

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS  
AMÉRICAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo de  
los aires acondicionados del departamento de electromecánica  
del Complejo ICE San Pedro

**AUTORA**

Katherine Pamela Chavarría Castro

**TUTOR**

Allan Maroto Coto

**LECTOR**

Luis Quirós González

SAN JOSÉ, ABRIL, 2021

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación se realiza en el Instituto Costarricense de Electricidad acerca del departamento de electromecánica del Complejo ICE San Pedro. Consiste en proponer finalmente un sistema de gestión de mantenimiento preventivo de los aires acondicionados en las oficinas de dicho complejo. El proyecto surge de la necesidad de mejorar los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo que actualmente se llevan a cabo en el departamento mencionado.

Como tal, este departamento tiene funciones de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de aire acondicionado, labores que son coordinadas por un ingeniero electromecánico, cinco técnicos de planta que atienden las averías y mediante una contratación externa se realizan trabajos preventivos y otros correctivos.

Actualmente el departamento no cuenta con un sistema de gestión del mantenimiento establecido que permita llevar un control de las intervenciones e inspecciones que se les realizan a los más de 200 equipos de aire acondicionado. No existe una base de datos digitalizados para el análisis de frecuentes fallos ni un histórico de intervenciones e inspecciones y costos. Respecto de las inspecciones preventivas y de algunas intervenciones correctivas que se realizan mediante contrato se llena de documentos en físico que se archivan en ampos, y de las averías que atiende el personal de planta no queda registro.

Por lo anterior el propósito de realizar esta investigación es diseñar un sistema de gestión del mantenimiento que mejore el proceso actual, por lo que inicialmente corresponden la recopilación y el análisis de información; seguido esto de la implementación de un plan de mantenimiento productivo total y de la adquisición de un software que permita ordenar y controlar los procesos para la toma asertiva de decisiones y la aplicación de las mejoras del caso.

Tomando en consideración la situación actual y luego de analizar la información obtenida para el capítulo de diagnóstico de la situación actual, se estableció un plan de gestión del mantenimiento que se llevará a cabo por etapas, las cuales contemplan diferentes actividades por desarrollar si así lo pone en ejecución el departamento. También se efectúa un análisis económico para efectos de conocer los beneficios en relación con los costos de implementar el proyecto.

## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TUTOR.....	3
CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA .....	4
CARTA DE INCORPORACIÓN DE LAS MODIFICACIONES AL TFG .....	5
DECLARACIÓN JURADA.....	6
SOLICITUD DE DEFENSA .....	7
RESUMEN EJECUTIVO.....	8
CONTENIDO .....	9
TABLAS.....	13
FIGURAS.....	17
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....	19
Generalidades del Grupo ICE (Complejo ICE San Pedro).....	20
Historia .....	20
Principios corporativos.....	24
Estructura organizacional del Grupo ICE.....	25
Planteamiento del problema.....	25
Objetivos .....	26
Objetivo general.....	26
Objetivos específicos:.....	26
Justificación .....	27
Antecedentes .....	27
Proyecciones .....	32
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	33
Sistema y proceso.....	33
Mapa de proceso.....	33
Análisis y diagramas de Pareto.....	33
Diagramas causa-efecto .....	35
Diagrama de Gantt .....	35

Aire acondicionado.....	36
Mantenimiento .....	37
Sistema de gestión del mantenimiento .....	37
Mantenimiento correctivo (CM) .....	37
Mantenimiento preventivo (PM) .....	38
Mantenimiento predictivo (CBM) .....	39
Mantenimiento productivo total TPM .....	39
Detección de fallas .....	40
Indicadores de gestión .....	40
Metodología de las 5-S.....	41
Eliminar (Seiri) .....	42
Ordenar (Seiton).....	42
Limpieza e inspección (Seiso).....	42
Estandarizar (Seiketsu) .....	43
Disciplina (Shitsuke) .....	43
Obtención y manejo de los datos.....	44
Procesamiento electrónico de datos.....	45
Informe historial de los equipos.....	45
Gestión de equipos.....	46
<b>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>48</b>
Enfoque .....	48
Enfoque cuantitativo .....	48
Enfoque cualitativo: .....	48
Enfoque mixto .....	49
Alcance .....	49
Exploratorios .....	49
Descriptivo.....	49
Correlacional .....	49
Explicativo .....	49
Diseño.....	50
Diseños experimentales .....	50
Diseños no experimentales .....	50

Muestra .....	51
Variables .....	51
Instrumentos .....	53
Recolección de datos.....	54
Método de análisis .....	55
Cronograma.....	55
<b>CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>58</b>
Mapeo de proceso.....	58
Recurso humano .....	59
Diagrama de flujo .....	60
Procesamiento físico de datos .....	61
Análisis de los equipos .....	63
Mantenimiento preventivo de los equipos de aire acondicionado .....	66
Análisis de inspecciones por nivel .....	67
Mantenimiento correctivo de los equipos de aire acondicionado .....	80
Análisis de mantenimiento correctivo por nivel .....	81
Costos del mantenimiento preventivo y correctivo.....	90
Total de costos de mantenimiento correctivo .....	104
Diagrama de Pareto.....	115
Diagrama Ishikawa .....	117
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>124</b>
Conclusiones.....	124
Recomendaciones .....	124
<b>CAPÍTULO VI PROPUESTA .....</b>	<b>126</b>
Propuesta .....	126
1. Metodología TPM.....	126
Fase de preparación .....	129
5S Organización, orden y disciplina del lugar de trabajo .....	134
Pilares del TPM.....	144
Fase de introducción .....	155
Fase de consolidación .....	157
2. Actualización del contrato de licitación vigente .....	157

3. Software de mantenimiento .....	158
Plan de implementación.....	165
Análisis económico.....	167
APÉNDICES.....	174
REFERENCIAS .....	192

## TABLAS

Tabla 1 Variables de la investigación .....	51
Tabla 2 Instrumentos de la investigación .....	54
Tabla 3 Cantidad de equipos por tipo de aire por nivel con activo .....	65
Tabla 4 Cantidad de equipos por tipo de aire por nivel sin número de activo .....	66
Tabla 5 Medición del alcance de inspecciones anuales 2020 .....	67
Tabla 6 Cronograma de inspecciones de sótano .....	68
Tabla 7 Cronograma de Inspecciones Nivel 1 .....	69
Tabla 8 Cronograma de inspecciones. Nivel 2.....	70
Tabla 9 Cronograma de inspecciones nivel 3.....	72
Tabla 10 Cronograma de inspecciones nivel 4.....	74
Tabla 11 Cronograma de inspecciones nivel 5.....	75
Tabla 12 Cronograma de inspecciones nivel 6.....	76
Tabla 13 Cronograma de inspecciones nivel 7.....	77
Tabla 14 Cantidad de equipos que recibieron intervenciones correctivas por nivel y tipo de aire con # activo (2019).....	81
Tabla 15 Cantidad de equipos recibieron intervenciones correctivas por nivel y tipo de aire con # activo (2020). .....	81
Tabla 16 Cronograma de inspecciones en el sótano, 2019 .....	82
Tabla 17 Cronograma de Inspecciones en el sótano, 2020 .....	82
Tabla 18 Cronograma de inspecciones nivel 1 2019.....	82
Tabla 19 Cronograma de inspecciones nivel 1 2020.....	83
Tabla 20 Cronograma de inspecciones nivel 2 2019.....	83
Tabla 21 Cronograma de inspecciones nivel 2 2020.....	84

Tabla 22 Cronograma de inspecciones nivel 3 2019.....	84
Tabla 23 Cronograma de inspecciones nivel 3, 2020.....	85
Tabla 24 Cronograma de inspecciones nivel 4, 2019.....	85
Tabla 25 Cronograma de inspecciones nivel 4, 2020.....	86
Tabla 26 Cronograma de inspecciones nivel 5, 2019.....	86
Tabla 27 Cronograma de inspecciones nivel 5, 2020.....	87
Tabla 28 Cronograma de Inspecciones Nivel 6 2020 .....	87
Tabla 29 Cronograma de inspecciones nivel 7, 2020.....	87
Tabla 30 Cantidad total de mantenimientos correctivos 2019-2020.....	88
Tabla 31 Recurrencia de intervenciones correctivas 2019-2020 .....	89
Tabla 32 Costos de mantenimiento preventivo .....	90
Tabla 33 Costos de mantenimiento correctivo.....	92
Tabla 34 Costo de las inspecciones anuales por equipo, sótano 2020 .....	93
Tabla 35 Costos de inspección mensual, sótano 2020 .....	93
Tabla 36 Costo de inspecciones anuales por nivel 1, 2020.....	94
Tabla 37 Costos de inspección mensual nivel 1, 2020.....	95
Tabla 38 Costo de inspecciones anuales por nivel 2 2020.....	96
Tabla 39 Costos de inspección mensual nivel 2 2020.....	96
Tabla 40 Costo de inspecciones anuales por nivel 3 2020.....	97
Tabla 41 Costos de inspección mensual nivel 3 2020.....	98
Tabla 42 Costo de inspecciones anuales por nivel 4 2020.....	99
Tabla 43 Costos de inspección mensual nivel 4 2020.....	99
Tabla 44 Costo de inspecciones anuales por nivel 5 2020.....	100
Tabla 45 Costos de inspección mensual nivel 5 2020.....	101

Tabla 46 Costo de inspecciones anuales por nivel 6 2020.....	101
Tabla 47 Costos de inspección mensual nivel 6 2020.....	102
Tabla 48 Costo de inspecciones anuales por nivel 7 2020.....	102
Tabla 49 Costos de inspección mensual nivel 7 2020.....	103
Tabla 50 Costo total de inspecciones del edificio del Complejo ICE San Pedro 2020.....	103
Tabla 51 Costos de mantenimiento correctivo sótano 2019 .....	104
Tabla 52 Costos de mantenimiento correctivo sótano 2020 .....	104
Tabla 53 Costos mantenimiento correctivo nivel 1 2019.....	105
Tabla 54 Costos de mantenimiento correctivo nivel 1 (2020) .....	106
Tabla 55 Costos mantenimiento correctivo nivel 2 (2019).....	107
Tabla 56 Costos de mantenimiento correctivo nivel 2 (2020) .....	108
Tabla 57 Costos de mantenimiento correctivo nivel 3 (2019) .....	108
Tabla 58 Costos de mantenimiento correctivo nivel 3 (2020) .....	109
Tabla 59 Costos de mantenimiento correctivo nivel 4 (2019) .....	110
Tabla 60 Costos de mantenimiento correctivo nivel 4 (2020) .....	111
Tabla 61 Costos de mantenimiento correctivo nivel 5 (2019) .....	112
Tabla 62 Costos de mantenimiento correctivo nivel 5 (2020) .....	113
Tabla 63 Costos de mantenimiento correctivo nivel 6 (2019) .....	113
Tabla 64 Costos de mantenimiento correctivo nivel 6 (2020) .....	114
Tabla 65 Costos mantenimiento correctivo Nivel 7 (2020) .....	114
Tabla 66 Costos totales de correctivos por nivel en el 2019-2020.....	115
Tabla 67 Tabla de frecuencia de fallas.....	115
Tabla 68 Tabla Matriz de priorización.....	119
Tabla 69 de Frecuencias causa raíz.....	120

