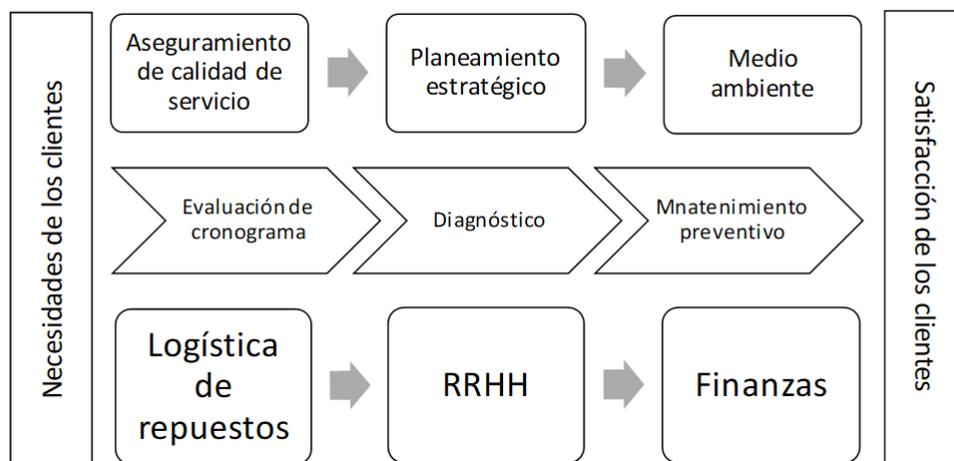


Figura 15. Mapa de procesos

#### 2.4.8. Actividades del mantenimiento preventivo de los equipos de aire acondicionado la empresa

El siguiente DOP, muestra el esquema del mantenimiento preventivo de los equipos de aire acondicionado de la tienda.

Las operaciones las realizan cumpliendo la secuencia. No se realizan actividades simultaneas.

El tiempo total presupuestado es 16.25 horas y se ejecuta 4 veces al año.

## Proceso de mantenimiento preventivo

	Actividad	Minutos	Descripción
1	Revisión de vibraciones	5	Detectar corrosión en conectores eléctricos, conectores de alimentación, que causan vibraciones.
2	Revisión y ajuste de anclaje	30	Examinar signos de corrosión, desgastes y vibraciones. Humedad y polvo
3	Revisión de instalación eléctrica tablero general	20	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
4	Revisión de tablero derivado	10	Revisión de componentes eléctricos, para revisar que los conectores de alimentación se encuentren íntegros, sin dobleces ni roturas. Limpieza con solventes y aire.
5	Desarmado del equipo	60	Eliminar cualquier vestigio de suciedad. Revisión sin desmontar.
6	Revisión y ajuste de chumaceras y rodajes del motor	30	Revisión de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, roturas, etc.
7	Revisión y ajuste de aspas y rotor del ventilador	15	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
8	Revisión de nivel de aceite del compresor	5	Según estándar
9	Carga de aceite del compresor	20	Según estándar
10	Revisión de presión de aceite y protección del compresor	20	Según estándar
11	Revisión de nivel y fugas de refrigerante	15	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
12	Revisión del carter	20	eliminar cualquier vestigio de suciedad
13	Revisión y ajuste de valvulas y solenoides	20	Revisión de los componentes electrónicos, el posible sobrecalentamiento y comprobar su funcionamiento.
14	Revisión y ajuste del termostato	10	Revisión de los componentes electrónicos, el posible sobrecalentamiento y comprobar su funcionamiento.
15	Revisión y purga del serpentín del condensador	120	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
16	Limpieza y purga de trampas del desagüe	60	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
17	Limpieza de rejillas de inyección y retorno	150	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
18	Limpieza de filtros metálicos	90	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
19	Cambio de filtros metálicos	60	Según estándar
20	Limpieza de bandeja de condensado	15	Usar líquidos específicos para esta función
21	Alineación de bandas y poleas	20	Milimétrico
22	Limpieza de piedras disecantes	30	Usar líquidos específicos para esta función
23	Recargar gas refrigerante	15	R22
24	Lubricación de piezas móviles	30	Revisión de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, roturas, etc.
25	Revisión de amperaje	10	Realizar medición de parámetros correspondientes
26	Limpieza y apriete de conexiones en tablero	15	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
27	Armados del equipo	60	Sustitución de un elemento que haya cumplido su ciclo de vida útil o propensas a desgaste.
28	Prueba de arranque	20	Ajustar y calibrar los equipos, ya sea una calibración o ajuste mecánico, eléctrico o electrónico.

**Total minutos 975**

**Total horas 16.25**

Figura 16. Flujograma de mantenimiento preventivo actual

## 2.5. Diagnóstico de problemáticas principales

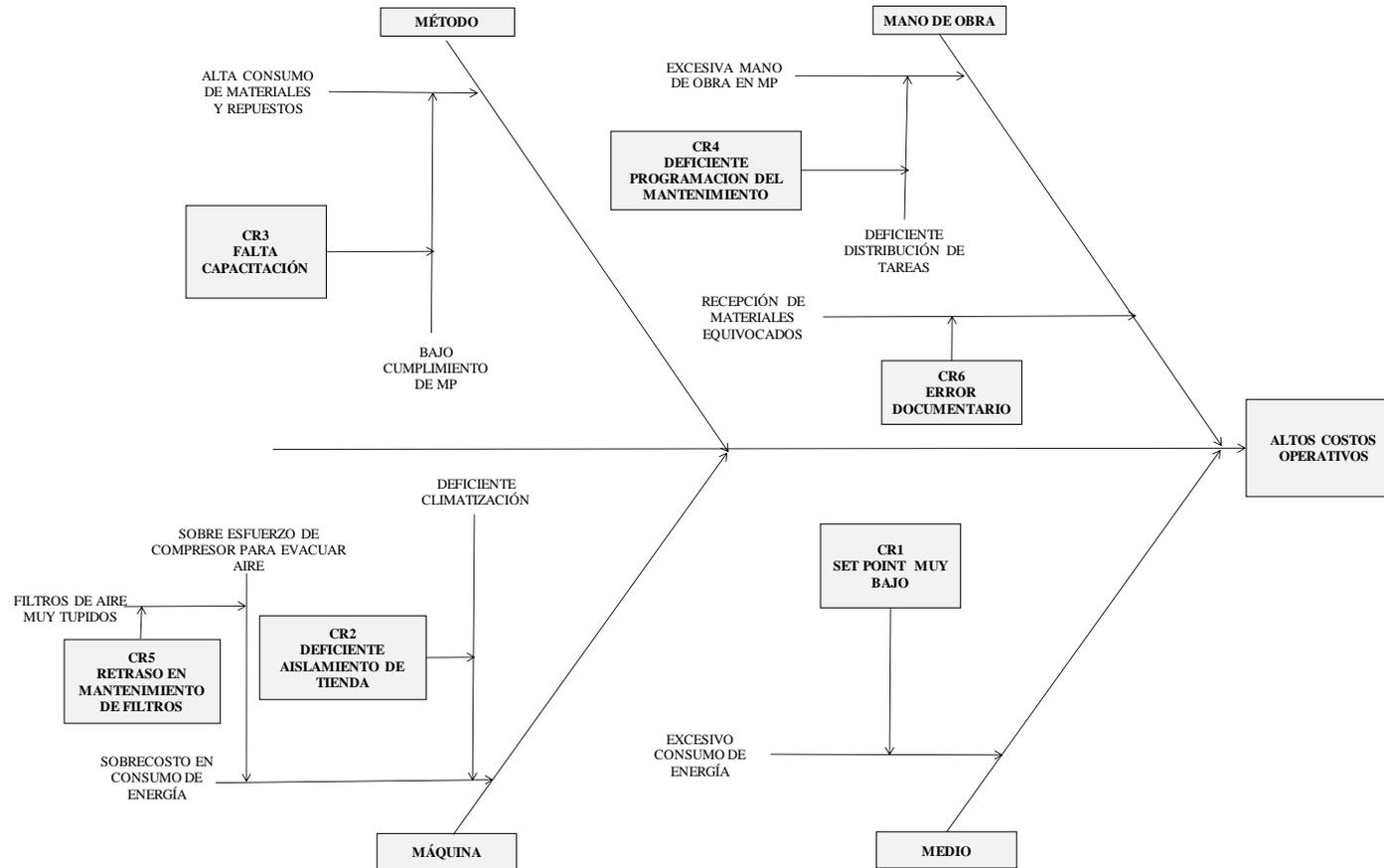


Figura 17. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa

Fuente. Información de la empresa

### Matriz de Priorización de las Causas Raíz

La priorización de las causas raíces se hizo según el impacto económico ocasionado por cada causa raíz como se muestra a continuación:

Tabla 4.  
Priorización por impacto de causa raíz

		Impacto	%	Acum
CR1	Set point muy bajo	42,262	46.3%	46.3%
CR3	Falta capacitación	30,979	33.9%	80.2%
CR4	Deficiente programación del mantenimiento	16,250	17.8%	98.0%
CR5	Retraso en mantenimiento de filtros	904	1.0%	99.0%
CR2	Deficiente aislamiento de tienda	525	0.6%	99.5%
CR6	Error documentario	420	0.5%	100.0%
		<b>S/ 91,341</b>		

Fuente. Monetización de pérdidas

### Diagrama de Pareto

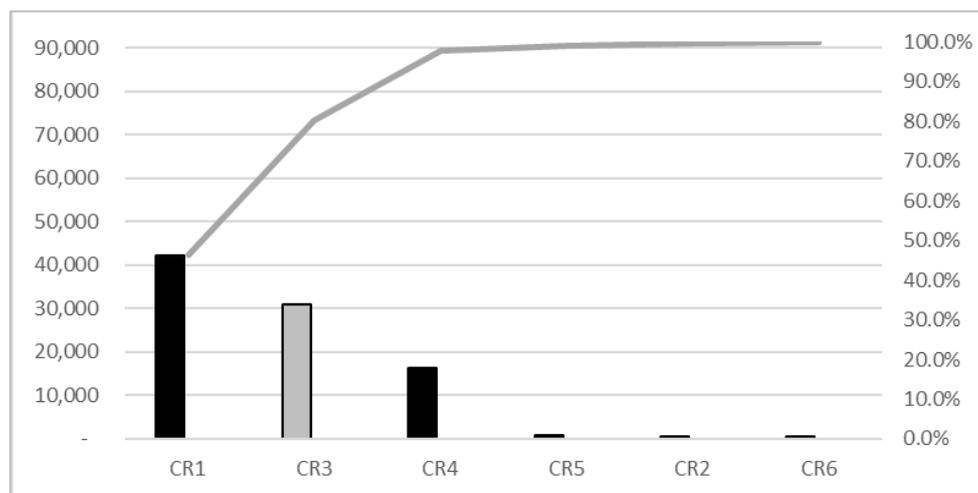


Figura 18. Priorización de causas raíces

Fuente. Información de la empresa

No obstante que los problemas importantes obedecen a las causas raíz uno y tres, a petición expresa de la gerencia de la tienda, se atenderán las cinco primeras.

### Matriz de indicadores

N° Causa	Causa Raíz	Indicador	Fórmula	Valor Actual	Pérdida	Valor Meta	Pérdida	Beneficio	Herramienta	Métodos	Inversión
CR1	Set point muy bajo	Sobrecosto anual de energía para climatizar almacén	Sobrepotencia por set point x Tarifa	21.0°C	S/42,262	21.5°C	S/35,112	S/7,150	Termodinámica	Transferencia de calor	Puertas de acceso con cierre automático (4) S/10,939
CR2	Deficiente aislamiento de la tienda	%sobrecosto en Energía eléctrica ingreso calor por puertas abiertas	Sobrepotencia por fugas a/c x Tarifa	9.57	S/525	1.0	S/53	S/473			
CR5	Retraso en mantenimiento de filtros	%sobrecosto en Energía eléctrica por días de atraso en revisión filtros tupidos	(Sobrepotencia por filtros sucios) x tarifa x días de atraso en limpieza	77	S/904	4	S/47	S/857			
CR3	Falta capacitación	% Costo de repuestos en Mantenimiento preventivo	$\frac{\sum \text{Costo repuestos usados en MP}}{\sum \text{Costo total repuestos}} \%$	81%	S/24,954	85.00%	S/17,850	S/9,979	Gestión de mantenimiento	Flujograma para toma de decisiones	Hidrojet washer pressure S/1,559 Capacitación de Estudio del trabajo S/2,500
		% Costo de repuestos en Mantenimiento correctivo	$\frac{\sum \text{Repuestos usados en MC}}{\sum \text{Total repuestos}}$	19%	S/6,025	15%	S/3,150				
CR4	Deficiente programación del mantenimiento	Costo en mano de obra de MP	HH x Tarifa de técnicos	650	S/16,250	297	S/7,417	S/8,833	Estudio del trabajo	DOP Camino Crítico	

Figura 19. Matriz de indicadores

## 2.6. Solución propuesta

### 2.6.1. Descripción de causas raíces

#### **Causa raíz 1: *Set point* muy bajo**

Los equipos de aire acondicionado de la tienda, están regulados para mantener la temperatura ambiente en 21°C, que es el estándar para todos los locales de la empresa.