Tabla 70 Plan de implementación por fases y etapas del TPM.....	128
Tabla 71 Cronograma de implementación de la metodología de las 5 S .....	137
Tabla 72 Plan de mantenimiento autónomo .....	141
Tabla 73 Cronograma de capacitaciones TPM .....	144
Tabla 74 Cronograma de mantenimiento planificado .....	148
Tabla 75 Cronograma de mantenimiento de calidad.....	150
Tabla 76 Cronograma de mantenimiento preventivo .....	151
Tabla 77 Matriz de comparación de software .....	164
<b>Tabla 78 Cronograma de implementación.....</b>	<b>166</b>
Tabla 79 Horario de capacitaciones por grupo.....	167
Tabla 80 Costo por capacitaciones.....	168
Tabla 81 Salario ingeniero industrial con cargas sociales.....	169
Tabla 82 Costo por capacitación en línea Software .....	169
Tabla 83 Costo total de implementación del Proyecto.....	170
Tabla 84 Costos de mantenimiento preventivo según el cronograma propuesto .....	171
Tabla 85 Costos de mantenimiento preventivo 2020 .....	171
Tabla 86 Costo total aproximado no registrado de mantenimiento correctivo 2020 .....	172
Tabla 87 Costo total de mantenimiento correctivo 2020 .....	172
Tabla 88 Beneficios de la implementación .....	173

## FIGURAS

Figura 1 Estructura Organizacional Grupo ICE.....	25
Figura 2 Gráfico y diagrama de Pareto .....	34
Figura 3 Diagrama de causa y efecto .....	35
Figura 4 Diagrama de Gantt.....	36
Figura 5 Estructura moderna del TPM.....	40
Figura 6 Efectos de las 5 S.....	44
Figura 7 Representación de un sistema de información aplicado al mantenimiento .....	45
Figura 8 Preselección del historial .....	46
Figura 9 WBS de la investigación.....	56
Figura 10 Diagrama de Gantt.....	56
Figura 11 Mapa de procesos.....	59
Figura 12 Organigrama del departamento.....	59
Figura 13 Diagrama de flujo .....	61
Figura 14 Formulario para mantenimiento preventivo y correctivo .....	62
Figura 15 Cantidad de equipos por nivel .....	64
Figura 16 Cantidad de equipos con y sin activos por nivel.....	65
Figura 17 Porcentaje de equipos por tipo de aire por nivel.....	66
Figura 18 Porcentaje de Inspección Sótano .....	68
Figura 19 Porcentaje de Inspección Nivel 1.....	70
Figura 20 Porcentaje de inspecciones, nivel 2 .....	71
Figura 21 Porcentaje de inspección nivel 3.....	73
Figura 22 Porcentaje de inspección nivel 4.....	74
Figura 23 Porcentaje de inspección nivel 5.....	76

Figura 24 Porcentaje de inspección nivel 6.....	77
Figura 25 Porcentaje de Inspección Nivel 7.....	78
Figura 26 Porcentaje total de inspecciones por nivel.....	79
Figura 27 Total de inspecciones del edificio del complejo ICE San Pedro .....	79
Figura 28 Costo total de intervenciones correctivas por nivel 2019-2020.....	90
Figura 29 Gráfico de Pareto .....	116
Figura 30 Diagrama de causa y efecto .....	118
Figura 31 Gráfico de Pareto .....	120
Figura 32 Recomendaciones para las causas de los problemas .....	126
Figura 33 Educación TPM .....	129
Figura 34 Políticas, objetivos y metas.....	134
Figura 35 Plan maestro para la implementación del TPM.....	139
Figura 36 Casa TPM .....	144
Figura 37 Metodología ciclo de mejora continua.....	145
Figura 38 Hoja de vida del equipo .....	152
Figura 39 Hoja de orden de trabajo y mantenimiento correctivo.....	153
Figura 40 Software Promat .....	161
Figura 41 Software Tricom .....	162
Figura 42 Software MP Software.....	164
Figura 43 Cotización Software de mantenimiento PROMAT .....	174
Figura 44 Cotización Software de mantenimiento TRICOM .....	183
Figura 45 Cotización Software de mantenimiento MP SOFTWARE.....	189

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La utilización de tecnologías para el confort de las personas y para el acondicionamiento de ambientes destinados a centros de cómputo en una empresa, mediante temperaturas y humedades controladas, como se hace con los equipos de aire acondicionado, requiere cuidado y mantenimiento periódico para asegurar la operación y la conservación de las máquinas de procesos, lo mismo que para evitar problemas de salud.

En concordancia con lo manifestado, la presente investigación tiene como prioridad diseñar un plan de gestión el mantenimiento (SGM) para el departamento de electromecánica (dependencia del ICE) aquí mencionado, el cual tiene a cargo el mantenimiento de los aires acondicionados del Complejo ICE, ubicado en San Pedro de Montes de Oca.

El proyecto de contar con un sistema de gestión del mantenimiento (SGM) surge como respuesta a los problemas que se presentan en la empresa por falta de un adecuado manejo y control de la información relativa a las actividades de mantenimiento en el departamento. De estas actividades se lleva un archivo físico (en papel), pues no existen bases de datos digitalizadas de los equipos, lo que le resta agilidad a los procesos de reparaciones preventivas que se les realizan a los aires acondicionados.

Como solución a la problemática planteada, en el presente documento se propone el uso de la herramienta digital que se propone, que permitiría llevar un control eficiente del mantenimiento de los aires acondicionados en el departamento en estudio.

Por otra parte, también se seguirá una línea de investigación enfocada en el diseño, el desarrollo y el mejoramiento de los procesos de mantenimiento actuales.

En general, para cumplir con los objetivos de esta investigación esta se dividirá en seis capítulos cuyos contenidos se resumen a continuación:

El capítulo I es introductorio y contempla información sobre generalidades de la empresa, planteamiento del problema, objetivos, justificación del estudio, antecedentes del tema y proyecciones de la investigación.

En el capítulo II se reseña el marco teórico el cual abarca todos aquellos conceptos relacionados con la investigación que se llevará a cabo.

Seguidamente, el capítulo III corresponde al marco metodológico, en el que se explican aspectos como el enfoque, el alcance, el diseño, la muestra, las variables, los instrumentos de recolección de datos, el método de análisis y el cronograma.

En el capítulo IV se analiza la situación actual de la empresa para conocer cómo llevan actualmente sus procesos, como base para proponer las mejoras del caso.

En el capítulo V se incluyen las conclusiones y recomendaciones acerca de lo más relevante y significativo del estudio.

Por último, en el capítulo VI se le hace la propuesta a la empresa, en este caso al Complejo ICE San Pedro.

### **Generalidades del Grupo ICE (Complejo ICE San Pedro)**

En el siguiente apartado se indican las generalidades de la empresa Grupo ICE, su historia, principios y estructura organizacional. (Grupo ICE, 2019)

#### **Historia**

##### **Energía y comunicación para todos**

- El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue creado por el Decreto - Ley N.º 449 del 8 de abril de 1949.
- En ese año solo 14% del país tenía acceso a la energía eléctrica. Hoy el servicio llega a todo el país.
- En 1963, dado su éxito en la electrificación, se le asigna el desarrollo de las telecomunicaciones.
- En el 2008 se formaliza el Grupo ICE –integrado por el ICE, la CNFL y RACSA—, mediante la Ley N.º 8660.

##### **Tras las luchas sociales**

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) nació tras una larga lucha de varias generaciones de costarricenses por solucionar los problemas de escasez de energía eléctrica de los años 40. Así, su creación se apegó a los principios de soberanía nacional y al mandato de desarrollar de manera sostenible las fuentes de energía del país (en ese momento, principalmente la hidroeléctrica).

Desde entonces el ICE ha llevado electricidad, con energías limpias, a prácticamente todos los rincones del país.

Hoy cuenta con una matriz eléctrica que es referente mundial dada su diversidad de fuentes renovables, entre las que destacan la hidroeléctrica, la geotérmica, la eólica y la solar.

Sus 40 plantas de generación y sus robustos sistemas de transmisión y distribución eléctrica iluminan y mueven a Costa Rica de costa a costa y de frontera a frontera.

Dado su éxito en la electrificación del país, en 1963 se le confirió un nuevo objetivo: el desarrollo y la operación de las telecomunicaciones del país.

Tres años después instaló las primeras centrales telefónicas automáticas y, a partir de entonces, las telecomunicaciones iniciaron un acelerado desarrollo, principalmente por medio de la masificación de la telefonía fija y pública, y más recientemente la telefonía móvil y la internet.

A partir de la década de los 60 evolucionó como un grupo de empresas estatales integrado por el ICE, Radiográfica Costarricense (RACSA) y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL).

### **Los pioneros**

A mediados del siglo XIX San José se alumbraba con lámparas de kerosén o canfin.

El crecimiento urbano y los años acentuaban los daños que el tiempo había ocasionado en los postes.

Hacia finales de ese siglo, Luis Batres García-Granados (nacido en 1845 y descendiente directo de peninsulares que ocuparon cargos de la Corona Española en Guatemala) y el costarricense Manuel Víctor Dengo fundaron la Compañía Eléctrica de Costa Rica. Con esta levantaron la primera planta hidroeléctrica en Barrio Aranjuez, la cual tenía una fuerza de 75 caballos y generaba 50 kilovatios para 25 lámparas de carbón.

Esas lámparas marcaron uno de los hitos en la historia eléctrica del país: la inauguración, el 9 de agosto de 1884, del alumbrado público en San José.

De esta manera culminaba una gigantesca obra, ansiada durante muchos años, y cuyo servicio se extendió, en 1888, a Cartago y, en 1894, a Heredia.

En el siglo XX, uno de los principales actores del mercado eléctrico es el estadounidense Mínor Cooper Keith.

Cooper compra la empresa de Dengo y Batres y construye las plantas hidroeléctricas Tournón y Los Anónos, en la capital. En 1912 inauguró la planta Brasil.

Para entonces, otros empresarios ingresan al mercado eléctrico y levantan las plantas Belén (1914) y Electriona (1922).

Si bien el servicio iba en crecimiento, el acceso a este era para pocos.

Ante esa realidad, en 1923 una serie de intelectuales crearon la Liga Cívica Nacional, la cual luchaba por la defensa del país frente a la inversión y el mal servicio de las empresas extranjeras.

En 1928, la Liga Cívica, junto con el ingeniero Max Koberg Bolandi, redactaron y propusieron un proyecto de ley para la nacionalización de las fuerzas hidroeléctricas del país.

Como resultado, el 31 de julio de 1928 se promulgó la Ley 77, que creó el Servicio Nacional de Electricidad (SNE), pero por razones políticas y económicas el SNE no cumplió con su objetivo y el problema eléctrico continuó en los años 40.

Todos estos movimientos fueron la antesala del ICE, creado en 1949.

### **Llega el ICE**

En 1948 un grupo de ingenieros eléctricos y civiles, encabezados por Jorge Manuel Dengo Obregón, presenta a la junta directiva del Banco Nacional un documento titulado Plan General de Electrificación de Costa Rica.

La trascendencia de esta iniciativa fue tal que el Banco Nacional lo remite al Gobierno de la República y el resultado fue la creación del Instituto Costarricense de Electricidad el 8 de abril de 1949.

Con el ICE los problemas de escasez de energía eléctrica empiezan a solucionarse.

El Instituto amplía la cobertura eléctrica (que era de 14%), pone en servicio más plantas hidroeléctricas y le apuesta a la protección de las cuencas, los cauces de los ríos y las corrientes de agua.

Con el paso de las décadas incursiona en la explotación de otras energías renovables, como la geotérmica, la eólica y la solar.

El éxito en la electrificación propició que en 1963 el Estado le asignara la responsabilidad histórica de convertir las telecomunicaciones del país (en ese momento, las más atrasadas de Centroamérica) en una verdadera herramienta de crecimiento económico, social y tecnológico.

A partir de entonces, el ICE instaló 24 centrales telefónicas automáticas y más de 34.200 líneas telefónicas (la primera en 1966, en Escazú, con una capacidad del 1.000 líneas).

En los años 70 avanzó vertiginosamente en esta materia.

En el nivel internacional, por ejemplo, con la Red Centroamericana de Microondas y, más adelante, con el Sistema de Marcación Directa de Abonado (MIDA), con el cual el cliente podría marcar directamente a otros países.

Así, mientras que en los años 70 se contaba con apenas una línea de telefonía fija por cada 100 habitantes, a finales del 2008 este indicador fue de 34 líneas por cada 100, uno de los índices más altos en Latinoamérica.

Para entonces también contaba con una red de 22.000 teléfonos públicos en todo el país.

Los años 80 trajeron cambios en las centrales telefónicas, de analógicas a digitales.

Esta modernización permitió mayor rapidez en las comunicaciones y nuevos servicios, como el correo de voz, la llamada en espera, la desviación de llamadas y el teléfono despertador.

La telefonía celular llegó, con tecnología analógica, en 1994. Al poco tiempo, debido a la alta demanda del mercado pasó a la TDM y la GSM.

Ese mismo año la numeración telefónica pasó de 6 a 7 dígitos y, en el 2008 a 8 dígitos.

A partir del 2009 el ICE amplió su cartera de servicios con la tecnología móvil 3G (UMTS), plataformas para IPTV y VoIP (televisión y voz sobre el protocolo de la Internet), que le permiten incursionar como un operador *Triple Play*, es decir, con el envío instantáneo de voz, datos y vídeo.

Hoy el ICE cubre con electricidad 99,7% del país y es protagonista en la descarbonización de la economía por medio de la electromovilidad y la consolidación de ciudades inteligentes, gracias a sinergias con sus empresas, RACSA y CNFL.

Es, además, el operador dominante del mercado celular con su marca Kölbi, y cuenta con una robusta red de fibra óptica y de cables submarinos que permiten la conectividad de alta calidad con el mundo.

### **Principios corporativos**

Estas son la misión, la visión y los valores del Grupo ICE, a partir de los cuales se alinean los negocios y empresas que integran nuestro conglomerado.

La CNFL y RACSA tienen sus propios principios empresariales, los cuales guían su operación; pero siempre bajo la “sombrija” de estos.

### **Misión**

“Mejorar la calidad de vida de la sociedad costarricense, contribuyendo al desarrollo sostenible del país con soluciones de energía, infocomunicaciones e ingeniería, de manera eficiente, inclusiva y solidaria.”

### **Visión**

“El Grupo ICE, ágil, transparente, motor de desarrollo de la sociedad costarricense con presencia internacional, liderará y será referente en la transformación digital y en el desarrollo de soluciones integrales, innovadoras y oportunas, en energía, infocomunicaciones e ingeniería.”

### **ICE**

El Instituto Costarricense de Electricidad nació el 8 de abril de 1949 mediante el Decreto-Ley N° 449, con el mandato de aprovechar el recurso hídrico de manera eficiente y responsable para la electrificación del país.

Desde su fundación, la cobertura y la calidad del servicio eléctrico pasó de 14 a 99,4% del territorio nacional.

Su matriz eléctrica aprovecha el vapor de la tierra, el viento, la energía solar y la biomásica. Asimismo, se enfoca en el desarrollo de redes inteligentes y en la movilidad eléctrica.

Dado el éxito en la electrificación, en 1963 se le asignan la administración y el desarrollo de las telecomunicaciones.

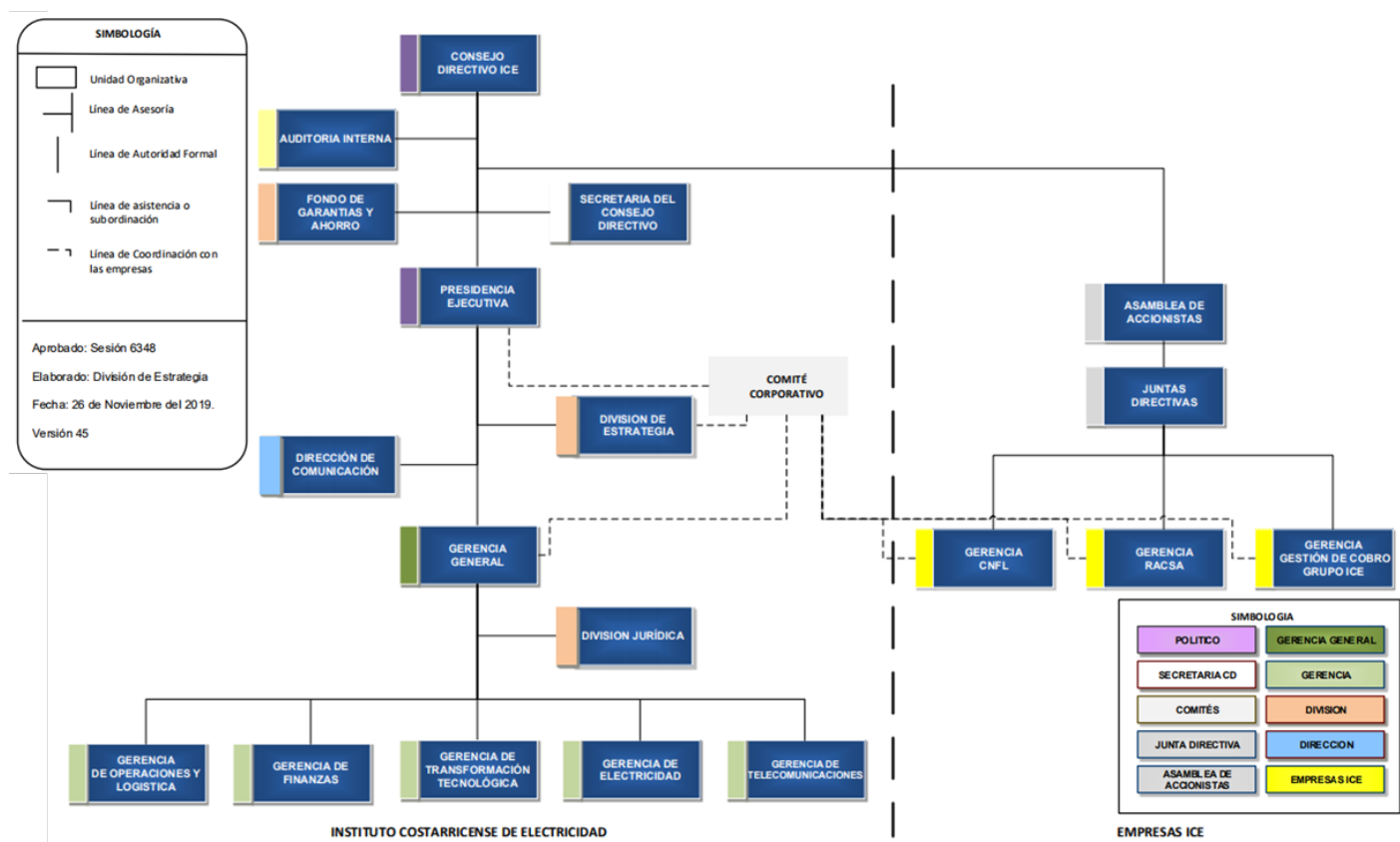
Desde entonces ha incorporado innovaciones, como la telefonía fija y pública, el servicio de fax, internet y la telefonía móvil.

Hoy se consolida en soluciones convergentes alineadas a la Revolución 4.0.

## Estructura organizacional del Grupo ICE

En la Figura 1 Estructura Organizacional Grupo ICE se muestra la estructura organizacional del Grupo ICE.

**Figura 1 Estructura Organizacional Grupo ICE**



**Nota: Página web Grupo ICE, 2019**

### Planteamiento del problema

El mantenimiento preventivo de los aires acondicionados reduce incidencias por averías, disminuye el alto consumo energético, mejora su rendimiento y alarga su vida útil, entre otras ventajas. Es entonces lo que se desea lograr con el sistema de gestión de mantenimiento que se propone como producto de la presente investigación.

Actualmente, en el Complejo ICE San Pedro se les da mantenimiento correctivo a los equipos de aire acondicionado según el método de control de mantenimiento elaborado para ese fin, el cual consta como documento escrito en el archivo correspondiente.

En la aplicación de dicho método se han generado limitantes como las siguientes, como en cuanto a determinar las fallas recurrentes y a medir los tiempos de paro de los equipos, así como al realizar el análisis de costo operativo (horas de trabajos), la cantidad y la calidad de los repuestos reemplazados. En general, al recolectar la información sobre la intervención histórica correctiva.

Es por esas razones que surge la necesidad de crear una herramienta digital que permita llevar una mejor planificación y mejor control, lo cual facilitará la intervención oportuna del mantenimiento preventivo de los equipos.

Por tales motivos y para tales efectos seguidamente se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo que asegure buen funcionamiento, seguridad y mejores costos de los equipos de aire acondicionado del Complejo ICE San Pedro?

### **Objetivos**

A continuación se indican los objetivos con los que se espera alcanzar los resultados de la investigación:

#### **Objetivo general**

Diseñar el Sistema de Gestión del Mantenimiento preventivo de los aires acondicionados en el departamento de electromecánica del complejo ICE San Pedro, para asegurar el buen funcionamiento, seguridad y costos de los equipos.

#### **Objetivos específicos:**

- Describir el funcionamiento del actual sistema de gestión de mantenimiento de los equipos de aire acondicionado mencionados.
- Medir las fallas recurrentes e inspecciones periódicas que se les realizan a esos equipos de aire acondicionado.
- Analizar las posibles causas del deterioro a tales equipos de aire acondicionado.

- Definir el Sistema de gestión del Mantenimiento preventivo de los aires acondicionados del Complejo ICE San Pedro.
- Implementar una herramienta digital (software de mantenimiento) que permita llevar un control y diagnóstico de los equipos de aire acondicionado.

### **Justificación**

En un mundo globalizado, para que un negocio pueda mantenerse activo es necesario apoyarse en tecnologías de la información, por razones de competitividad, eficiencia y eficacia. Por tanto, en las empresas se requiere con urgencia transformar la información a digital.

Actualmente el trabajo que realiza el departamento de electromecánica del Complejo ICE en San Pedro no tiene un manejo claro y fluido de la información que genera, lo que provoca problemas en la optimización de sus procesos.