En la tienda se tiene especial cuidado en mantener fresco el ambiente, pues es un elemento que los clientes valoran mucho. El muestreo que se hizo, confirma la apreciación.

Asumiendo que hay 600 visitantes al día, el tamaño de muestra se calculó de la siguiente manera:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

N	600 visitantes/día
Z	1.95
e	10%
p	0.5
q	0.5
<b>n</b>	<b>82</b>

Aplicando la escala de Likert a una muestra, redondeada en, 100 clientes, distribuidas homogéneamente a lo largo del horario de atención, se constató lo siguiente.

Tabla 5.

*Aceptabilidad de la temperatura ambiental dentro de la tienda*

	<b>Muy frío</b>	<b>Frío</b>	<b>Agradable</b>	<b>Cálido</b>	<b>Muy cálido</b>
6-Ene	1	1	97	1	0
10-Feb	2	2	95	1	0
20-Feb	1	2	97	0	0
3-Abr	2	1	97	0	0
	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>386</b>	<b>2</b>	<b>0</b>

Fuente. Observación directa

Se observa que el 97% de los visitantes, encuentran agradable el ambiente, como para realizar sus compras, cómodamente.

La temperatura ambiente dentro de la tienda, se afecta por la temperatura externa. Las paredes, techo, piso, ventanas y puertas, dan cierto nivel de aislamiento. Los clientes que transitan por la tienda, las máquinas que están encendidas y las luminarias prendidas permanentemente, calientan el ambiente.

En ese entorno, los equipos de aire acondicionado deben mantener el ambiente en la temperatura especificada.

La diferencia entre la temperatura ambiente externa y el *set point* de la temperatura interna de la tienda, guardan proporción con la potencia consumida por los equipos y por ende, del pago que le será facturado por Hidrandina. A mayor gradiente, mayor potencia consumida y mayor costo.

La situación actual, se describe a continuación, tomando como referencia al mes de enero. La misma metodología se utilizó para el resto de meses.

1. La temperatura ambiente promedio durante el mes de enero del 2020 según Senamhi, fue, 25°C
2. El *set point* siempre fue 21°C.
3. En enero, la empresa operó 31 días
4. El horario de atención es de 14 horas

5. El coeficiente de rendimiento (**EER**): Por las características del servicio, se asigna el valor de **3.1**. Es decir, que por cada Kw gastado de energía eléctrica, nos permitirá absorber del interior y expulsar al exterior del local 3.1 Kw de energía calorífica.
6. El costo del Kwh es S/0.40

Tabla 6.  
*Tarifa eléctrica en Perú 2020*

Perú precios de la electricidad	Casa, kWh	Negocio, kWh
Peruvian New Sol	0.728	0.499
U.S. Dollar	0.192	0.131

Fuente. Globalpetrolprices.com

7. **Coefficiente de intermitencia (Ci)**: el coeficiente o suplemento de intermitencia es un valor que se utiliza para aportar cierto margen de seguridad al resultado del cálculo. Generalmente se da un valor (C) de entre un 1 y un 2
- Cuantas menos horas al día se utilice la instalación, mayor será ese suplemento. En este caso, se asigna un valor de 1.1
8. **Potencia para climatizar las paredes de la tienda**: se tiene en consideración las siguientes variables
- **Conductividad (K)**: La conductividad es la propiedad natural de los cuerpos que permiten el paso a través de sí del calor. Las paredes de concreto y ladrillo tienen una conductividad de 0.692 W/M<sup>2</sup>/°C
  - El área de las paredes, descontando el área de ventanas y puertas es 1,658 M<sup>2</sup>

De acuerdo a esta información, se calcula la potencia requerida para climatizar las paredes de la tienda.

$$\frac{K \times \text{Área} \times \Delta T \times Ci}{1000}$$

$$\frac{0.692 \times 1658 \times (25 - 21) \times 1.1}{1000} = 5.05 \text{ Kw}$$

### 9. Potencia para climatizar las ventanas

- **Conductividad (K):** Las ventanas de vidrio doble tienen una conductividad de 1.62 W/M<sup>2</sup>/°C
- El área total de las 60 ventanas de 1,5 M<sup>2</sup> cada una, totaliza 90 M<sup>2</sup>.

De acuerdo a esta información, se calcula la potencia requerida para climatizar las ventanas de la tienda.

$$\frac{K \times \text{Área} \times \Delta T \times Ci}{1000}$$

$$\frac{1.62 \times 90 \times (25 - 21) \times 1.1}{1000} = 0.64 \text{ Kw}$$

### 10. Potencia para climatizar piso y techo

- **Conductividad (K):** El piso y techo de la tienda tienen una conductividad de 0.692 W/M<sup>2</sup>/°C
- El área del techo y piso es 8000 M<sup>2</sup> cada una, totaliza 16000 M<sup>2</sup>.

De acuerdo a esta información, se calcula la potencia requerida para climatizar las ventanas de la tienda.

$$\frac{K \times \text{Área} \times \Delta T \times Ci}{1000}$$

$$\frac{0.692 \times 16000 \times (25 - 21) \times 1.1}{1000} = 48.7 \text{ Kw}$$

### 10. Potencia para climatizar el aire

- El peso específico del aire (**Pe**) = 1.2 Kg/M<sup>3</sup>
- Calor específico del aire (**Qe**) = 0.24 Kcal/Kg °C

- 1 Kcal/h = 0.86 W
- Volumen de aire a renovar (**V**) = 100 x 80 \* 5 = 40,000M<sup>3</sup>
- Número de renovaciones en el día (**Nr**) = 1
- Diferencia de temperatura externa e interna (**ΔT**) = 25-21=4
- Coeficiente de intermitencia (**Ci**) = 1.1

De acuerdo a esta información, se calcula la potencia requerida para climatizar el aire interior de la tienda

$$\frac{(Pe \times Qe \times 1/0.86) \times V \times Nr \times \Delta T \times Ci}{1000}$$

$$\frac{1.2 \times 0.24 \times \frac{1}{0.86} \times 40000 \times 1 \times 4 \times 1.1}{1000} = 58.9 \text{ Kw}$$

### 11. Potencia de iluminación (Pi)

- Factor de Absorción (**M**) = 0.5. La energía radiada por las luminarias es inicialmente absorbida por los muros y posteriormente cedida al ambiente interior. Cuando la capacidad de absorción de los materiales disminuye, el calor cedido al aire ambiente aumenta.

En la tienda existen 200 fluorescentes de 20 W cada uno, que totalizan 4 Kw de potencia instalada

De acuerdo a ello y con la data que se tiene, se determina la potencia de iluminación será

$$Pi = M \times \text{Potencia de la iluminación}$$

$$0.5 \times 4000 \text{ W}/1000 = 2 \text{ Kw}$$

### 12. Potencia de clientes en la tienda (Pc)

El flujo de clientes, genera calor, estimado de la siguiente manera:

$$Pc = \text{Flujo de clientes} \times \text{Potencia/hora} \times Ci$$

$$Pc = 40 \text{ clientes/hora} \times 159.3 \text{ W/hora} \times 1.1/1000 = 7 \text{ Kw}$$

### 13. Potencia por tener la puerta abierta (Pp)

El mantener las puertas abiertas durante el horario de atención, implica el uso de más potencia.

$$(V/(Nr \times \text{Tiempo})) \times (\dot{A}_{puertas}/\dot{A}_{total \text{ pared}}) \times \Delta T \times 4.18 \times Ci/1000$$

$$(40000/(1 \times 14)) \times (52.5/1658) \times 4 \times 4.18 \times 1.1/1000 = 1.7 \text{ Kw}$$

14. Potencia total (Kw): es la sumatoria de todas las potencias parciales, descritas en esta causa raíz, 124 Kw.

15. Potencia efectiva: es la potencia total, dividida entre el coeficiente de rendimiento EER, 3.1.

De esta manera, la potencia efectiva para climatizar la tienda, en las condiciones climatológicas de enero del 2020, fue 40 Kw.

Multiplicando la potencia por las horas de funcionamiento en dicho mes, se determina que el consumo fue 17363 Kwh.

Considerando que el costo por Kwh es S/0.40, de concluye que el costo de trabajar en estas condiciones, fue S/6945.

De la misma manera se procedió a calcular el consumo de los siguientes meses.

El costo anual de energía eléctrica por el uso de los equipos de aire acondicionado en la tienda fue S/42265.

El resumen anual actual, se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 7.  
*Potencia requerida para climatizar la tienda a 21°C y su costo actual*

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Temperatura ambiente prom (°C)		25	25	25	25	23	22	22	21	21	21	22	23	
Set point actual (°C)		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
Días laborados		31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Horas/día		14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
Coefficiente de Rendimiento EER		3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	
Costo KwH	S/	S/0.40												
Coefficiente de intermitencia		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
Potencia climatizar paredes	Kw	5.05	5.0	5.0	5.0	2.5	1.3	1.3	-	-	-	1.3	2.5	-
	S/	283	264	283	274	141	68	71	-	-	-	68	141	S/ 1,593
Potencia climatizar por ventanas	Kw	0.6	0.6	0.6	0.6	0.3	0.2	0.2	-	-	-	0.2	0.3	3.7
	S/	36	34	36	35	18	9	9	-	-	-	9	18	S/ 203
Potencia climatizar techo y piso	Kw	48.7	48.7	48.7	48.7	24.4	12.2	12.2	-	-	-	12.2	24.4	280.1
	S/	2,728	2,552	2,728	2,640	1,364	660	682	-	-	-	660	1,364	S/ 15,379
Potencia climatizar el aire	Kw	58.9	58.9	58.9	58.9	29.5	14.7	14.7	-	-	-	14.7	29.5	338.9
	S/	3,301	3,088	3,301	3,194	1,650	799	825	-	-	-	799	1,650	S/ 18,606
Potencia iluminación (Kw)	Kw	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	24.0
	S/	112	105	112	108	112	108	112	112	108	112	108	112	S/ 1,322
Potencia clientes en tienda (Kw)	Kw	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	84.1
	S/	393	367	393	380	393	380	393	393	380	393	380	393	S/ 4,634
Potencia puerta abierta (Kw)	Kw	1.7	1.7	1.7	1.7	0.8	0.4	0.4	-	-	-	0.4	0.8	9.6
	S/	93	87	93	90	47	23	23	-	-	-	23	47	S/ 525
Total potencia (Kw)	Kw	124.0	124.0	124.0	124.0	66.5	37.8	37.8	9.0	9.0	9.0	37.8	66.5	769.4
Potencia requerida efectiva (Kw)	Kw	40.0	40.0	40.0	40.0	21.5	12.2	12.2	2.9	2.9	2.9	12.2	21.5	248.2
Consumo	Kwh	17,363	16,242	17,363	16,802	9,312	5,116	5,287	1,261	1,221	1,261	5,116	9,312	105,656
<b>Costo mensual</b>	S/	6,945	6,497	6,945	6,721	3,725	2,046	2,115	505	488	505	2,046	3,725	<b>S/ 42,262</b>

### Causa raíz 2: Deficiente aislamiento de la tienda

La tienda trabaja con las puertas de acceso abiertas, por ser una política de marketing.

Esto determina que el aire más caliente que está en el exterior, ingrese por las aberturas de éstas, calentando el aire climatizado del interior y ocasionando que el sistema de aire acondicionado tenga un mayor consumo de potencia, para mantener la temperatura predeterminada en el *set point*.