Dado lo anterior se plantea en esta investigación un diseño de gestión del mantenimiento mediante el uso de herramientas digitales, para que el manejo adecuado de la información beneficie al departamento en la toma de decisiones acertadas y se pueda llevar un control eficiente del funcionamiento de cada uno de equipos de aire acondicionado.

### **Antecedentes**

Como contenido de este apartado se utiliza información extraída de artículos científicos y tesis que reforzarán la investigación.

Para cualquier investigación como esta, García (2011) considera necesario diseñar un instrumento de recolección de datos y atributos administrativos, que son importantes para el éxito del mantenimiento productivo total (TPM). Por tal motivo, a continuación se reseñan su metodología y conclusiones sobre ese propósito:

Metodología. Se elabora una tabla con cada una de las actividades. Se aplica una encuesta a gerentes y supervisores, de la cual se realiza un análisis exploratorio por medio de una matriz de correlaciones, y luego se hace un análisis factorial con el método de componentes principales.

Del método Varimax se usó el mínimo valor de la chi-cuadrada,  $X^2$  (CMIN) y también se analizó el índice crítico N de Hoelter.

Conclusiones. De acuerdo con eso, la conclusión es que los principales factores de éxito del TPM de tipo administrativo son el compromiso de la alta gerencia, las 5s y el involucramiento de los operarios en aspectos administrativos de TPM. Se recomienda continuar con el análisis de la información integrando los ítems que se autocorrelacionan en uno solo. También se recomienda hacer uso de las comparaciones apareadas de los valores de los parámetros para identificar a aquellos que son iguales, y mejorar así los grados de libertad con los que se hacen las inferencias. Finalmente, se pide aplicar la misma encuesta a los trabajadores responsables de realizar el mantenimiento en las máquinas y operadores.

Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera y Crespo (2013) presentan un modelo de gestión del mantenimiento que está formado por siete etapas, que se desarrollarán con el objetivo de mejorar continuamente en el tiempo. Seguidamente se describen la metodología que utilizaron y se presentan las conclusiones a las que llegaron.

Metodología. Para realizar el análisis de la situación actual es necesario primeramente hacer una evaluación de la situación mediante un ERP. También conviene elaborar una matriz de criticidad con parámetros de frecuencia y consecuencia. Igualmente se pide utilizar la metodología RCM que identifica las funciones de un sistema y la forma en que esas funciones pueden fallar. Así se establecen a priori tareas de mantenimiento preventivo aplicables y efectivas. Al realizar un análisis de costo de ciclo de vida se determina el costo de un activo durante su vida útil, mediante la curva de costos globales.

Conclusiones. Se llega a la conclusión de que las necesidades de mantenimiento son muy importantes en los últimos años, lo cual se debe operar formal y responsablemente. La propuesta de las herramientas en las diferentes etapas de desarrollo del modelo de gestión entrega soporte para la toma de decisiones lógicas y la optimización real contemplando las restricciones a la eficiencia y eficacia de la gestión del mantenimiento.

Suárez, Medina y Hernández (2015) mencionan la necesidad de mejorar el funcionamiento del mantenimiento y la reparación de los equipos en la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), en donde la gestión del mantenimiento es poco eficiente, principalmente porque el manejo de la información es de forma manual y carece de personal capacitado para realizar las tareas de importancia. A continuación la metodología aplicada y sus conclusiones.

Metodología. Utilizaron la metodología Rational Unified Process (RUP) para la ingeniería de software, que define metas, objetivos, actividades y documentación. Utilizaron también herramientas informáticas para el diseño del sistema de gestión del mantenimiento, como lenguaje unificado de modelado (UML), que sirve como enlace entre quien tiene la idea y el desarrollador. La herramienta *Case Visual Paradigm For UML* para minimizar el tiempo de diagramación visual; Java como lenguaje de programación más usado y como gestor de reportes se utilizó iReport para generar reportes de forma visual.

Conclusiones. Se definieron y valoraron cada una de las actividades que podían ser informatizadas para los módulos Administración y Solicitud de Servicio. Estos fueron integrados en una aplicación web de mucha importancia para mejorar la eficiencia de la gestión del mantenimiento.

Herrera y Duany (2016) trabajan en la implementación de una metodología para la gestión del mantenimiento por medio del desarrollo de un programa de computadora.

Metodología. El trabajo se basa en el método de Kant, que explica que cualquier modelo está compuesto por tres elementos: personas (productores), artefactos (máquinas) y entorno (fábrica). La metodología se divide en cuatro fases: Fase inicial, fase de formación, fase de desarrollo y fase de optimización. En la fase de desarrollo se debe seleccionar un programa o herramienta (software). Se implementan flujos de trabajo mediante un sistema de reporte de averías. Se elabora un diagrama de Ishikawa para analizar los factores que influyen en la inadecuada gestión de mantenimiento. Se realiza la organización del departamento, indicadores de equipamiento, de gestión y productividad e indicadora de costos. Etiquetas de identificación con un sistema de codificación basado en la ubicación del equipamiento, lo que facilita el control del trabajo realizado, rastrear o reconstruir la historia de un equipo, procesar la información recibida y sobre todo demostrar ante cualquier auditoría el cumplimiento de las buenas prácticas de fabricación.

Conclusiones. Se reconoce la importancia de implementar un sistema de gestión del mantenimiento para llevar control de las actividades, con el máximo compromiso de la administración y con los mismos trabajadores, con el fin de lograr un proceso eficiente preparado para enfrentar cualquier proceso regulatorio.

Ardila J, Ardila M y Rodríguez (2016) identifican los problemas, las metodologías aplicadas y los resultados obtenidos de su análisis.

Metodologías. Uso de encuestas y diferentes técnicas de recopilación de datos, uso de técnicas estadísticas para el tratamiento de los datos obtenidos, e incluso la simulación en casos de desarrollo o utilización de algoritmos y modelos numéricos. Reingeniería de negocios (Business Process Reengineering - BPR) y Justo a Tiempo (Just on Time - JIT), Valuación de Probabilística de Riesgo (Probabilistic Risk Assessment - PRA) al RCM, Inspección Basada en Riesgo (Risk-Based Inspection -RBI), modelo integrado con Gráficos de Control (Control Chart - CC). Para medir el desempeño de una organización integran la herramienta Factores Críticos de Éxito (Critical Success Factors - CSF). Estudios de Riesgos y Operabilidad (Hazard and Operability Study- HAZOP), Análisis de Modos y Efectos de Falla (Failure Mode and Effect Analysis - FMEA) y Análisis de Árbol de Fallas (Fault Tree Analysis - FTA) para analizar y evaluar todo tipo de fallo en forma cuantitativa, funciones de distribución de probabilidad: Monte Carlo, algoritmo genético y Weibull, que se emplearon para optimizar las tareas de mantenimiento. Ishikawa (Diagramas de Causa Efecto), mejoramiento continuo (Kaizen), normas ISO 9000, ISO 14000, ISO 18000, ISO 2015. Análisis de Árbol de Eventos (Event Tree Analysis - ETA), FTA, Análisis de Confiabilidad Humana (Human Reliability Analysis - HRA), Análisis de Causas Comunes de Fallas (Common-Cause-Failure Analysis - CCF), Seis Sigma (Six Sigma - 68), Sistema de Planificación de Recursos Empresariales (Enterprise Resource Planning - ERP).

Conclusiones. Se determina que para incrementar la eficiencia y eficacia, aprovechando los modelos gerenciales de mantenimiento, las actuales gerencias deben conocerlas y promover el contacto y la interdisciplinariedad de facultades de ciencias de la organización y facultades de ingenierías. El principal problema es delegar la responsabilidad de la función del mantenimiento en ingenieros técnicos, cuando en sus perfiles se excluye el conocimiento administrativo que les permitiría aprovechar mejor todas esas herramientas.

Portal y Salazar (2016) tuvieron como objetivo en su tesis proponer la implementación del TPM para aumentar la disponibilidad operativa de los equipos de la empresa en donde se realizó el trabajo.

Metodologías. La metodología empleada en esta tesis fueron técnicas de recolección de datos, observación directa y análisis de datos. Dentro de las herramientas utilizadas están: diagramas de flujo OT, aplicación de indicadores de disponibilidad, diagrama de Pareto, Ishikawa, elaboración

de OT, planes de capacitación y mantenimiento, y una pro forma de costos proyectados para la implementación de la propuesta.

Conclusiones. La conclusión sobre el diagnóstico es que la empresa no cumplía con el plan de mantenimiento programado, lo que afectaba la disponibilidad operativa de los equipos. Con la implementación de la propuesta se incrementa la disponibilidad y se mantiene igual o a más de 85%.

Espinoza (2018), en su investigación procura ofrecer una alternativa que solucione problemas de disponibilidad de los equipos de maquinaria de la empresa mediante un plan estratégico de mantenimiento preventivo.

Metodologías. Es una investigación no experimental. Los métodos que se utilizaron en la la investigación fueron la observación, el análisis documental y la entrevista. Las herramientas empleadas en esta investigación fueron el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto, los diagramas de flujo, las pro forma de costos de recursos y la implementación del plan de mantenimiento y elaboración de OT.

Conclusiones. La conclusión es que con la implantación del plan de mantenimiento propuesto se logra incrementar la disponibilidad de los diferentes equipos de 89,66% a 92%, y se ha incrementado a la vez el índice de productividad.

Ayala (2018) tiene como propósito principal en su tesis el mejoramiento de la eficiencia en el proceso de instalación y mantenimiento de aires acondicionados.

Metodologías. La metodología es de tipo descriptivo. Se realiza un estudio de trabajo dividido en etapas, en el que se identifican las demoras y se evalúa la productividad en el proceso. Como herramientas se elaboraron diagramas de proceso y métodos de trabajo para determinar el tiempo estándar utilizando métodos estadísticos.

Conclusiones. En conclusión, se obtuvo una mejora de la eficiencia y se disminuyeron costos y tiempo del proceso. Con el método mejorado se obtuvo una diferencia económica bastante relevante que beneficia a la empresa en cuanto a sus utilidades.

Guerrero y Mora (2019). En este caso se deseaba modificar el enfoque del mantenimiento de aires acondicionados preventivo-correctivo; esto mediante una propuesta proactiva que contemple al departamento de mantenimiento como un componente esencial.

Metodologías. Se utilizan el método de la observación y la encuesta como método cuantitativo para muestras estadísticas.

Conclusiones. No se cuenta con personal suficiente ni con espacios para operar eficazmente. En el estudio realizado se nota que únicamente se aplican mantenimientos correctivos y preventivos, por lo que se propone implementar un plan de mantenimiento proactivo en el que se involucren y relacionen el consejo directivo, jefes de departamento y el personal en general.

Rincón (2019) presenta su tesis con el objetivo de mejorar las tareas de mantenimiento y mejorar los tiempos y el servicio que ofrece.

Metodologías. Realizan estudios sobre la información del estado actual de todos los equipos y diseñan un formato para diagnosticar su estado actual. Se utiliza el método de observación. Crean fichas técnicas para guardar datos importantes de cada equipo. Se diseña otro formato para revisiones y chequeos periódicos. Se elabora un plan de procedimientos (cronograma) de las actividades o frecuencias con que se deben realizar en los equipos.