Se calculó que el operar en estas condiciones, se produce un sobreconsumo anual de energía eléctrica de 1314 Kwh

Tabla 8.  
*Sobreconsumo de energía por operar con las puertas abiertas*

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Potencia puerta abierta	Kw	1.7	1.7	1.7	1.7	0.8	0.4	0.4	-	-	-	0.4	0.8	9.6
Potencia efectiva	Kw	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.1	0.1	-	-	-	0.1	0.3	3.1
Consumo	Kwh	233	218	233	226	117	56	58	-	-	-	56	117	1,314

Fuente. Elaboración propia

### Causa raíz 3 Falta capacitación

Cada uno de los cinco equipos de aire acondicionado de la tienda, tuvo un costo de US\$10,000. La empresa tiene como estándar que el costo anual de mantenimiento, no debería exceder de 12% de este costo, es decir US\$1,200 o S/4,200.

De esta manera, el costo total de los repuestos, no debería exceder a S/21,000.

También tiene estandarizado que el costo de repuestos del mantenimiento preventivo, no debería exceder del 85% y el 15% restante, estaría asignado al mantenimiento correctivo.

No obstante que la empresa es meticulosa en el cumplimiento de este servicio, las cifras obtenidas el año del estudio fueron 81%/19%. Se gastaron S/24,954 en repuestos en mantenimiento preventivo y S/6,025 en mantenimiento correctivo.

El motivo aparente es la falta de capacitación para estandarizar el criterio de cambios de piezas en el momento oportuno. No anticiparse inoficiosamente, ni postergarlo, con riesgo a que el problema se haga más complejo y costoso de resolver.

El total fue S/30,979. Mayor en S/9,979 que lo presupuestado. La diferencia es poco significativa, pero es una oportunidad de mejora.

En anexos obran los cuadros con el movimiento mensual, del cambio de repuestos en cada uno de los equipos.

#### **Causa raíz 4: Deficiente programación del mantenimiento**

Las actividades de mantenimiento preventivo se realizan de manera secuencial, como se detalla en el siguiente cuadro. No han evaluado la posible hacerlo, con lo que se conseguiría ahorro de tiempo y costos.

Esto determina que el tiempo de culminación de este servicio se alargue por 16.25 horas por cada unidad de aire acondicionado. Recordamos que la tienda emplea cinco equipos para climatizar el ambiente.

El servicio de mantenimiento preventivo es realizado por terceros. Su costo es S/25 por hora y lo realizan dos técnicos externos.

El trabajo es auditado por el personal de servicios generales de la empresa, falto de capacitación específica en climatización de ambientes, quien autoriza los cambios de piezas antes o después de lo estipulado por su vida útil.

Tabla 9.  
*Actividades del mantenimiento preventivo actual*

	Actividad	Minutos	Descripción
1	Revisión de vibraciones	5	Detectar corrosión en conectores eléctricos, conectores de alimentación, que causan vibraciones.
2	Revisión y ajuste de anclaje	30	Examinar signos de corrosión, desgastes y vibraciones. Humedad y polvo
3	Revisión de instalación eléctrica tablero general	20	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
4	Revisión de tablero derivado	10	Revisión de componentes eléctricos, para revisar que los conectores de alimentación se encuentren íntegros, sin dobleces ni roturas. Limpieza con solventes y aire.
5	Desarmado del equipo	60	Eliminar cualquier vestigio de suciedad. Revisión sin desmontar.
6	Revisión y ajuste de chumaceras y rodajes del motor	30	Revisión de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, roturas, etc.
7	Revisión y ajuste de aspas y rotor del ventilador	15	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
8	Revisión de nivel de aceite del compresor	5	Según estándar
9	Carga de aceite del compresor	20	Según estándar
10	Revisión de presión de aceite y protección del compresor	20	Según estándar
11	Revisión de nivel y fugas de refrigerante	15	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
12	Revisión del carter	20	eliminar cualquier vestigio de suciedad
13	Revisión y ajuste de valvulas y solenoides	20	Revisión de los componentes electrónicos, el posible sobrecalentamiento y comprobar su funcionamiento.
14	Revisión y ajuste del termostato	10	Revisión de los componentes electrónicos, el posible sobrecalentamiento y comprobar su funcionamiento.
15	Revisión y purga del serpentín del condensador	120	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
16	Limpieza y purga de trampas del desagüe	60	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
17	Limpieza de rejillas de inyección y retorno	150	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
18	Limpieza de filtros metálicos	90	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
19	Cambio de filtros metálicos	60	Según estándar
20	Limpieza de bandeja de condensado	15	Usar líquidos específicos para esta función
21	Alineación de bandas y poleas	20	Milimétrico
22	Limpieza de piedras disecantes	30	Usar líquidos específicos para esta función
23	Recargar gas refrigerante	15	R22
24	Lubricación de piezas móviles	30	Revisión de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, roturas, etc.
25	Revisión de amperaje	10	Realizar medición de parámetros correspondientes
26	Limpieza y apriete de conexiones en tablero	15	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
27	Armados del equipo	60	Sustitución de un elemento que haya cumplido su ciclo de vida útil o propensas a desgaste.
28	Prueba de arranque	20	Ajustar y calibrar los equipos, ya sea una calibración o ajuste mecánico, eléctrico o electrónico.

**Total minutos 975**

**Total horas 16.25**

### Causa raíz 5. Retraso en el mantenimiento de filtros

Los filtros de aire deben revisarse, limpiarse o cambiarse cada cuatro meses. Por deficiente seguimiento del cumplimiento de estas actividades, que son realizadas por técnicos independientes, se suscitaron retrasos en estas labores.

Cuando los filtros de aire están muy tupidos y operan de esta manera, todo el equipo realiza un sobre esfuerzo para reciclar el aire filtrado, que se traduce en mayor consumo de energía eléctrica.

Los proveedores de estos equipos estiman que el sobre consumo de potencia, en estos casos, es del orden de 10% de lo normal.

Tabla 10.  
*Sobrecosonsumo de energía por retraso en mantenimiento de filtros*

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Total potencia (Kw)	Kw	124.0	124.0	124.0	124.0	66.5	37.8	37.8	9.0	9.0	9.0	37.8	66.5	769
Potencia requerida efectiva (Kw)	Kw	40.0	40.0	40.0	40.0	21.5	12.2	12.2	2.9	2.9	2.9	12.2	21.5	248
Consumo	Kwh	17,363	16,242	17,363	16,802	9,312	5,116	5,287	1,261	1,221	1,261	5,116	9,312	105,656
Consumo mensual promedio														8,805
Días de atraso en el año														77
Atraso expresado en meses														2.6
Sobrecosonsumo Kwh													10%	2,260

Fuente. Elaboración propia

Se observa que el sobreconsumo anual, por estar operando 2.6 meses con los filtros sucios, fue de 2260 KwH

## 2.6.2. Monetización de pérdidas

### Monetización de la propuesta de mejora para la causa Raíz 1: *Set point* muy bajo

La tienda tiene el *set point* de temperatura ambiental en 21°C. El consumo de energía eléctrica guarda estricta relación con la gradiente de temperatura externa con el *set point* especificado. Vale decir, que mientras mayor sea la diferencia entre ambas, mayor será el costo facturado por Hidrandina.

Tabla 11.  
*Costo actual de climatización de la tienda*

Total potencia (Kw)	Kw	124.0	124.0	124.0	124.0	66.5	37.8	37.8	9.0	9.0	9.0	37.8	66.5	769.4
Potencia requerida efectiva (Kw)	Kw	40.0	40.0	40.0	40.0	21.5	12.2	12.2	2.9	2.9	2.9	12.2	21.5	248.2
Consumo	Kwh	17,363	16,242	17,363	16,802	9,312	5,116	5,287	1,261	1,221	1,261	5,116	9,312	105,656
<b>Costo mensual</b>	S/	6,945	6,497	6,945	6,721	3,725	2,046	2,115	505	488	505	2,046	3,725	<b>S/ 42,262</b>

Fuente. Elaboración propia.

Con los mismos conceptos y criterios, detallados en la descripción de esta causa raíz, en el punto 2.6.1, se calculó que el mantener el ambiente a 21°C, tuvo un costo de S/42,262 anuales.

### Monetización de la propuesta de mejora para la causa Raíz 2: Deficiente aislamiento de la tienda

El operar la tienda, permanentemente con las puertas de acceso para clientes abiertas, ocasiona que ingrese aire no climatizado caliente al interior, ocasionando un mayor esfuerzo al sistema, para sostener el *set point* en 21°C. La potencia adicional requerida por el sistema es el la siguiente:

$$(V/(Nr \times \text{Tiempo})) \times (\dot{A}_{\text{puertas}}/\dot{A}_{\text{total pared}}) \times \Delta T \times 4.18 \times Ci/1000$$

$$(40000/(1 \times 14)) \times (52.5/1658) \times 4 \times 4.18 \times 1.1/1000 = 1.7 \text{ Kw}$$

La potencia efectiva, se obtiene dividiendo la potencia teórica por el EER y considerando las horas de operación, se determina que el consumo anual es 1,313.6 KwH

Tabla 12.  
*Sobreconsumo por operar con puertas abiertas*

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Potencia puerta abierta	Kw	1.7	1.7	1.7	1.7	0.8	0.4	0.4	-	-	-	0.4	0.8	9.6
Potencia efectiva	Kw	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.1	0.1	-	-	-	0.1	0.3	3.1
Consumo	KwH	233.0	218.0	233.0	225.5	116.5	56.4	58.3	-	-	-	56.4	116.5	1,313.6
Costo														S/ 525

Fuente. Elaboración propia

Se observa que el sobrecosto, por operar con puertas abiertas, es solo S/525 anuales, muy poco significativo

### Monetización de la propuesta de mejora para la causa Raíz 3: Falta capacitación

El cambio inoportuno de piezas, por falta de capacitación y experiencia del personal de servicios, quien audita el servicio y autoriza o deniega la sustitución, ocasionó sobrecostos por, eventualmente no ser necesarios en su momento o también, por defecto, cuando no se hizo la sustitución en ese momento, postergándose y derivando ello, en desperfecto mayores.

El estándar para el consumo de repuestos, establecido por la empresa, es que el 85% de ello, sea para el mantenimiento preventivo y el 15% restante, para el mantenimiento correctivo. También ha establecido que el costo total anual, no debe exceder el 12% del costo de los equipos.

Seguidamente se muestra el cálculo:

Tabla 13.  
*Sobrecosto en repuestos por incumplimiento estándares de la empresa*

<b>Meta</b>			
Costo de equipos de A/C		\$10,000	
Cantidad de equipos		5	
Costo total equipos		\$50,000	
Tasa fijada por la empresa para MP + MC		12%	
Costo asignado a MP + MC		\$6,000	
	S/	21,000	
MP asignado por la empresa	S/	17,850	85%
MC asignado por la empresa	S/	3,150	15%
	S/	21,000	
<b>Real</b>			
Preventivo	S/	24,954	81%
Correctivo	S/	6,025	19%
	S/	30,979	
<b>Sobrecosto en repuestos</b>	<b>S/</b>	<b>9,979</b>	

Fuente. Elaboración propia

El sobrecosto, por sustitución inoportuna, fue S/9,979 en el año.

### **Monetización de la propuesta de mejora para la causa Raíz 4: Deficiente programación del mantenimiento**

El cumplimiento de todas las actividades del mantenimiento preventivo tiene una duración de 16.25 horas y es desarrollada por dos técnicos externo, que tienen una tarifa horaria de S/25.

Esto determina que el costo de mano de obra del mantenimiento preventivo sea S/812.50 por equipo y por vez.

La tienda tiene cinco equipos y realiza este servicio 4 veces al año, lo que significa un costo de S/16,250

### **Monetización de la propuesta de mejora para la causa Raíz 5: Retraso en el mantenimiento de filtros**

Los filtros de aire operaron estando tupidos, en promedio 2.56 meses, que es el atraso en darles el mantenimiento previsto.

Esto genera, según en fabricante, hasta 10% de sobreconsumo.

El consumo mensual promedio, durante el año en que se realizó la presente tesis, fue 8,805 Kwh.

El tiempo acumulado de retraso en el mantenimiento de los filtros fue 77 días o 2.56 meses.