Conclusiones. Se les debe aplicar mantenimiento preventivo y correctivo a los diferentes equipos. También se evidenciaron equipos fuera de servicio, por lo que urge la gestión para compra de repuestos. Es recomendable utilizar un software de mantenimiento que ayude en la administración de los mantenimientos.

### **Proyecciones**

Como resultado de la presente investigación se obtendrá el sistema de gestión del mantenimiento que se instalará en el departamento de electromecánica del Complejo ICE en San Pedro con el propósito de mejorar el proceso actual, que actualmente es poco funcional.

Como resultado del presente estudio se espera poder tener una base de datos bien gestionada, aprovechada y analizada mediante herramientas que contribuyan a detectar las fallas recurrentes y las posibles causas de deterioro de los aires acondicionados considerados en este estudio. También se espera contar con inventarios de repuestos e inspecciones periódicas de los equipos. Dicha base de datos se podrá generar mediante aplicaciones móviles y equipos portátiles que permitan el almacenamiento de información en tiempo real.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se explican los conceptos teóricos en los que se sustenta el desarrollo de la investigación y, a la vez, se plantean las bases de cómo se establecerá el diseño del sistema de gestión de mantenimiento. Es por esto que se presentan los principales aspectos que contribuyan a la comprensión del tema en investigación.

Para empezar a desarrollar este capítulo es importante detallar desde el concepto más básico hasta los conceptos más relevantes. Se parte de los conceptos de sistema y proceso, mapa de proceso, diagramas de Pareto, causa y efecto y diagrama de Gantt, seguidos de los tipos de mantenimiento, indicadores de gestión, procesamiento electrónico de datos y gestión de equipos.

### **Sistema y proceso**

De acuerdo con Tavares (2000), las palabras sistema y proceso se explican así:

En el aspecto de organización de empresas, se puede definir un sistema como un conjunto de procesos que interactúan y se relacionan para alcanzar objetivos definidos. A su vez, los procesos son formados por un conjunto de tareas ejecutadas de forma ordenada. (p. 11).

### **Mapa de proceso**

El autor Bravo (2011) analiza el concepto de mapa de procesos como sigue:

El mapa de procesos provee una visión de conjunto, holística o “de helicóptero” de todos los procesos de la organización. El mapa de procesos debe estar siempre actualizado y pegado en las paredes de cada gerencia, para comprender rápidamente el hacer de la organización.

Se trata de un mapa con un tamaño promedio de unos dos metros cuadrados en donde está todo el hacer a nivel de los tipos de procesos y de sus divisiones principales: etapas y versiones. (p. 71).

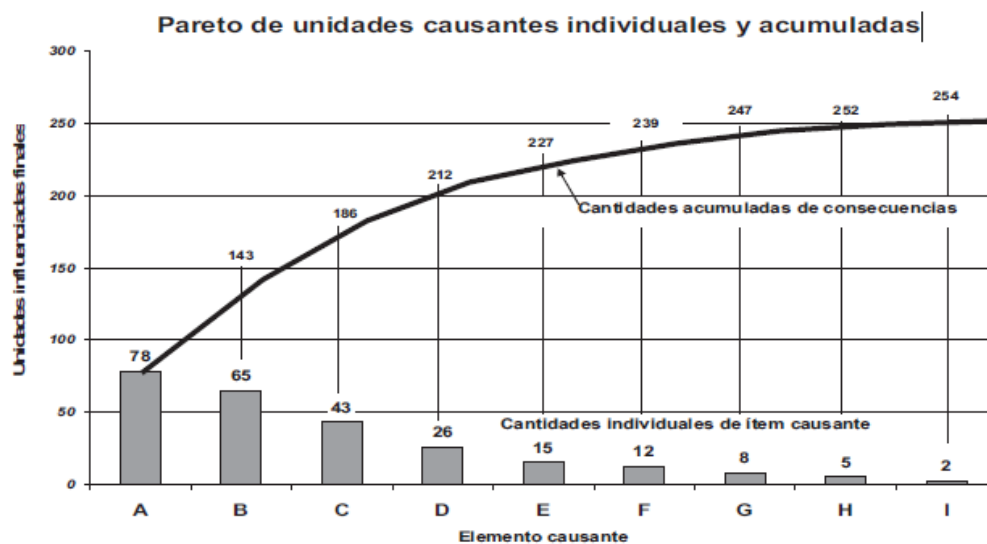
### **Análisis y diagramas de Pareto**

El autor Mora (2009) define el diagrama de Pareto como una metodología, al afirmar lo siguiente:

Es una metodología que permite ver el grado de influencia de unos pocos elementos en el total de los resultados obtenidos. Es notoria su bondad en el sentido de que puede registrar la influencia de unos cuantos elementos en un gran porcentaje del fenómeno final. Permite descartar la influencia de muchos elementos triviales en la consecuencia de una actividad o falla. (p. 311).

**Figura 2 Gráfico y diagrama de Pareto**

Pareto		Fenómeno final evaluado			
Ítem	Elementos causantes	Consecuencias individuales	Consecuencias acumuladas	Porcentaje individual	Porcentaje acumulado
A	Elemento 1	78	78	30,71	30,71
B	Elemento 2	65	143	25,59	56,30
C	Elemento 3	43	186	16,93	73,23
D	.....	26	212	10,24	83,46
E	Elemento n	15	227	5,91	89,37
F	Elemento n+1	12	239	4,72	94,09
G	Elemento n+2	8	247	3,15	97,24
H	Elemento n+....	5	252	1,97	99,21
I	Elemento final	2	254	0,79	100,00
	Gran total	254		100,00	



**Nota: Mantenimiento. planeación, ejecución y control**

En la Figura 2 se representan las causas y consecuencias con cada ítem, respectivamente, y posteriormente el gráfico con el elemento causante de falla y con las consecuencias acumuladas, lo que permite identificar y abordar el problema de inmediato.

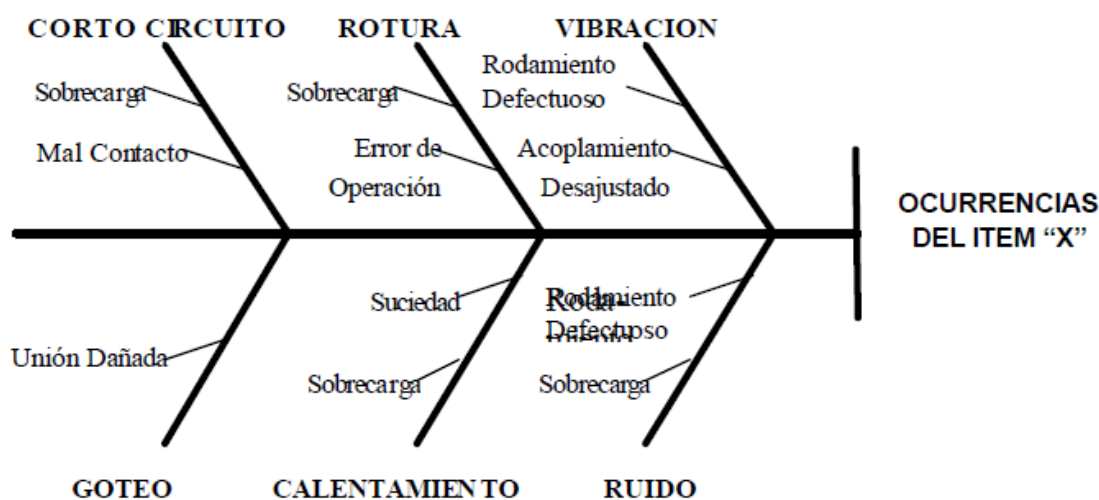
### Diagramas causa-efecto

El mismo autor plantea la definición de diagrama causa-efecto de la siguiente manera:

Los instrumentos avanzados de mantenimiento pueden contar con una herramienta vital en los procesos de causas de fallas o productos o servicios defectuosos, o ambos, la cual es el diagrama causa-efecto desarrollado en Japón por Kaoru Ishikawa, en 1953 (Ishikawa, 1985). El método también se aplica a cualquier análisis de los cuatro niveles de mantenimiento. (p. 312).

En la Figura 3 Diagrama de Causa y Efecto se puede observar un ejemplo que representa el diagrama de Ishikawa, con las principales causas del efecto o problema.

**Figura 3 Diagrama de causa y efecto**



**Nota: Administración moderna de mantenimiento**

### Diagrama de Gantt

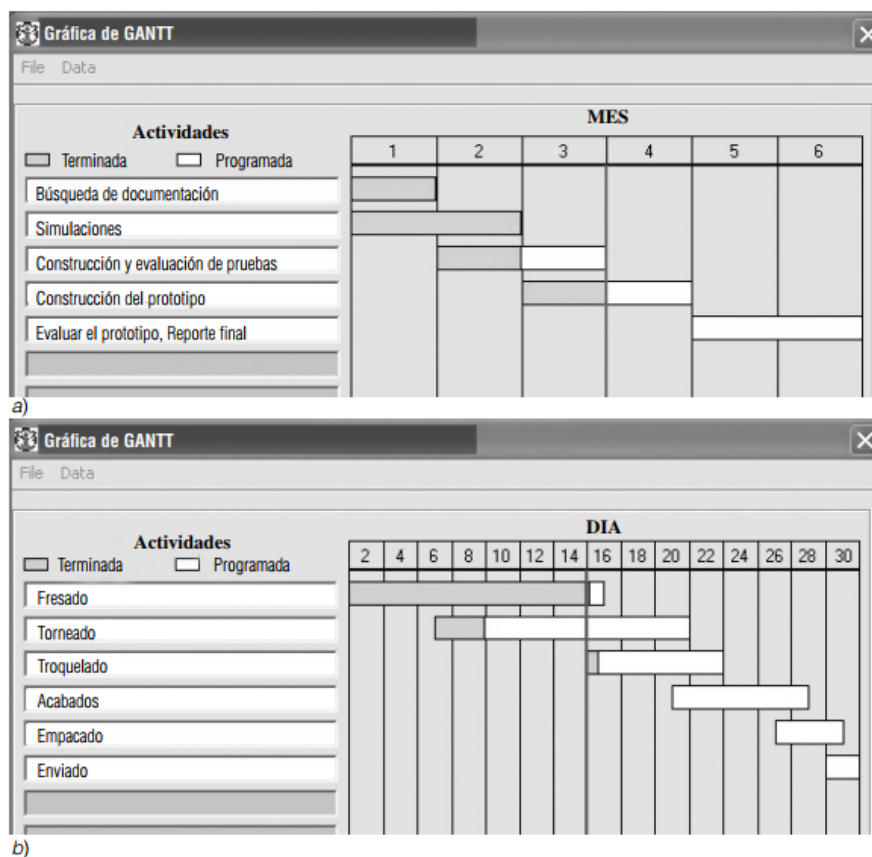
Niebel & Freivalds (2009) definen de esta manera el diagrama de Gantt:

El diagrama de Gantt muestra anticipadamente, de una manera simple, las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto, en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal. Los tiempos reales de terminación se muestran mediante el sombreado de barras adecuadamente. Si se dibuja una línea vertical en una fecha determinada usted podrá determinar qué componentes del proyecto están retrasados o adelantados.