De esta manera, el sobrecosto por este concepto, se calcula de la siguiente forma:

$$8,805 \text{ Kwh/mes} \times 2.56 \text{ meses} \times S/0.40/\text{Kwh} \times 10\% = S/904$$

#### **2.6.3. Solución propuesta**

##### **Solución propuesta de la causa raíz 1: *Set point* muy bajo**

El *set point* actual de la temperatura ambiental, dentro de la tienda, es 21°C.

Se evaluó la percepción de los clientes, ante la posibilidad de incrementarla en 0.5°C, a 21.5°C.

La prueba se realizó a lo largo de cuatro días de labores. El tamaño de muestra y los resultados fueron los siguientes:

Tabla 14.  
*Tamaño de muestra para evaluar cambio de set point*

N	600 visitantes/día
Z	1.95
e	10%
p	0.5
q	0.5
<b>n</b>	<b>82</b>

Fuente. Elaboración propia

Se determinó evaluar las preferencias de 100 visitantes diarios, durante 4 días, distribuidos homogéneamente entre mañana, tarde y noche.

Los resultados son los siguientes

Tabla 15.  
*Evaluación de percepción de clientes a 21.5°C*

	Muy frío	Frío	Agradable	Cálido	Muy cálido
6-Ene	1	1	97	1	0
10-Feb	2	2	95	1	0
20-Feb	1	2	97	0	0
3-Abr	2	1	97	0	0
	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>386</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
	2%	2%	97%	1%	0%

Fuente. Elaboración Propia

Se observó que, de manera casi absoluta, la temperatura propuesta, 21.5°C, les resultó agradable. En consecuencia, se podría haber implementado, como nuevo estándar.

Sobre esta base, se procedió a calcular la potencia requerida para climatizar la tienda, a la temperatura propuesta y el ahorro obtenido.

Tabla 16.  
*Potencia requerida para climatizar la tienda a 21.5°C y su costo propuesto*

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Temperatura ambiente prom (°C)		25	25	25	25	23	22	22	21	21	21	22	23	
Setting propuesto (°C)		21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	
Días laborados		31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Horas/día		14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
Coefficiente de Rendimiento EER		3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	
Costo Kwh	S/	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
Coefficiente de intermitencia		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
Potencia climatizar paredes	Kw	4.4	4.4	4.4	4.4	1.9	0.6	0.6	-	-	-	0.6	1.9	23.3
	S/	247	231	247	239	106	34	35	-	-	-	34	106	1,281
Potencia climatizar por ventanas	Kw	0.6	0.6	0.6	0.6	0.2	0.1	0.1	-	-	-	0.1	0.2	3.0
	S/	31	29	31	30	13	4	4	-	-	-	4	13	163
Potencia climatizar techo y piso	Kw	42.6	42.6	42.6	42.6	18.3	6.1	6.1	-	-	-	6.1	18.3	225.3
	S/	2,387	2,233	2,387	2,310	1,023	330	341	-	-	-	330	1,023	12,365
Potencia climatizar el aire	Kw	51.6	51.6	51.6	51.6	22.1	7.4	7.4	-	-	-	7.4	22.1	272.6
	S/	2,888	2,702	2,888	2,795	1,238	399	413	-	-	-	399	1,238	14,959
Potencia iluminación (Kw)	Kw	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	24.0
	S/	112	105	112	108	112	108	112	112	108	112	108	112	1,322
Potencia clientes en tienda (Kw)	Kw	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	84.1
	S/	393	367	393	380	393	380	393	393	380	393	380	393	4,634
Potencia puerta abierta (Kw)	Kw	1.5	1.5	1.5	1.5	0.6	0.2	0.2	-	0.2	-	0.2	0.6	7.1
	S/	82	76	82	79	35	11	12	-	12	-	12	35	388
Total potencia(Kw)	Kw	109.6	109.6	109.6	109.6	52.1	23.4	23.4	8.8	8.8	8.8	23.4	52.1	639.4
Potencia requerida efectiva (Kw)	Kw	35.4	35.4	35.4	35.4	16.8	7.5	7.5	2.8	2.8	2.8	7.5	16.8	206.3
Consumo	Kwh	15,350	14,360	15,350	14,855	7,299	3,168	3,274	1,232	1,192	1,232	3,168	7,299	87,780
<b>Costo mensual</b>	S/	6,140	5,744	6,140	5,942	2,920	1,267	1,310	493	477	493	1,267	2,920	<b>S/ 35,112</b>

Fuente. Elaboración propia

Al requerirse menor potencia por la menor gradiente de temperatura, entre el ambiente exterior y el interior de la tienda, el costo facturado por Hidrandina sería S/35,112. El costo actual es S/42,262.

### **Solución propuesta para la causa raíz 2: Deficiente aislamiento de la tienda**

La propuesta de mejora consiste en utilizar puertas de vidrio templado, de apertura y cerrado automático, al determinarse la cercanía de las personas, de modo, que se mantenga más estable las condiciones del clima dentro de la nave de la tienda.



*Figura 20.* Puerta de apertura y cierre automático

El ahorro que se obtendría en la potencia y en la facturación, es pequeño, pero está en línea con la visión de la empresa, de reducir costos sin afectar la calidad de servicio.

Seguidamente se muestra el cálculo:

Tabla 17.  
*Cálculo del sobrecosto por mantener las puertas abiertas permanentemente*

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Temperatura ambiente prom (°C)		25	25	25	25	23	22	22	21	21	21	22	23	275
Set point actual (°C)		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
Días laborados		31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Horas/día		14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
Coefficiente de Rendimiento EER		3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	
Costo kWh	S/	S/0.40												
Coefficiente de intermitencia		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
Potencia climatizar paredes	Kw	5.05	5.0	5.0	5.0	2.5	1.3	1.3	-	-	-	1.3	2.5	347.0
	S/	283	264	283	274	141	68	71	-	-	-	68	141	S/ 1,593
Potencia climatizar por ventanas	Kw	0.6	0.6	0.6	0.6	0.3	0.2	0.2	-	-	-	0.2	0.3	3.7
	S/	36	34	36	35	18	9	9	-	-	-	9	18	S/ 203
Potencia climatizar techo y piso	Kw	48.7	48.7	48.7	48.7	24.4	12.2	12.2	-	-	-	12.2	24.4	280.1
	S/	2,728	2,552	2,728	2,640	1,364	660	682	-	-	-	660	1,364	S/ 15,379
Potencia climatizar el aire	Kw	58.9	58.9	58.9	58.9	29.5	14.7	14.7	-	-	-	14.7	29.5	338.9
	S/	3,301	3,088	3,301	3,194	1,650	799	825	-	-	-	799	1,650	S/ 18,606
Potencia iluminación (Kw)	Kw	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	24.0
	S/	112	105	112	108	112	108	112	112	108	112	108	112	S/ 1,322
Potencia clientes en tienda (Kw)	Kw	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	84.1
	S/	393	367	393	380	393	380	393	393	380	393	380	393	S/ 4,634
Potencia puerta abierta (Kw)	Kw	1.7	1.7	1.7	1.7	0.8	0.4	0.4	-	-	-	0.4	0.8	9.6
	S/	93	87	93	90	47	23	23	-	-	-	23	47	S/ 525

Fuente. Elaboración propia

Manteniendo las puertas con cierre automático, el consumo sería de la siguiente forma:

Tabla 18.  
*Cálculo del sobrecosto por mantener las puertas con cierre automático*

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Temperatura ambiente prom (°C)		25	25	25	25	23	22	22	21	21	21	22	23	
Setting actual (°C)		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
Días laborados		31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Horas/día		14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
Coefficiente de Rendimiento EER		3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	
Costo KwH		S/0.40	S/0.40	S/0.40	S/0.40	S/0.40	S/0.40							
Coefficiente de intermitencia		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
Potencia climatizar paredes	Kw	5.0	5.0	5.0	5.0	2.5	1.3	1.3	-	-	-	1.3	2.5	29.0
	S/	283	264	283	274	141	68	71	-	-	-	68	141	S/ 1,593
Potencia climatizar por ventanas	Kw	0.6	0.6	0.6	0.6	0.3	0.2	0.2	-	-	-	0.2	0.3	3.7
	S/	36	34	36	35	18	9	9	-	-	-	9	18	203
Potencia climatizar techo y piso	Kw	49	49	49	49	24	12	12	-	-	-	12	24	280
	S/	2,728	2,552	2,728	2,640	1,364	660	682	-	-	-	660	1,364	S/ 15,379
Potencia climatizar el aire	Kw	58.9	58.9	58.9	58.9	29.5	14.7	14.7	-	-	-	14.7	29.5	338.9
	S/	3,301	3,088	3,301	3,194	1,650	799	825	-	-	-	799	1,650	18,606
Potencia iluminación (Kw)	Kw	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	24.0
	S/	112	105	112	108	112	108	112	112	108	112	108	112	S/ 1,322
Potencia clientes en tienda (Kw)	Kw	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	84.1
	S/	393	367	393	380	393	380	393	393	380	393	380	393	4,634
<b>Potencia puerta abierta intermitentemente 10%</b>	<b>Kw</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.0</b>	<b>0.1</b>	<b>1.0</b>
	<b>S/</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>S/ 53</b>

El sobrecosto, se reduciría de S/525 a S/53, anuales.

### **Solución propuesta para la causa raíz 3: Falta capacitación**

La decisión de reemplazar o continuar manteniendo un determinado equipo representa uno de los elementos fundamentales de la estrategia de gestión de mantenimiento.

Un reemplazo postergado más tiempo del razonable puede elevar los costos de producción debido a una serie de problemas fáciles de identificar.

Un reemplazo prematuro puede ocasionar el desvío de recursos que pudieran tener otras prioridades para la empresa, además de los costos de oportunidad que implican no trabajar con adecuadas estructuras y óptimos costos y riesgos.

Para guiar la toma de decisiones, ante situaciones de solución ambigua o imprecisa, al momento de realizar el mantenimiento preventivo, se ha preparado el siguiente diagrama de flujo, que reforzará los criterios a tomar.

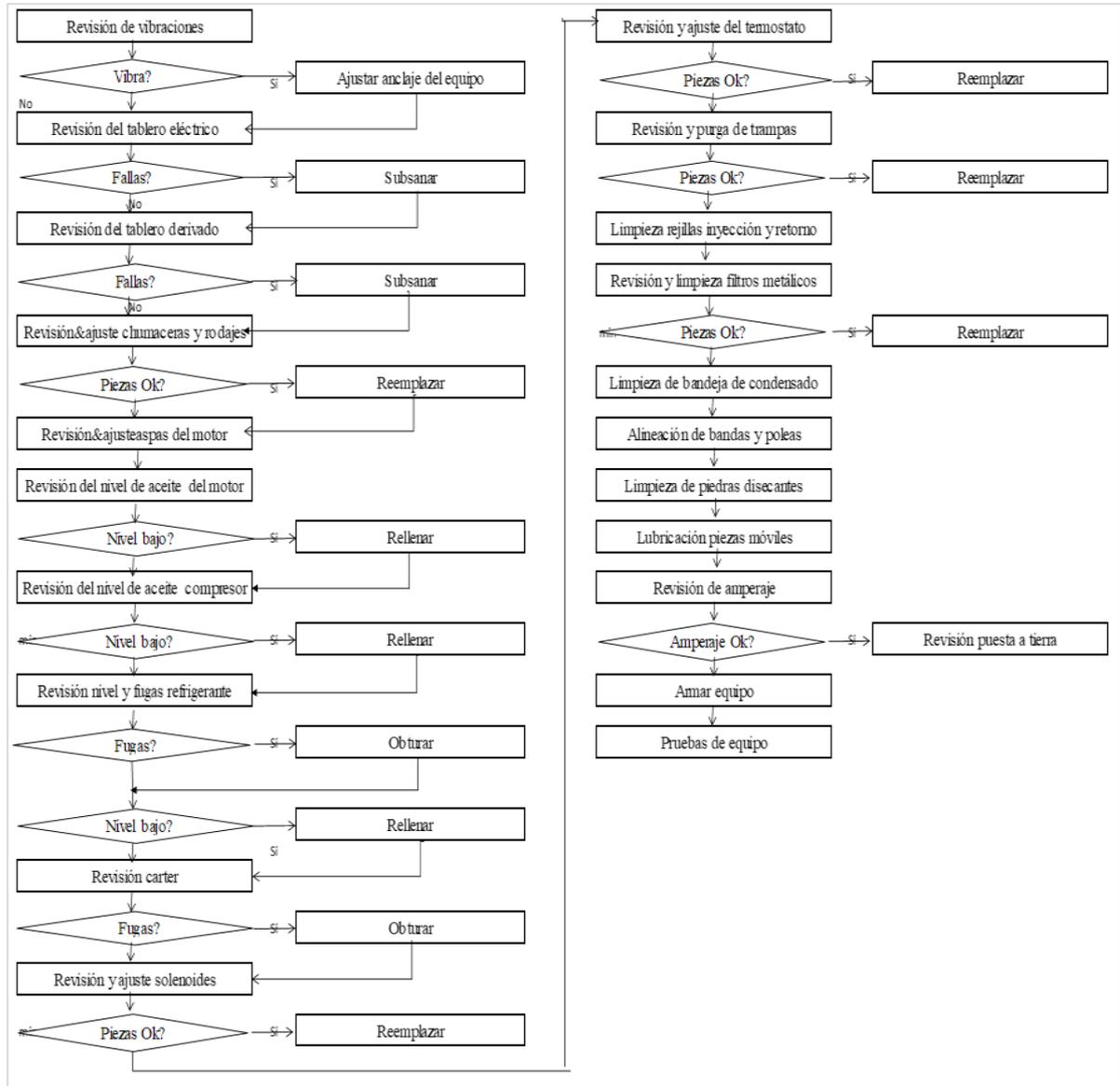


Figura 21. Diagrama de flujo de las decisiones de mantenimiento

Con la aplicación de los criterios antes expuestos, se busca ajustar los costos del mantenimiento a lo establecido por la empresa, que es destinar S/21,000 anuales. De esta cifra, el 85% debe ser en repuestos para el mantenimiento preventivo.