El mismo autor agrega que “el diagrama de Gantt se puede utilizar también para organizar la secuencia de las actividades de las máquinas en la planta. El diagrama basado en la máquina puede incluir actividades de reparación y mantenimiento marcando el periodo en el que estas se llevarán a cabo” (pp. 19-20)

En la Figura 4 Diagrama de Gantt se muestran dos gráficos Gantt (a y b), el primero basado en proyectos y el segundo basado en procesos o maquinaria:

**Figura 4 Diagrama de Gantt**



**Nota: Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo**

### **Aire acondicionado**

Miranda & Doménech (2012) explican el concepto de aire acondicionado en relación con el confort y también para uso industrial:

La refrigeración relacionada con el aire acondicionado suele dividirse en industrial y de confort. La refrigeración relacionada con el confort incluye la fabricación de

equipos para la producción de frío en aire acondicionado: climatizadores, bombas de calor, acondicionadores de ventana, autónomos, enfriadoras de agua, fan-coils [sic], unidades terminales, etc. La refrigeración relacionada con el aire acondicionado industrial se aplica al acondicionamiento de espacios no estrictamente domésticos [sic], como podrían ser grandes almacenes, oficinas, laboratorios, naves industriales [sic], etc. (p. 37).

### **Mantenimiento**

García (2012) define el mantenimiento de la siguiente manera:

Mantenimiento son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden [sic] lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica los equipos de producción, herramientas y demás activos [sic] físicos, de las diferentes instalaciones de una empresa. (p. 23).

El autor Mora (2009) señala que “la principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo” (p. 3).

### **Sistema de gestión del mantenimiento**

Un sistema de Gestión de Mantenimiento busca garantizarle a los clientes internos [sic] o externos, que el parque industrial esté disponible, cuando lo requieran con disponibilidad, confiabilidad y seguridad total, durante el tiempo necesario [sic] para operar, con los requisitos técnicos y tecnológicos exigidos, para producir [sic] bienes o servicios que satisfagan las condiciones, deseos o requerimientos de los clientes, en cuanto a la calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento [sic] oportuno, al menor costo posible y con los mejores índices de productividad [sic], rentabilidad y competitividad. (García, 2012, p. 51).

El mismo autor a continuación define los tipos de mantenimiento más sobresalientes por su utilización y que se han establecido como sistemas básicos para hacer mantenimiento:

### **Mantenimiento correctivo (CM)**

A continuación se plantea el concepto de mantenimiento correctivo:

El mantenimiento correctivo son todas las actividades para corregir las causas de las fallas, ejecutadas en los equipos, máquinas, instalaciones o edificios, cuando a consecuencia de una falla han dejado de prestar la calidad del ser-vicio [sic] para la cual fueron diseñados. Por tanto, las labores que deben llevarse a cabo tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad del servicio.

La actividad principal que desarrolla el mantenimiento correctivo es la repara-ción [sic] no planificada que resulta debido a la falla imprevista; antes que se realice la reparación propiamente dicha es necesario examinar el tipo y la causa del daño; esto es lo que suele llamarse comprobación del daño y mediante esta constatación se permite ver concretamente cuáles son las operaciones que hay que efectuar. Este tipo de mantenimiento se aplica solo cuando el sistema no puede seguir en operación. No existe un proceso de planeación convenien-te [sic] para este sistema, y solo se justifica cuando el análisis técnico-económico muestra que el costo de otro tipo de mantenimiento es mayor, y la falla no genera efectos secundarios en la seguridad funcional de sistema. Actualmente se conoce este sistema como RTF (Run To Failure) u operar hasta la falla.

### **Mantenimiento preventivo (PM)**

Otro de los sistemas básicos de mantenimiento es precisamente el mantenimiento preventivo:

Son múltiples las definiciones que se encuentran para el mantenimiento preventivo, pero todas ellas coinciden en la intervención del sistema, o equipo, antes [sic] de presentarse la falla. Una definición de mantenimiento preventivo puede ser: “El conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos”

El mantenimiento preventivo surge de la necesidad de reducir el monto del mantenimiento correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir las reparaciones [sic] por medio de una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados. Su meta es reducir las averías a niveles mínimos y convertir las fallas que se presentan en experiencias de aprendizaje para mejorar. [sic].

### **Mantenimiento predictivo (CBM)**

Uno de los mantenimientos más importantes dentro del sistema básico de mantenimiento es el preventivo:

El sistema de mantenimiento predictivo se define como “el conjunto de actividades [sic], programadas para detectar las fallas de los activos físicos, por revelación [sic]. antes de que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas” (pp. 53-65).

### **Mantenimiento productivo total TPM**

La metodología del TPM es definida por Tavares (2000):

TPM es la sigla de "Total Productive Maintenance" (mantenimiento productivo total) y es una técnica desarrollada en el Japón en la década de 1970, como una necesidad de mejorar la calidad de sus productos y servicios. Tiene como concepto básico "la reformulación y la mejora de la estructura empresarial a partir de la reestructuración y mejora de las personas y de los equipos", con el compromiso de todos los niveles jerárquicos y el cambio de la postura organizacional. (p. 99).

El autor García (2012) cita al autor Carranza (1982) para mencionar las metas que incluye el TPM. Estas son cinco metas y son las siguientes:

- Mejora de la eficacia de los equipos.
- Mantenimiento autónomo por operadores.
- Planeación y programación óptima de un sistema proactivo.
- Mejoramiento de la habilidad operativa del personal.
- Gestión temprana de equipos para evitar problemas futuros.

La estructura moderna del TPM planteada en [www.tpmonline.com](http://www.tpmonline.com) por Enrique Mora se basa en el desarrollo de siete pilares, que son fundamentales dentro de la nueva filosofía para la optimización de la productividad de la empresa con acciones puramente prácticas:

- Principios de la administración japonesa: 5 eses.
- Educación, capacitación y entrenamiento.

- Mantenimiento autónomo por operadores.
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
- Proyectos de mantenimiento de calidad y mejora de la OEE.
- Mantenimiento planeado proactivo.
- Mantenimiento preventivo y predictivo. (p. 101).

En la siguiente Figura 5 Estructura Moderna del TPM se muestra cómo es la estructura moderna del TPM, en la que se aplican los diferentes tipos de mantenimiento y las diferentes metodologías:

**Figura 5 Estructura moderna del TPM**



**Nota: Gestión moderna del mantenimiento industrial. Principios fundamentales**

### **Detección de fallas**

La detección de fallas es un acto o inspección que se lleva a cabo para evaluar el nivel de presencia inicial de fallas. Un ejemplo de detección de fallas es el de la verificación de la llanta de refacción de un au- tomóvil [sic] antes de emprender un viaje largo. (Duffuaa *et al* 2000, p. 33)

### **Indicadores de gestión**

El término “indicador” en el lenguaje corriente, según el autor anterior, se refiere a información de tipo cualitativo, o cuantitativo (en su mayoría), que permiten determinar cómo se encuentran los sistemas, o las personas, en relación con algún aspecto de la realidad que se desea conocer.

Los indicadores pueden ser números, medidas, opiniones, hechos o percepciones, que establecen condiciones o situaciones específicas.

Los indicadores de gestión del mantenimiento son indicadores técnicos de control que están relacionados con la calidad de la gestión o con la productividad del departamento, que permiten ver el comportamiento y el rendimiento operacional de las instalaciones, sistemas y equipos, y que, además, miden la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento.

Los indicadores de gestión de categoría mundial más utilizados en el mantenimiento industrial son:

- Confiabilidad, R (t)
- Disponibilidad, A (t)
- Mantenibilidad, M (t)
- Efectividad global del equipo (OEE)
- Utilización (U)
- Back Log (B)
- Tiempo promedio entre fallas (MTBF)
- Tiempo promedio operativo (MTTF)
- Tiempo promedio para reparar (MTTR) (pp. 129-130).

### **Metodología de las 5-S**

La metodología de las 5-S es de gran ayuda en la gestión del mantenimiento para las tareas autónomas.

El autor Sacristán (2005) define la metodología japonesa de esta manera:

Es un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden / limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que por su sencillez permite la participación de todos a nivel individual / grupal, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad de personas y los equipos y la productividad.

Las 5-S son cinco principios japoneses cuyos nombres comienzan por S y que van todos en la dirección de conseguir una fábrica limpia y ordenada. (p. 17)

Los nombres japoneses de la metodología 5-S son definidos por los autores Hernández & Vizán (2013) como se indica a continuación:

### **Eliminar (Seiri)**

**La primera de las 5-S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza.** La pregunta clave es: “¿es esto útil o inútil?”. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros, como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc. En la práctica, el procedimiento es muy simple ya que consiste en usar unas tarjetas rojas para identificar elementos susceptibles de ser prescindibles y se decide si hay que considerarlos como un desecho.

### **Ordenar (Seiton)**

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial. La actitud que más se opone a lo que representa Seiton, es la de “ya lo ordenaré mañana”, que acostumbra a convertirse en “dejar cualquier cosa en cualquier sitio”. La implantación del Seiton comporta:

- Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- Disponer de un lugar adecuado y evitar duplicidades. Cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa.

### **Limpieza e inspección (Seiso)**

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir, anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación comporta:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- Conservar los elementos en condiciones óptimas, lo que supone reponer los elementos que faltan (tapas de máquinas, técnicas, documentos, etc.), adecuarlos para su uso más eficiente

(empalmes rápidos, reubicaciones, etc.), y recuperar aquellos que no funcionan (relojes, utillajes, etc.) o que están reparados “provisionalmente”. Se trata de dejar las cosas como “el primer día”.

Debe insistirse en el hecho de que, si durante el proceso de limpieza se detecta algún desorden, deben identificarse las causas principales para establecer las acciones correctoras que se estimen oportunas.

### **Estandarizar (Seiketsu)**

La fase de Seiketsu permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras eses, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y fácil para trabajar para todos, ya sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo. El principal enemigo del Seiketsu es una conducta errática, cuando se hace “hoy sí y mañana no”, lo más probable es que los días de incumplimiento se multipliquen.

Para implantar una limpieza estandarizada el procediendo puede basarse en tres pasos:

- Asignar responsabilidades sobre las 3S primeras. Los operarios deben saber qué hacer, cuándo, dónde y cómo hacerlo.
- Integrar las actividades de las 5S dentro de los trabajos regulares.
- Chequear el nivel de mantenimiento de los tres pilares. Una vez que se han aplicado las 3S y se han definido las responsabilidades y las tareas por realizar hay que evaluar la eficiencia y el rigor con que se aplican.

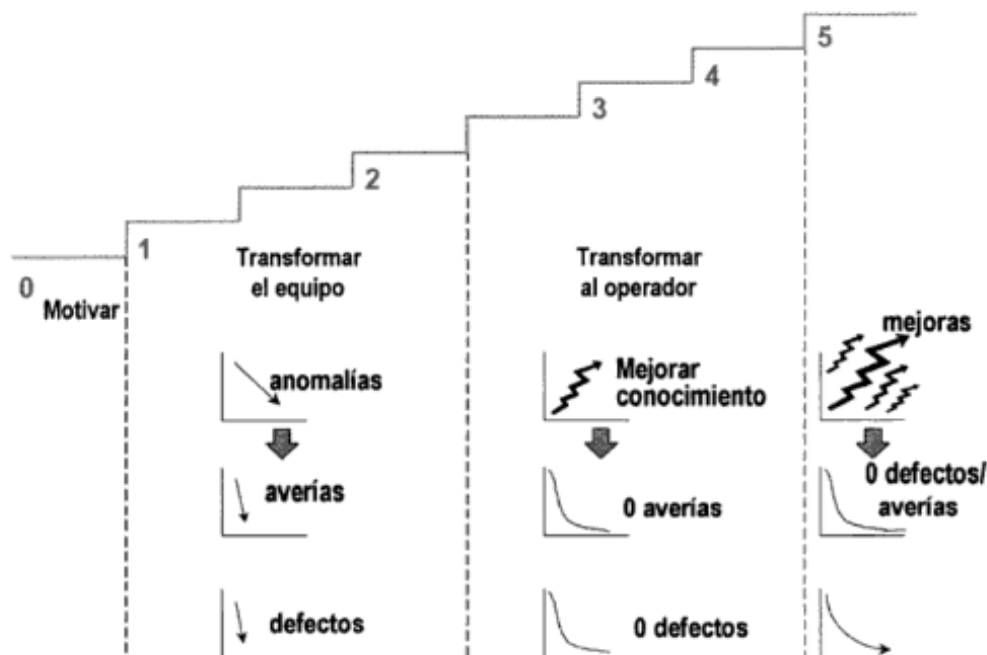
### **Disciplina (Shitsuke)**

Shitsuke se puede traducir por disciplina y su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados, y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligada al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5-S. Este objetivo la convierte en la fase más fácil y más difícil a la vez. La más fácil porque consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas. La más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5 S a lo largo del proyecto de implantación. El líder de la implantación Lean establecerá diversos sistemas o mecanismos que permitan el control visual, como por ejemplo flechas de dirección, rótulos de ubicación, luces y

alarmas para detectar fallos, tapas transparentes en las máquinas para ver su interior, utillajes de colores según el producto o la máquina, etc. (p. 38-41)

En la Figura 6 Efectos de las 5S se muestran las ventajas de poner en práctica la metodología y cómo podría ser aplicada en un sistema de mantenimiento. (Sacristán, 2005, p. 24).

**Figura 6 Efectos de las 5 S**



**Nota: Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo**

### **Obtención y manejo de los datos**

Para la recolección de datos el autor Mora (2009) explica lo siguiente:

Desde el nivel básico de mantenimiento, el instrumental, es necesaria la recolección exhaustiva de datos, como tiempos de fallas y reparaciones, unidades de horas útiles sin fallas, medidas de tiempo de retrasos y demoras en la realización de los mantenimientos y adquisición de suministros. Así mismo, registros de unidades en inventarios, como consumos y entradas, historia de repuestos y reparaciones realizadas, costos de las ordenes de trabajo realizadas, modificaciones a equipos, y demás información pertinente que proporcione las bases para avanzar a los niveles superiores de mantenimiento. (p. 310).

## Procesamiento electrónico de datos

El autor García (2012) define a continuación el procesamiento electrónico de datos:

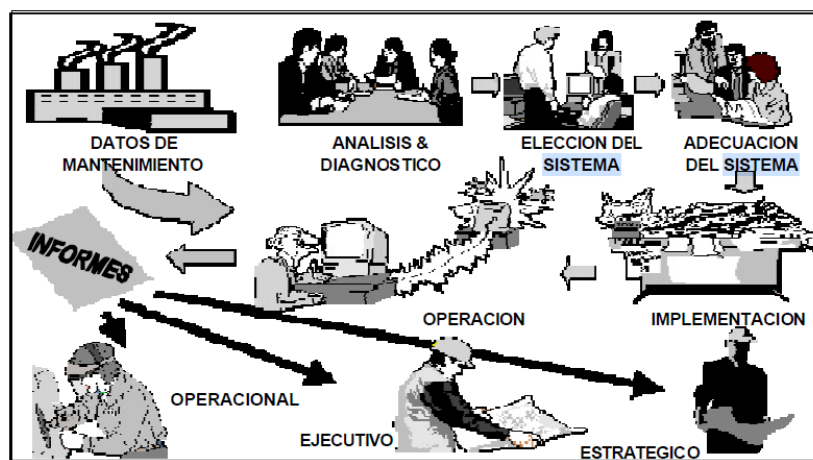
El procesamiento electrónico de datos, o PED, es la denominación que recibe el empleo de los computadores en el manejo de la información. El PED consiste en un sistema integral de exploración de datos capaz de efectuar operaciones matemáticas, estadísticas y lógicas, bajo control de un programa de software.

Entre las ventajas principales de emplear un sistema de información en el mantenimiento se podrían citar las siguientes:

- Control sobre la planeación y ejecución del mantenimiento
- Control sobre los costos directos del mantenimiento
- Facilidad para la consulta de registros históricos
- Facilidad para la obtención de tendencias e indicadores de gestión. (pp. 141-142).

La Figura 7 Representación de un sistema de información aplicado al mantenimiento , muestra la representación gráfica del proceso de un sistema de información.

**Figura 7 Representación de un sistema de información aplicado al mantenimiento**



**Nota: Administración moderna de mantenimiento**

### Informe historial de los equipos

Es muy importante para el desarrollo de la investigación contar con la información del historial de los equipos que se involucran en el sistema de mantenimiento, por lo que Tavares (2000) indica lo siguiente en relación con lo anterior:

Su aplicación es válida cuando el usuario ya tiene idea de lo que desea consultar y necesita informaciones rápidas y objetivas, siendo esta la razón para que sea recomendable su empleo en sistemas que trabajan en tiempo real. Sin embargo, de la misma manera en los sistemas manual o automatizado procesados bajo forma de "batch", representa una eficaz herramienta decisiva en el proceso de gestión, y en el auxilio a las tareas de rutina de los ejecutantes del mantenimiento en todos los niveles.

Como recomendación para el montaje de este tipo de informe, el sistema debe iniciar exhibiendo al usuario, el conjunto de tablas y campos de archivos posibles de ser relacionados en un proceso de filtrado por el usuario.

Una vez realizada la selección de las tablas y campos que serán utilizados en los "filtros", el sistema deberá exhibir, para cada una, sus contenidos, posibilitando de esta manera la segunda selección. (p. 62).

La Figura 8 Preselección del historial muestra un ejemplo de cómo elaborar un historial de equipos con sus respectivos items.

**Figura 8 Preselección del historial**

HISTORIAL DE ITEMS			
DESCRIPCION DEL ITEM	IDENTIFICACION	Nº OT	FECHA EMISION
BOMBA DE AGUA DE SERVICIO 1	1333	N00022/95	11/01/95
BOMBA DE AGUA DE SERVICIO 1	1333	N00117/96	17/01/96
BOMBA DE DRENAJE 1	2856	N00125/95	18/01/95
BOMBA DE DRENAJE 1	2856	N02116/95	13/07/95
BOMBA DE DRENAJE 1	2856	N04859/96	22/10/96
BOMBA DE INCENDIO 2	3910	N00019/95	11/01/95
BOMBA DE INCENDIO 2	3910	N05128/95	09/11/95
BOMBA DE INCENDIO 2	3910	N04331/96	02/10/96
OCURRENCIAS			
<b>Efecto:</b>	SOBRECALENTAMIENTO	<b>Actividad:</b>	REPARACION DE DEFECTO
<b>Causa:</b>	SOBRE ESFUERZO	<b>Solicitante:</b>	OPERACION
<b>Acción:</b>	REEMPLAZADO/CAMBIADO	<b>Sector Resp.</b>	TALLER ELECTRICO
<b>Complemento:</b>	MOTOR	<b>hombres-hora:</b>	22.0
<b>Posición:</b>	UNICO	<b>Fecha Ejecución:</b>	15/01/95

**Nota: Administración moderna de mantenimiento**

### Gestión de equipos

Integra Markets Escuela de Gestión Empresarial (2018) se refiere a la gestión de equipos de la siguiente manera:

Los equipos pueden ordenarse según su ubicación (locación física), según el área operativa a la que pertenecen, según su membresía a determinado sistema o sub proceso, según su utilización, según su importancia, según su costo, entre otros. Una empresa puede contar con una o varias plantas productivas, cada una de las cuales puede contar con diversas zonas o áreas funcionales. Así mismo cada área puede tener un responsable de la infraestructura y elementos que se ubican en el lugar, por cuanto cada responsable de área o de departamento sería el encargado de llevar la actualización del inventario de sus equipos.

Los equipos se pueden IDENTIFICAR mediante un formulario estandarizado, que contenga información de estos. Cuando más detallado sea permitirá contar con más información para tomar decisiones. Es recomendable completar una HOJA DE REGISTRO para cada equipo. A continuación los principales campos de registro que debería tenerse para cada equipo:

- Nombre y código del equipo.
- Datos generales y especificaciones técnicas.
- Descripción de su uso o función dentro del proceso.
- Instructivo de funcionamiento.
- Parámetros y valores referenciales, en los cuales su funcionamiento es correcto.
- Análisis de criticidad del equipo.
- Modelo de mantenimiento recomendado.
- Lista de repuestos críticos y repuestos no críticos.
- Lista de consumibles.

El mismo autor agrega que “adicionalmente se recomienda llevar una base de datos con el registro del historial de mantenimiento de los principales equipos (más críticos)”(p. 8-9).

## CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se explica la metodología por utilizar en la presente investigación, en aspectos como el enfoque, el alcance, las variables y los instrumentos con los que se recolectará la información, e igualmente la metodología de análisis y el cronograma de cada una de las actividades que generará el proyecto.

### Enfoque

En este apartado se puntualizarán los diferentes tipos de enfoque con el fin de conocerlos y elegir uno que se ajuste al tipo de investigación de este proyecto.

#### Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no se deben “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego se puede redefinir alguna fase. Por ejemplo, de parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extraen una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. (Hernández *et al* 2014, p. 4).

#### Enfoque cualitativo:

El enfoque cualitativo se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio. (Hernández *et al* 2014, p. 7).

## **Enfoque mixto**

Los autores Hernández *et al* (2014) definen enfoque mixto así:

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. (p. 534).

De acuerdo con los conceptos mencionados anteriormente se establece que el enfoque cuantitativo es el requerido para esta investigación, ya que se recolectarán datos numéricos del actual sistema de gestión, como costos, total de incidencias, indicadores, estimación de tiempos, cronogramas, entre otros.

## **Alcance**

En el análisis anterior se determinó que se empleará el enfoque cuantitativo, por lo que es necesario conocer también los diferentes alcances de dicho enfoque y definir cuál o cuáles se utilizarán en el desarrollo de este proyecto de investigación

## **Exploratorios**

“Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 91).

## **Descriptivo**

“Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernández *et al* 2014, p. 92).

## **Correlacional**

“Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” (Hernández *et al* 2014, p. 93).

## **Explicativo**

“Pretende establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian” (Hernández *et al* 2014, p. 95).

Según las definiciones anteriores, el alcance de una investigación de enfoque cuantitativo, como esta, debe ser uno explicativo, ya que, en este caso, se debe analizar la situación actual del departamento de electromecánica del Complejo ICE San Pedro, obtener un diagnóstico y estudiar las causas de los problemas que se presentan.