El resultado que se hubiese logrado, sería el siguiente.

Tabla 19.  
*Beneficio del cambio de repuestos oportuno*

<b>Real</b>			
Preventivo	24,954		
Correctivo	6,025	S/	30,979
<b>Actualmente</b>			
MP asignado por la empresa	17,850		
MC asignado por la empresa	3,150	S/	21,000
<b>Beneficio</b>		<b>S/</b>	<b>9,979</b>

Fuente. Elaboración propia

#### **Solución propuesta para la causa Raíz 4: Deficiente programación del mantenimiento**

Se propone usar el método del camino crítico – CPM – para proyectar las operaciones de mantenimiento, considerando las precedencias, de modo que se pueda asignar tareas en simultaneo, que reduzcan el tiempo total de ciclo.

De esta manera, seguidamente se muestra la relación de actividades del mantenimiento preventivo.

**Tabla 20.**
*Actividades del mantenimiento preventivo con precedentes*

	<b>Actividad</b>	<b>Minutos</b>	<b>Precedentes</b>	<b>Descripción</b>
1	Revisión de vibraciones	5	0	Detectar corrosión en conectores eléctricos, conectores de alimentación, que causan vibraciones.
2	Revisión y ajuste de anclaje	30	1	Examinar signos de corrosión, desgastes y vibraciones. Humedad y polvo
3	Revisión de instalación eléctrica tablero general	20	1	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
4	Revisión de tablero derivado	10	3	Revisión de componentes eléctricos, para revisar que los conectores de alimentación se encuentren íntegros, sin dobleces ni roturas. Limpieza con solventes y aire.
5	Desarmado del equipo	60	4	Eliminar cualquier vestigio de suciedad. Revisión sin desmontar.
6	Revisión y ajuste de chumaceras y rodajes del motor	30	2	Revisión de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, roturas, etc.
7	Revisión y ajuste de aspas y rotor del ventilador	15	5	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
8	Revisión de nivel de aceite del compresor	5	7	Según estándar
9	Carga de aceite del compresor	20	8	Según estándar
10	Revisión de presión de aceite y protección del compresor	20	9	Según estándar
11	Revisión de nivel y fugas de refrigerante	15	10	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
12	Revisión del carter	20	11	eliminar cualquier vestigio de suciedad
13	Revisión y ajuste de valvulas y solenoides	20	6	Revisión de los componentes electrónicos, el posible sobrecalentamiento y comprobar su funcionamiento.
14	Revisión y ajuste del termostato	10	13	Revisión de los componentes electrónicos, el posible sobrecalentamiento y comprobar su funcionamiento.
15	Revisión y purga del serpentín del condensador	120	14	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
16	Limpieza y purga de trampas del desagüe	60	15	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
17	Limpieza de rejillas de inyección y retorno	150	16	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
18	Limpieza de filtros metálicos	90	7	Eliminar cualquier vestigio de suciedad
19	Cambio de filtros metálicos	60	18	Según estándar
20	Limpieza de bandeja de condensado	15	19	Usar líquidos específicos para esta función
21	Alineación de bandas y poleas	20	20	Milimétrico
22	Limpieza de piedras disecantes	30	15	Usar líquidos específicos para esta función
23	Recargar gas refrigerante	15	11,21	R22
24	Lubricación de piezas móviles	30	22	Revisión de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, roturas, etc.
25	Revisión de amperaje	10	24	Realizar medición de parámetros correspondientes
26	Limpieza y apriete de conexiones en tablero	15	25	Consiste en observar las condiciones en las que se encuentra el equipo. Limpieza con solventes y aire.
27	Armados del equipo	60	26	Sustitución de un elemento que haya cumplido su ciclo de vida útil o propensas a desgaste.
28	Prueba de arranque	20	12,17,23,27	Ajustar y calibrar los equipos, ya sea una calibración o ajuste mecánico, eléctrico o electrónico.

Fuente. Elaboración propia

Con esta información, se procede a construir el CPM del mantenimiento preventivo, como queda a continuación.

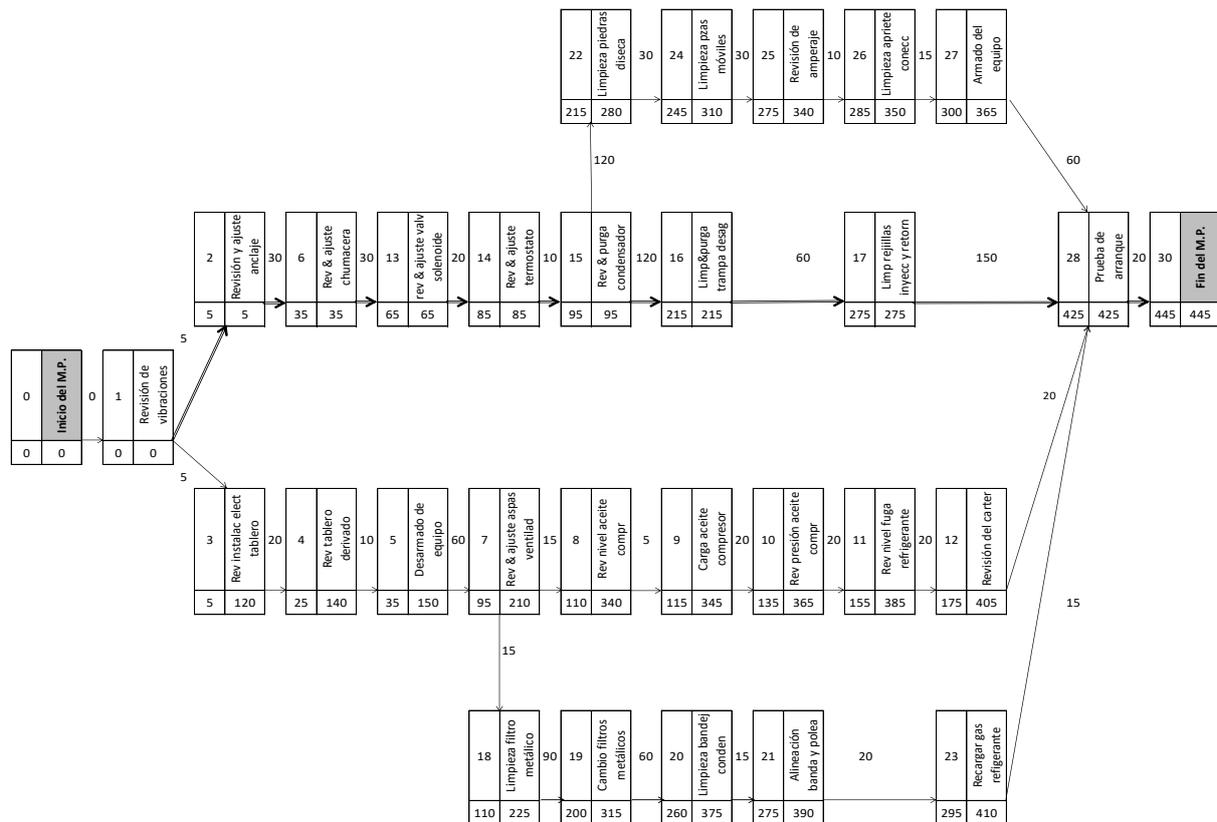


Figura 22. Pert CPM del mantenimiento preventivo

Se puede observar que el mantenimiento se reduce a 445 minutos o 7.42 horas, por equipo y por mantenimiento preventivo.

Si se considera que actualmente se paga por 16.25 horas, el ahorro sería 8.83 horas por cada servicio de mantenimiento.

Como la tarifa horaria de cada uno de los dos técnicos es S/25, el beneficio anual, por el servicio a los cinco equipos, cuatro veces al año, sería S/8,830.

Adicionalmente, está remarcado con flechas más gruesas, el camino crítico, recorrido que contiene a aquellas actividades que no tienen holgura de tiempo para su ejecución y que cualquier retraso en ellas, alargará el tiempo de ciclo de todo el mantenimiento preventivo.

### Solución propuesta para la causa Raíz 5: Retraso en el mantenimiento de filtros

Los filtros son una de las partes más importantes del sistema de aire acondicionado.

Ayuda a la limpieza, la purificación y a mantener en perfecto al equipo.

La función principal de los filtros es evitar que las impurezas, partículas, gérmenes y todo tipo de elementos dañinos entren en el equipo y se propaguen por el ambiente.

Las consecuencias más visibles de la falta de mantenimiento de los filtros de un sistema de acondicionamiento de aire son la disminución del caudal; presencia de ruidos excesivos de movimientos de aire; aumento del nivel de humedad en el interior y aparición de malos olores; goteo; daño al compresor, porque le puede llegar el refrigerante.

Además, postergar su mantenimiento o, no realizarlo, puede causar problemas de rendimiento; aumentando el consumo eléctrico.

La propuesta de mejora a la situación actual, en la que los filtros de aire operaran estando tupidos, consiste en ser respetuosos de las fechas previstas para su limpieza o reemplazo, para evitar el sobre costo en el consumo – estimado en 10% por el fabricante - y además, afectar todo el sistema, que podría afectar la vida útil de todo el equipo.

Tabla 21.  
*Sobrecosto por operar con filtros sucios*

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Total potencia (Kw)	Kw	124.0	124.0	124.0	124.0	66.5	37.8	37.8	9.0	9.0	9.0	37.8	66.5	769
Potencia requerida efectiva (Kw)	Kw	40.0	40.0	40.0	40.0	21.5	12.2	12.2	2.9	2.9	2.9	12.2	21.5	248
Consumo	Kwh	17,363	16,242	17,363	16,802	9,312	5,116	5,287	1,261	1,221	1,261	5,116	9,312	105,656
Consumo mensual promedio														8,805
Días de atraso en el año														77
Atraso expresado en meses														2.6
Sobrecosto KwH													10%	2,260
													S/	904

Fuente. Elaboración propia

Al mantener los filtros limpios, se obtendrá un beneficio anual de S/904, por menor consumo de energía eléctrica.

## Evaluación Económica y Financiera

### Inversión propuesta

#### 1. Puertas de apertura y cierre automático (4)

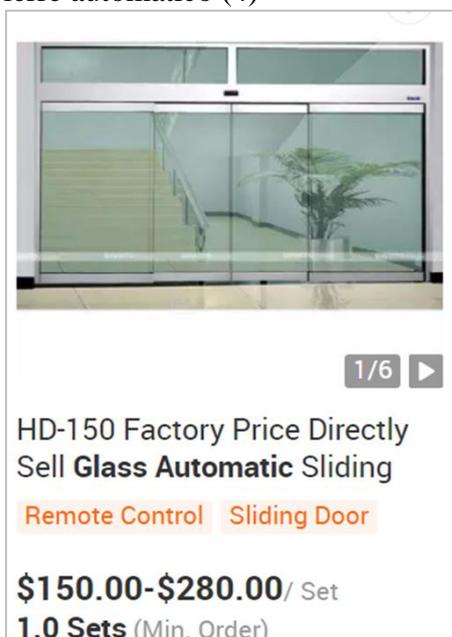


Figura 23. Puerta de apertura y cierre automático

Fuente. alibaba.com

Tabla 22.  
Cotización de puerta de apertura y cierre automático

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Puerta automática	4	280.00	1,120	3,920
Flete				1,176
Seguro	3.0%			118
Base imponible				5,214
Ad valorem	4.0%			209
Agente aduana	1.5%			78
IGV	18.0%			938
Total				6,439
Flete local				1,500
Montaje local				3,000
<b>Total</b>				<b>S/ 10,939</b>

Fuente. alibaba.com

2. Máquina lavadora a presión de piezas



Figura 24. Lavadora a presión de piezas

Fuente. alibaba.com

Tabla 23.  
Cotización de lavadora a presión de piezas

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Hydrowasher	1	219.00	219	767
Flete				230
Seguro	3.0%			23
Base imponible				1,019
Ad valorem	4.0%			41
Agente aduana	1.5%			15
IGV	18.0%			184
Total				1,259
Flete local				300
Montaje local				-
<b>Total</b>				<b>1,559</b>

Fuente. alibaba.com

## Flujo de caja proyectado

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
<b><u>Inversión</u></b>													
Puertas de apertura y cierre automático(4)	-	10,939											
Hydrowasher para piezas	-	1,559											
<b>Total inversión</b>	<b>-</b>	<b>12,498</b>											
<b><u>Ingresos</u></b>													
Ahorro por nuevo set point	596	596	596	596	596	596	596	596	596	596	596	596	7,150
Ahorro por uso de puertas automáticas	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	473
Ahorro por limpieza oportuna de filtros	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	857
Ahorro por aplicar capacitación MP	832	832	832	832	832	832	832	832	832	832	832	832	9,979
Ahorro por mejor programa de MP	736	736	736	736	736	736	736	736	736	736	736	736	8,833
<b>Total ingresos</b>	<b>2,274</b>	<b>2,274</b>	<b>2,274</b>	<b>2,274</b>	<b>2,274</b>	<b>2,274</b>	<b>2,274</b>	<b>2,274</b>	<b>2,274</b>	<b>2,274</b>	<b>2,274</b>	<b>2,274</b>	<b>27,292</b>
<b>Total ingresos actualizados</b>	<b>2,263</b>	<b>2,251</b>	<b>2,240</b>	<b>2,229</b>	<b>2,217</b>	<b>2,206</b>	<b>2,195</b>	<b>2,184</b>	<b>2,173</b>	<b>2,162</b>	<b>2,151</b>	<b>2,140</b>	<b>26,412</b>
<b><u>Egresos</u></b>													
Capacitación en técnica de pronósticos	-	2,500											- 2,500
<b>Total egresos</b>	<b>-</b>	<b>2,500</b>											<b>- 2,500</b>
<b>Total egresos actualizados</b>	<b>-</b>	<b>2,487</b>											<b>- 2,487</b>
Saldo antes de impuestos	-	226	2,274	2,274	2,274	2,274	2,274	2,274	2,274	2,274	2,274	2,274	29,792
Impuesto a la renta	-	59	591	591	591	591	591	591	591	591	591	591	8,938
Saldo después de impuestos	-	167	1,683	1,683	1,683	1,683	1,683	1,683	1,683	1,683	1,683	1,683	20,855
<b>Flujo actualizado</b>	<b>-</b>	<b>12,498</b>	<b>-</b>	<b>166</b>	<b>1,666</b>	<b>1,658</b>	<b>1,649</b>	<b>1,641</b>	<b>1,633</b>	<b>1,624</b>	<b>1,616</b>	<b>1,608</b>	<b>1,600</b>

<b>TMAR</b>	<b>6.100%</b> anual	6.10
	<b>0.508%</b> mensual	
<b>VAN</b>	<b>5,206</b>	
<b>TIR</b>	<b>69.910%</b>	
<b>B/C</b>	<b>1.76</b>	
<b>Tiempo de retorno (años)</b>	<b>0.5</b>	
<b>Tiempo de retorno (meses)</b>	<b>6</b>	

Figura 25. Flujo de caja proyectado

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tabla 24.  
*Costo anual de operación de equipos a/c antes y después de la propuesta*

Costos	Actual		Con la propuesta	
	Condición	Costo (S/)	Condición	Costo (S/)
Costo de climatización de la tienda	Set point 21°C	42,262	Set point 21.5°C	35,112
Sobrecosto por aislamiento de puertas	Abiertas	525	Automáticas	53
Sobrecosto por retraso en limpieza de filtros	77 días	904	4 días	47
Sobrecosto por desajuste Mant prev vs Mant correctivo	$\frac{81\%}{19\%}$	30,979	$\frac{85\%}{15\%}$	21,000
Sobrecosto de deficiente planeamiento del MP	650 H-H	16,250	297 H-H	7,417
		<b>S/ 90,921</b>		<b>S/ 63,628</b>
<b>Ahorro de costos</b>				<b>S/ 27,292</b>
				<b>30.02%</b>

Fuente. Elaboración propia

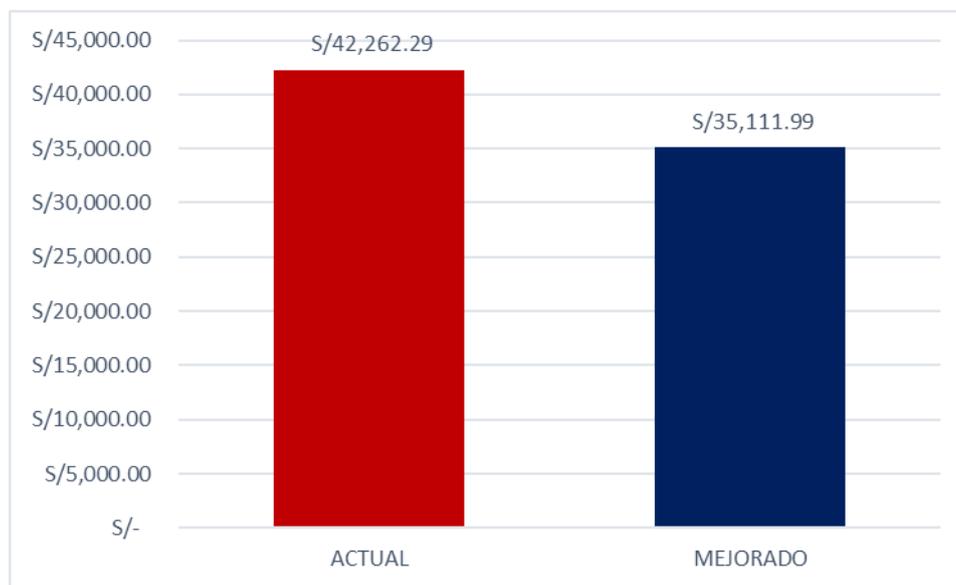


Figura 26. Pérdida Actual vs Después de la mejora- CR1 Set point muy bajo

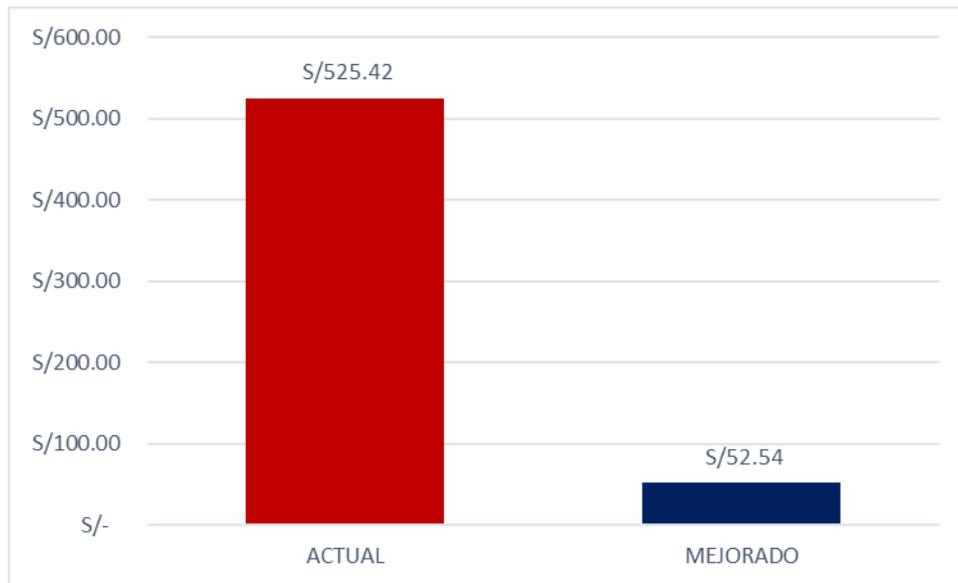


Figura 27. Pérdida Actual vs Después de la mejora- CR2 Deficiente aislamiento de la tienda

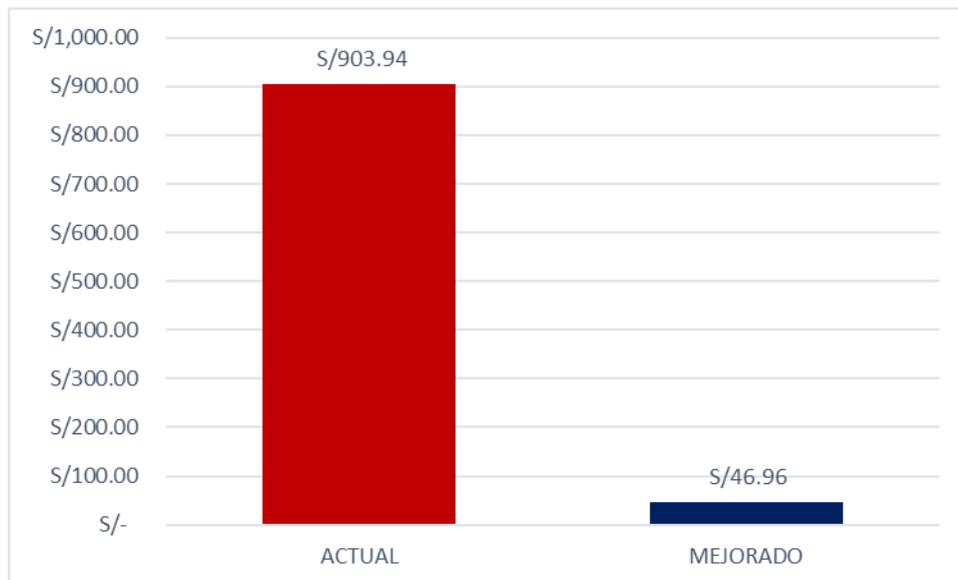


Figura 28. Pérdida Actual vs Después de la mejora- CR5 Retraso en mantenimiento de filtros

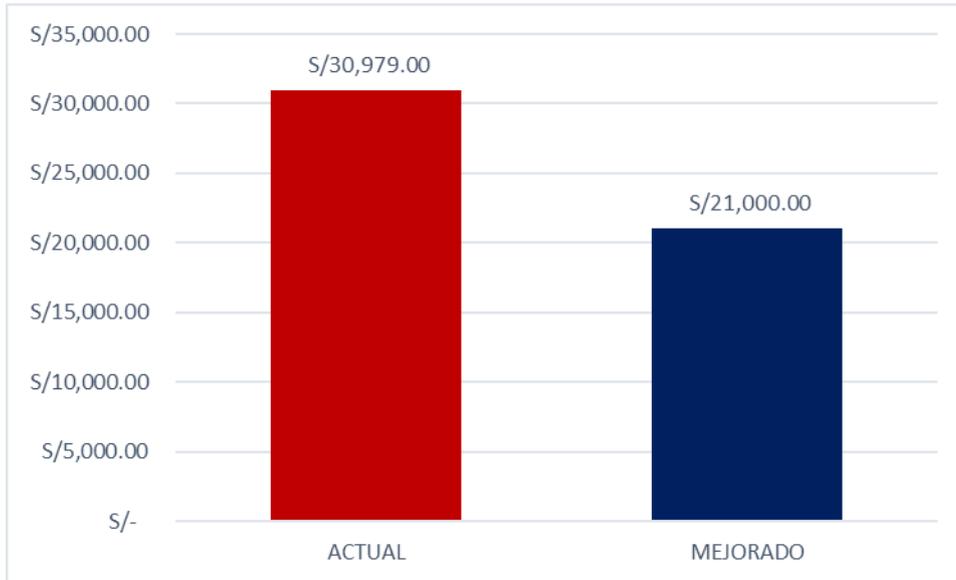


Figura 29. Pérdida Actual vs Después de la mejora- CR3 Falta de capacitación

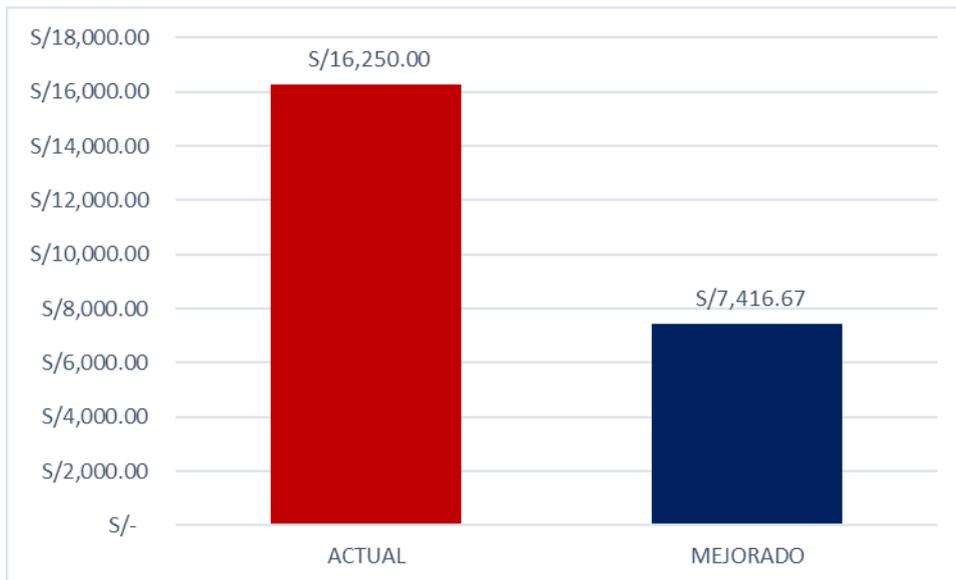


Figura 30. Pérdida Actual vs Después de la mejora- CR4 Deficiente programación del mantenimiento

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Al igual que Rozo (2020), quien sostiene que realizó un análisis con las herramientas cinco porqués, diagrama causa y efecto y Dofa para ver una prospectiva de las problemáticas y obtener el ranking de las problemáticas de mayor impacto en la compañía, en la presente tesis también se usaron dichas herramientas.

Particularmente se utilizó el diagrama de operaciones, para contrastar la duración del ciclo del mantenimiento preventivo de cada equipo de aire acondicionado, con el que se conseguiría con las actividades, organizadas, guardando las precedencias, según el método del Camino Crítico.

Realizando los trabajos del mantenimiento preventivo, con este criterio, se consigue reducir en más del 50%, el tiempo y el costo de este servicio.

Arias y León (2016), comentan que las fallas más costosas y tiempos fuera de servicio son debido a la falta de pre inspecciones. Tareas sencillas, como la verificación del nivel y estado del aceite del compresor puede evitar daños prematuros. Una correcta ejecución del plan propuesto permitirá extender la vida útil.

Continua argumentando que, al contar con un historial que involucra tareas predictivas y preventivas, permitirá determinar las frecuencias del servicio, más convenientes, para lograr una mejor disponibilidad de los equipos.

Se podría ampliar el beneficio de esta experiencia, a cuando haya que decidir el cambio rápido o la dilatada reparación de las piezas, con criterios de costo-beneficio.

Aunque la reducción de gastos no es muy grande, se debe tener en cuenta que es solamente uno de los sistemas.

En concordancia con Huaricancha (2020), cuando comento que es un área de oportunidad, la reducción del costo del mantenimiento correctivo, mejorando el control del mantenimiento preventivo. La manera de conseguirlo puede ser a través de la solución de procedimientos desactualizados; manejo de indicadores; hojas de procesos; supervisión adecuada; capacitaciones y entrenamiento.

En la presente tesis se menciona que el mantenimiento preventivo muestra cierta debilidad, por indecisiones del personal técnico, para definir si es conveniente el mantenimiento de la pieza o su sustitución. Definiciones ambas, que se plantea resolver con el uso de un flujograma de toma de decisiones y la capacitación de los técnicos del área de servicio, en el tema específico del aire acondicionado.

Olivera (2016) expuso las bondades de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total, como una vía de mejora de la productividad implementando un programa de Mantenimiento Productivo Total en una empresa de servicios, que involucrará tanto a las maquinas como a la mano de obra, y de esta manera aplicar las mejoras para hacer viable el proyecto.

La empresa en la que se realizó esta empresa, está enfocada en mejora del mantenimiento preventivo. No participa de TPM, aunque no descarta su probable uso.

La visión actual es, mejorar la performance del área de servicios generales; la satisfacción del cliente y la reducción de costos operativos.

De manera similar que Pardo (2017), demostró que, con la implementación del nuevo plan de mantenimiento los costos de las tareas del mantenimiento se reducirían en aproximadamente un 30 % del sistema actual de mantenimiento y que el análisis de costos denota que la inversión para la implementación del nuevo plan de

mantenimiento se recuperara de manera cuantitativa en 3 años, pero las mejoras se verán desde un principio. En la empresa, motivo de esta tesis, se proyecta una mejora de 30.02%.

La inversión se pagará en solo seis meses y el beneficio del procedimiento y de los equipos adquiridos, se verá reflejado en futuros ejercicios.

Romero (2013), en su estudio concluyo que, es importante conocer a fondo los equipos y tener conocimiento de las necesidades, planes, periodos y ritmos del servicio.

Esto se hace evidente, en la empresa, porque los equipos de aire acondicionado tienen un trabajo continuo, debido a que operan 14 horas diarias, prácticamente todos los días de año. Siendo indispensable seguir minuciosamente el programa de mantenimiento preventivo.

Un asunto pendiente de análisis es la vida útil de los equipos. Estos tienen casi 10 años de haber sido instalados y la frecuencia del mantenimiento preventivo y las acciones que se realizarán en él, tendrán que ser actualizadas. No se podrá continuar con el mismo esquema, que se maneja desde los inicios de la tienda.

#### **4.2. Conclusiones**

- Se determinó que la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento reduce los costos operativos del sistema de aire acondicionado de la tienda de mejoramiento del hogar, en la ciudad de Trujillo en 30.02%, equivalente a S/27,292 anuales.
- Se diagnosticaron problemas en la gestión actual de mantenimiento que afectan negativamente a los costos operativos del sistema de aire acondicionado de la tienda de mejoramiento del hogar en la ciudad de Trujillo. Estas son: Set point

muy bajo, deficiente aislamiento de la tienda, retraso en mantenimiento de filtros, falta de capacitación y deficiente programación del mantenimiento.

- Se emplearon métodos y herramientas de la ingeniería industrial para reducir los costos operativos del sistema de aire acondicionado de la tienda de mejoramiento del hogar, en la ciudad de Trujillo, como termodinámica, gestión de mantenimiento y estudio del trabajo, obteniendo un beneficio total de S/27,292 al aplicar la propuesta de mejora.
- La propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en el sistema de aire acondicionado de la tienda de mejoramiento del hogar, es viable económica y financieramente. Esto se demuestra con un VAN de S/5,206. Además, la Tasa Interna de Retorno es 69.91% y el Beneficio/Costo de 1.76, que indica que, por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se obtendrá una ganancia de S/0.76. El retorno de la inversión será en 6 meses.

## REFERENCIAS

- Conduce tu empresa (2018). *Diagrama de Operaciones del Proceso – Objetivos y simbología*. Recuperado de <https://blog.conducetuempresa.com/2016/05/dop.html>
- Durán, Arias&León (2016). *Propuesta de plan de mantenimiento en sistemas de aire acondicionado: caso sector automotriz (Tesi de grado)*. Universidad ECCL, Bogotá.
- Huaricancha (2020). *Propuesta de mejora de gestión de mantenimiento en un centro comercial como estrategia de excelencia operativa (Tesis de grado)*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/650345>
- Nuño, P. (2017). *Costes operativos*. Recuperado de <https://www.emprendepyme.net/costes-operativos.html>
- Olivera, H. (2016). *TPM en el área de mantenimiento preventivo de grupos electrógenos para incrementar su productividad de una empresa de servicios Lima 2015 (Tesis de Grado)*. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/17832>
- Pardo, W. (2017). *Implementación de un Plan de Mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para reducir costos de mantenimiento para el tren de asfalto de Constructora Chamonte S.A.C.* (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9996>
- Planas, O. (2020). *Conceptos básicos de termodinámica*. Recuperado de <https://solar-energia.net/termodinamica>
- Planas, O. (2020). *¿Qué es la entropía?*. Recuperado de <https://solar-energia.net/termodinamica/propiedades-termodinamicas/entropia>

Planas, O. (2019). *¿Qué es la entalpía?*. Recuperado de <https://solar-energia.net/termodinamica/propiedades-termodinamicas/entalpia>

Romero, S. (2013). *Propuesta de una Estrategia de Mantenimiento Basado en Confiabilidad-EMBC Para Disminuir costos en el Área de Preparación y Molienda de Caña de una Planta Agroindustrial* (Tesis de Grado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14590>

Rozo, L. (2020). *Mejoramiento del proceso de mantenimientos preventivos, correctivos y montajes de sistemas de aire acondicionado realizado por la empresa Tecsa Ingeniería S.A.S.* (Tesis de grado), Universidad Católica de Colombia facultad de ingeniería programa de ingeniería industria, Bogotá.

Sánchez, L. (2015). *¿Qué es la capacitación?*. Recuperado de <https://www.emprendepyme.net/que-es-la-capacitacion.html>

Sinnaps (2021). *Camino crítico de un proyecto*. Recuperado de <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/camino-critico-proyecto>

Toro, R. (2020). *Mantenimiento Preventivo*. Recuperado de <https://www.fracttal.com/es/mantenipedia/mantenimiento-preventivo>

## ANEXOS

### Cambio de repuestos del equipo 1 de a/c

Equipo 1		30																									
Material	Unidad	Costo	Equipo 1																								
			Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		
			MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	
Compresor de pistón	Und	420	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Condensador	Und	875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Válvulas de expansión termostáticas	Und	60	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Válvula solenoide	Und	52	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Válvulas de bolas	Und	52	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Válvulas reguladoras presión evaporador	Und	52	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Válvula de seguridad	Und	35	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Válvula reversible	Und	88	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Evaporador	Und	263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Refrigerantes clorodifluor metano R22	Gln	155	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Liqui Molly 2K limpiador	Und	165	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
Alki foam desengrasante	Und	180	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
Filtro de aire superior OEM Hisense	Und	112	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Manguera de cobre 3/8 con aislamiento	Und	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tubos plástico de aislamiento	Und	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bomba de drenaje	Und	166	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Termostato	Und	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tubería de cobre	Und	271	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Ducto plástico	Und	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
Capella WF68 lubricante Chevron	Und	105	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Manómetro Quality	Und	250	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Guarda termostato QTH-99	Und	155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Paletas de ventilador	Und	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Inversor de frecuencia	Und	525	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tubería ensamblada de cobre	Und	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total costo			1,174	-	165	-	345	-	607	-	180	-	345	-	786	-	345	-	345	48	839	420	345	646	683	1,089	
Total costo MP			S/ 6,159	74%																							
Total costo MC			S/ 2,203	26%																							
			S/ 8,362																								

### Cambio de repuestos equipo 2 de a/c

Material	Unidad	Costo	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
			MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC
Compresor de pistón	Und	420	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Condensador	Und	875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Válvulas de expansión termostáticas	Und	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Válvula solenoide	Und	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Válvulas de bolas	Und	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Válvulas reguladoras presión evaporador	Und	52	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Válvula de seguridad	Und	35	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Válvula reversible	Und	88	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evaporador	Und	263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Refrigerantes clorodifluor metano R22	Gln	155	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Liqui Molly 2K limpiador	Und	165	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
Alki foam desengrasante	Und	180	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
Filtro de aire superior OEM Hisense	Und	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Manguera de cobre 3/8 con aislamiento	Und	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Tubos plástico de aislamiento	Und	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bomba de drenaje	Und	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Termostato	Und	35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubería de cobre	Und	271	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Ducto plástico	Und	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Capella WF68 lubricante Chevron	Und	105	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Manómetro Quality	Und	250	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guarda termostato QTH-99	Und	155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paletas de ventilador	Und	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Inversor de frecuencia	Und	525	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubería ensamblada de cobre	Und	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total costo			932	-	345	-	165	-	675	-	345	-	180	165	901	-	345	-	345	48	691	280	345	383	253	48
Total costo MP			S/ 5,522		86%																					
Total costo MC			S/ 925		14%																					
			S/ 6,446																							

### Cambio de repuestos equipo 3 de a/c

Material	Unidad	Costo	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
			MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC
Compresor de pistón	Und	420	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Condensador	Und	875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Válvulas de expansión termostáticas	Und	60	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Válvula solenoide	Und	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Válvulas de bolas	Und	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Válvulas reguladoras presión evaporador	Und	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Válvula de seguridad	Und	35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Válvula reversible	Und	88	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Evaporador	Und	263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Refrigerantes clorodifluor metano R22	Gln	155	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Liqui Molly 2K limpiador	Und	165	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Alki foam desengrasante	Und	180	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
Filtro de aire superior OEM Hisense	Und	112	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Manguera de cobre 3/8 con aislamiento	Und	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Tubos plástico de aislamiento	Und	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bomba de drenaje	Und	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Termostato	Und	35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubería de cobre	Und	271	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ducto plástico	Und	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Capella WF68 lubricante Chevron	Und	105	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Manómetro Quality	Und	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Guarda termostato QTH-99	Und	155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paletas de ventilador	Und	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Inversor de frecuencia	Und	525	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubería ensamblada de cobre	Und	88	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total costo			414	-	165	-	268	-	408	-	345	-	345	-	522	-	345	-	165	-	944	280	345	646	731	166
Total costo MP			S/ 4,996		82%																					
Total costo MC			S/ 1,092		18%																					
			S/ 6,088																							

### Cambio de repuestos equipo 4 de a/c

Material	Unidad	Costo	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
			MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC
Compresor de pistón	Und	420	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Condensador	Und	875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Válvulas de expansión termostáticas	Und	60	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Válvula solenoide	Und	52	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Válvulas de bolas	Und	52	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Válvulas reguladoras presión evaporador	Und	52	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Válvula de seguridad	Und	35	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Válvula reversible	Und	88	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Evaporador	Und	263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Refrigerantes clorodifluor metano R22	Gln	155	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Liqui Molly 2K limpiador	Und	165	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
Alki foam desengrasante	Und	180	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
Filtro de aire superior OEM Hisense	Und	112	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Manguera de cobre 3/8 con aislamiento	Und	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubos plástico de aislamiento	Und	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bomba de drenaje	Und	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Termostato	Und	35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubería de cobre	Und	271	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Ducto plástico	Und	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Capella WF68 lubricante Chevron	Und	105	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Manómetro Quality	Und	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Guarda termostato QTH-99	Und	155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paletas de ventilador	Und	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Inversor de frecuencia	Und	525	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubería ensamblada de cobre	Und	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total costo			757	112	180	-	-	165	392	-	345	-	-	-	379	60	-	-	345	48	944	-	-	646	683	-
Total costo MP			S/ 4,025	80%																						
Total costo MC			S/ 1,031	20%																						
			S/ 5,055																							

### Cambio de repuestos equipo 5 de a/c

Material	Unidad	Costo	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
			MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC
Compresor de pistón	Und	420	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Condensador	Und	875	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Válvulas de expansión termostáticas	Und	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Válvula solenoide	Und	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Válvulas de bolas	Und	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Válvulas reguladoras presión evaporador	Und	52	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Válvula de seguridad	Und	35	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Válvula reversible	Und	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Evaporador	Und	263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Refrigerantes clorodifluor metano R22	Gln	155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Liqui Molly 2K limpiador	Und	165	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Alki foam desengrasante	Und	180	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Filtro de aire superior OEM Hisense	Und	112	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Manguera de cobre 3/8 con aislamiento	Und	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubos plástico de aislamiento	Und	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bomba de drenaje	Und	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Termostato	Und	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubería de cobre	Und	271	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ducto plástico	Und	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Capella WF68 lubricante Chevron	Und	105	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Manómetro Quality	Und	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guarda termostato QTH-99	Und	155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paletas de ventilador	Und	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Inversor de frecuencia	Und	525	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubería ensamblada de cobre	Und	88	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total costo			987	112	180	-	-	253	157	35	-	-	112	-	901	-	180	-	180	48	944	-	180	112	433	214
Total costo MP			S/ 4,254	85%																						
Total costo MC			S/ 774	15%																						
			S/ 5,028																							

## **Componentes del sistema de aire acondicionado**

### **El termostato**

El termostato controla cuándo se enciende y apaga la unidad, que temperatura mantiene, y también regula hasta cierto punto el mantenimiento de la unidad. El termostato tiene una importancia primordial ya que con éste se controla el confort del ambiente climatizado y el funcionamiento eficiente del equipo.



### **El compresor**

Es una gran bomba eléctrica. El compresor, como su nombre lo indica, presuriza el gas refrigerante como parte del proceso de volverlo a convertir en líquido. Por lo general, se ubica del lado caliente de la unidad y es considerado el corazón del ciclo. Sin lugar a dudas, la más importante de las partes de un aire acondicionado.

El compresor funciona junto con una sustancia llamada fluido de trabajo (refrigerante), que puede transformarse fácilmente de gas a líquido. La tarea principal del compresor es convertir el gas de baja presión en un gas de alta presión, que también tiene alta temperatura. En este proceso, las regiones de separación entre las moléculas se reducen,

creando gas energizado. A partir de aquí, el gas o refrigerante energizado sale del compresor para ingresar al condensador.

El compresor puede ser controlado eléctricamente por un sistema ON/OFF o por Tecnología Inverter. Si quieres saber más de esta tecnología, entra al siguiente [enlace](#).



### **El condensador**

Es otro elemento que, como el compresor, se encuentra en el lado «caliente» del sistema de aire acondicionado. Está diseñado para eliminar gran parte del calor latente en el refrigerante cuando regresa desde el interior de la casa y, por lo tanto, hace que el trabajo del compresor sea mucho más fácil.

Si alguna vez has mirado la parte trasera de un refrigerador y has notado el panel ubicado allí, ese es el condensador. En los sistemas de aire acondicionado tiene el mismo funcionamiento, pero su forma difiere.

Hay un ventilador instalado en la bobina del condensador que enfría el gas a alta presión y lo convierte de nuevo en líquido. Este producto ahora se lleva a la siguiente parte o al componente del aire acondicionado llamado evaporador. Puedes ver el compresor y el condensador en el lado caliente de la unidad



### **Válvula de expansión**

En esencia, se encuentra entre los lados «caliente» y «frío» del sistema al regular la cantidad de refrigerante líquido comprimido que se mueve hacia el evaporador. En muchos sentidos, es el más complicado de los elementos en un sistema HVAC.

Un bulbo sensor de temperatura lleno de un gas similar al del sistema principal controla el flujo del refrigerante. A medida que aumenta la temperatura, este bulbo hace que un manómetro de resorte abra una válvula. Alternativamente, a medida que la temperatura en la línea de succión disminuye, también lo hace la presión en el bulbo y, por lo tanto, la presión en el resorte disminuye, lo que hace que la válvula se cierre.

Este dispositivo de expansión tiene diferentes formas, y lo conocerás con diferentes nombres. Para equipos pequeños, donde la cantidad de gas en el circuito es poca, verás un

tubo capilar cumpliendo esta función. Si el equipo ya maneja una cantidad de BTU considerable, verás válvulas de expansión. En ambos casos la función es la misma.



### **Evaporador**

Este elemento del sistema de aire acondicionado se encuentra en el lado «frío» del sistema dentro del hogar o negocio. Es un conjunto de bobinas o panel sobre el cual se sopla el aire que se necesita enfriar. Obtiene su nombre por el hecho de que convierte un líquido comprimido en gas (evaporación) mientras está en funcionamiento.

El evaporador está unido al condensador con una tubería extremadamente delgada, que se hace visible en los acondicionadores de tipo Split. El gas a alta presión que ahora se transforma en líquido a baja presión llega a esta sección del sistema de aire acondicionado. La disminución de la presión en esta sección convierte el líquido en gas nuevamente. En este proceso, el fluido o refrigerante de trabajo elimina el calor del aire y lo enfría.

A continuación, el fluido de trabajo sale del evaporador en forma de gas para ser comprimido nuevamente por el compresor. Todo esto sucede de manera cíclica. Este cambio de temperatura es lo que se aprovecha.



### **Soplador de Aire Acondicionado**

Este elemento es simplemente un ventilador que mueve un volumen de aire a través del evaporador. Es una parte integral de los sistemas de tratamiento de aire, ya que ayudan a atraer aire fresco al ambiente. También es la parte del sistema que generalmente se escucha, es decir, el zumbido, dentro del hogar cuando la unidad está funcionando.

También existe otro soplador que mueve el aire a través de la condensadora, ayudando a extraer el calor del refrigerante. En los equipos de ventana, en algunos modelos compactos, estos dos sopladores comparten el mismo motor eléctrico.



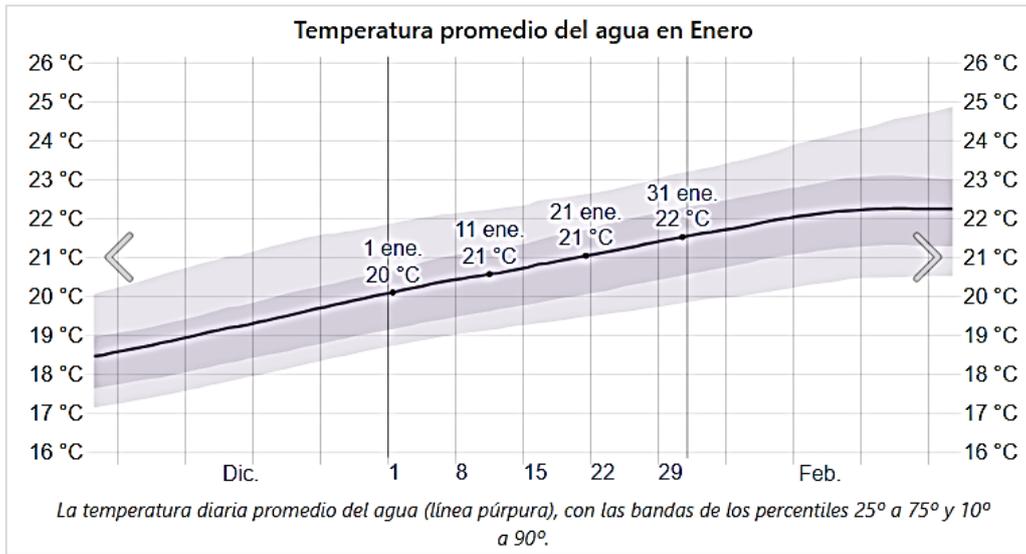
## Ductos

Los ductos no forman parte del sistema mecánico de tu aire acondicionado, y solamente los verás en sistemas centralizados. Sin embargo, en estos sistemas, el trabajo del conducto debe verificarse regularmente, al igual que las partes mecánicas, ya que cualquier daño puede afectar significativamente la eficiencia de las partes móviles.

Además, los ductos tienen sus propias partes móviles como *dampers* y rejillas, que ayudan a dirigir el flujo de aire a las áreas deseadas del espacio habitable. Los ductos deben mantenerse limpios y libres de cualquier obstrucción. Esto permite que el equipo trabaje con mejor eficiencia, consumiendo menos energía y aumentando su vida útil.



### Temperatura promedio del agua de mar



Fuente. <https://es.weatherspark.com/>