### **Diseño**

El tipo de diseño de la investigación cuantitativa es determinado según el problema y los alcances. Seguidamente se definen los tipos de diseños de investigación.

#### **Diseños experimentales**

Hernández *et al* (2014) define experimento como:

Situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos).

El mismo autor menciona que los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador intenta establecer el posible resultado de una situación que manipula. (p. 130).

#### **Diseños no experimentales**

Son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos.

Los diseños no experimentales se pueden clasificar en:

- Transeccionales (transversal): Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.
- Longitudinales (evolutiva): Recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. (Hernández *et al* 2014, pp. 152-159).

En relación con las definiciones que se mencionaron con respecto al tipo de diseño, se puede decir que un diseño experimental no se ajusta a esta investigación, ya que en el alcance para el diseño de gestión del mantenimiento no se manipularán datos para evaluar resultados a partir de

la manipulación de estos. Por consiguiente, el tipo de diseño es no experimental, transeccional o transversal, ya que la investigación se llevará a cabo en un corto tiempo.

### Muestra

En esta investigación se identificarán las principales fallas o las más recurrentes que se presentan en los equipos de aire acondicionado, mediante un muestreo probabilístico (muestra aleatoria simple). En total son 203 equipos, de los cuales se obtendrá un tamaño de muestra que dependerá de la aplicación de la siguiente fórmula para población finita:

$$n = \frac{Z^2 \frac{\alpha}{2} * N * \sigma^2}{Z^2 \frac{\alpha}{2} * \sigma^2 + NE^2}$$

Los datos por utilizar serán recopilados de las boletas físicas que actualmente tiene el departamento documentadas en ampos.

Hernández *et al* (2014) indica que para el proceso cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población.

### Variables

A continuación, en la Tabla 1 Variables de la Investigación se indica el concepto de variable, cómo se mide y los instrumentos con los cuales se recopilarán los datos para su análisis.

**Tabla 1 Variables de la investigación**

Objetivos Específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Describir el sistema de gestión del mantenimiento actual de los equipos de aire acondicionado del Complejo ICE San Pedro.	Plan de mantenimiento	El mantenimiento industrial se define como el conjunto de procedimientos realizados a fin de conversar [sic] en óptimas condiciones de servicio a los equipos,	• <b>Disponibilidad de equipos <u>significativos</u> número de equipos significativos.</b>	Hojas de informes

		maquinara e instalaciones de una planta (fábrica), garantizando el correcto funcionamiento del proceso de producción industrial (Integra Markets Escuela de Gestión Empresarial, 2018, p. 4)		
Medir las fallas recurrentes y el inventario de repuestos e inspecciones periódicas de los equipos de aire acondicionado.	•Fallos por hora	Falla es una condición no deseada que hace que el elemento estructural no desempeñe una función para la cual existe. Comparación de lo que está sucediendo con lo que debería suceder. (Arredondo, 2011, p. 1) Inspección: Cargo y cuidado d e velar por algo. (Real Academia Española, [RAE] 2019)	<b>▪Cantidad de fallas</b> <hr/> <b>Tiempo de Operación</b>	Hoja de registros
Analizar las posibles causas del deterioro de los equipos de aire acondicionado.	Causas de deterioro de los equipos	Con la identificación temprana de las posibles causas de fallo se desarrollan medidas para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias por medio de medidas preventivas definidas ya en la etapa de diseño. (Rodríguez, 2008,	<b>▪Causa de deterioro</b> <hr/> <b>Total de causas</b>	Diagrama Ishikawa

		p. 17)		
Definir el sistema de gestión del mantenimiento preventivo de los aires acondicionados del Complejo ICE San Pedro.	Actividades	Conjunto de operaciones o tareas propias de una persona o entidad. (RAE, 2019)	<b>▪Actividades completadas</b> <b>Total actividades</b>	Diagrama de Gantt.
Implementar una herramienta digital que permita llevar un control y diagnóstico de los equipos de aire acondicionado.	Herramienta de Control	Dado que las decisiones de mantenimiento son tomadas con base en históricos de datos, se entiende la importancia de recurrir a sistemas de información que permitan registrar el funcionamiento de las máquinas, sus fallos y las acciones y soluciones adoptadas. (Rodríguez, 2008, p. 10)	<b>▪Registros guardados</b> <b>Total de Registros</b>	Software

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### **Instrumentos**

En el siguiente apartado se indican los instrumentos que se utilizarán para el alcance de los objetivos de la investigación. A continuación, en la Tabla 2, se detallan los indicadores, los instrumentos que permitirán obtener información importante para la valoración de las variables del proyecto de investigación, los recursos requeridos para la elaboración de los diagramas y hojas de registro, seguidos de los beneficios esperados al aplicarlos:

**Tabla 2 Instrumentos de la investigación**

<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Recursos requeridos</b>	<b>Beneficios esperados</b>
▪ <b>Disponibilidad de equipos significativos</b> <u>número de equipos significativos.</u>	▪ Hojas de informes	▪ Personal técnico ▪ Apos con el registro histórico	Comprender e interpretar cómo funciona el sistema de gestión actual.
▪ <b>Cantidad de fallas</b> <u>Tiempo de Operación</u>	▪ Hoja de registros	▪ Boletas de reportes ▪ Personal técnico	Conocer cuáles equipos presentan más frecuencia de fallas, cambios de repuestos e inspecciones.
▪ <b>Causa de deterioro</b> <u>Total de causas</u>	▪ Diagrama Ishikawa	▪ Boletas de reportes ▪ Personal técnico	Conocer cuáles son las causas de deterioro de los equipos.
▪ <b>Actividades completadas</b> <u>Total Actividades.</u>	▪ Diagrama de Gantt.	▪ Equipo de computo (hojas de cálculo).	Tener noción del plazo de tiempo de cada una de las actividades que se realizan y las que faltan por entregar.
▪ <b>Registros guardados</b> <u>Total de Registros</u>	▪ Software	▪ Equipo de computo (hojas de cálculo). ▪ Boletas de resportes en físico. ▪ Dspositivo móvil.	Facilitar mediante la digitalización de datos un mejor control y diagnóstico de cada equipo.

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### **Recolección de datos**

En relación con el proceso de recolección de datos se requerirán las hojas de registro que se llevan en físico en el departamento de electromecánica. También será necesario el uso de herramientas como el diagrama de Pareto para el análisis de las fallas más recurrentes en los equipos, diagrama de Ishikawa para conocer las causas que provocan esas fallas, diagrama de

Gantt para identificar las etapas del proyecto de investigación y, muy importante, la herramienta digital que permitirá el ingreso y el acceso inmediato a la información, facilidad de intercambio de datos y protección de estos.

Las fuentes de donde se obtendrá la información serán del ingeniero electromecánico a cargo del departamento y de los técnicos encargados del mantenimiento de los aires acondicionados del Complejo ICE San Pedro. Por medio de ellos se tendrá acceso a la información que se encuentra almacenada en ampos con las hojas de registro en físico.

Del proceso de análisis de la información recolectada y de los resultados que proyecte se obtendrá una investigación válida y objetiva de la situación actual del departamento de electromecánica del Complejo ICE San Pedro, de ahí la importancia de un diseño de gestión del mantenimiento que mejore el actual.

### **Método de análisis**

Se utilizará Excel para almacenar datos que serán tabulados para obtener posteriormente gráficos y efectuar cálculos precisos para el análisis de la información.

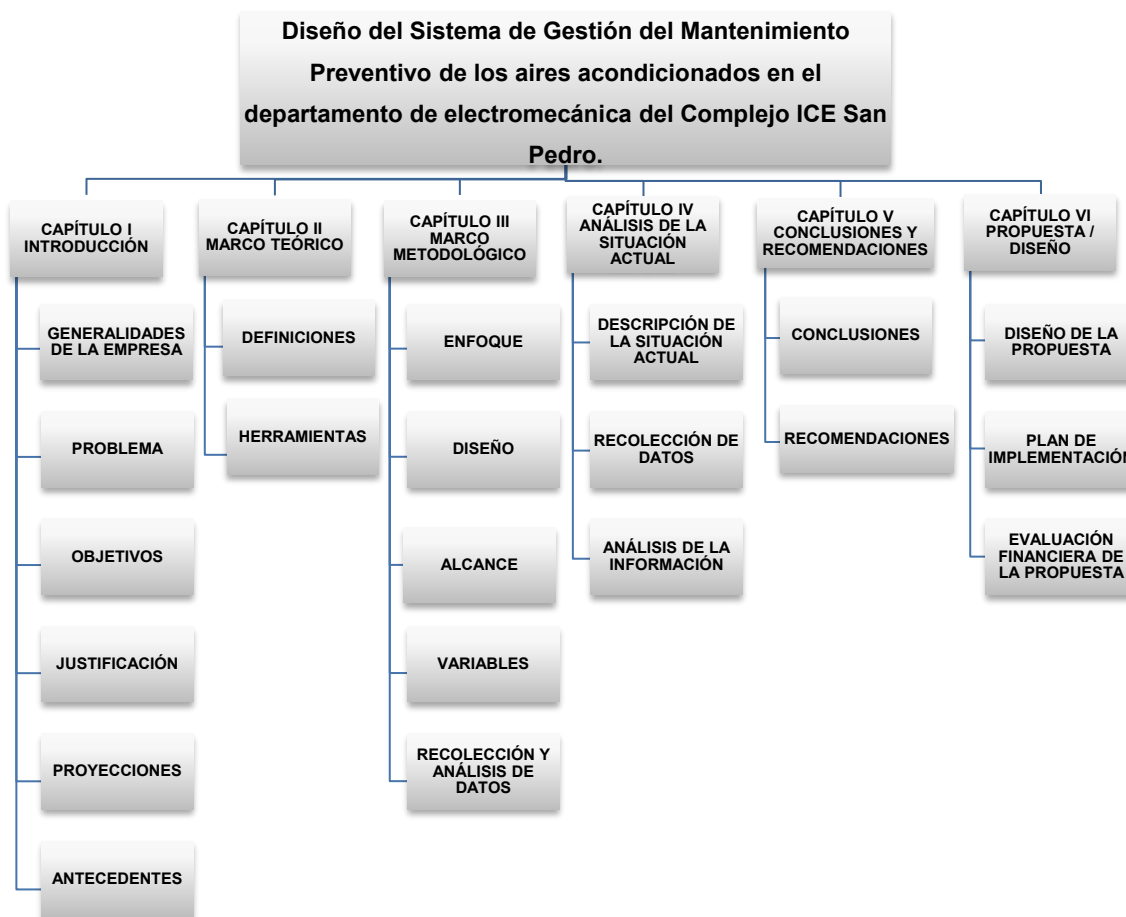
También se utilizará otra herramienta para la recopilación y el almacenamiento de datos llamada Kobotoolbox, la cual es un software gratuito y de código abierto con la que se elaboran formularios y se recolectan datos.

### **Cronograma**

El cronograma para este proyecto de investigación se realizó mediante el uso de dos herramientas, un WBS que descompone jerárquicamente las tareas entregables del proyecto y un diagrama de Gantt que detalla el tiempo para cumplir con cada avance, como se muestra en la Figura 10.

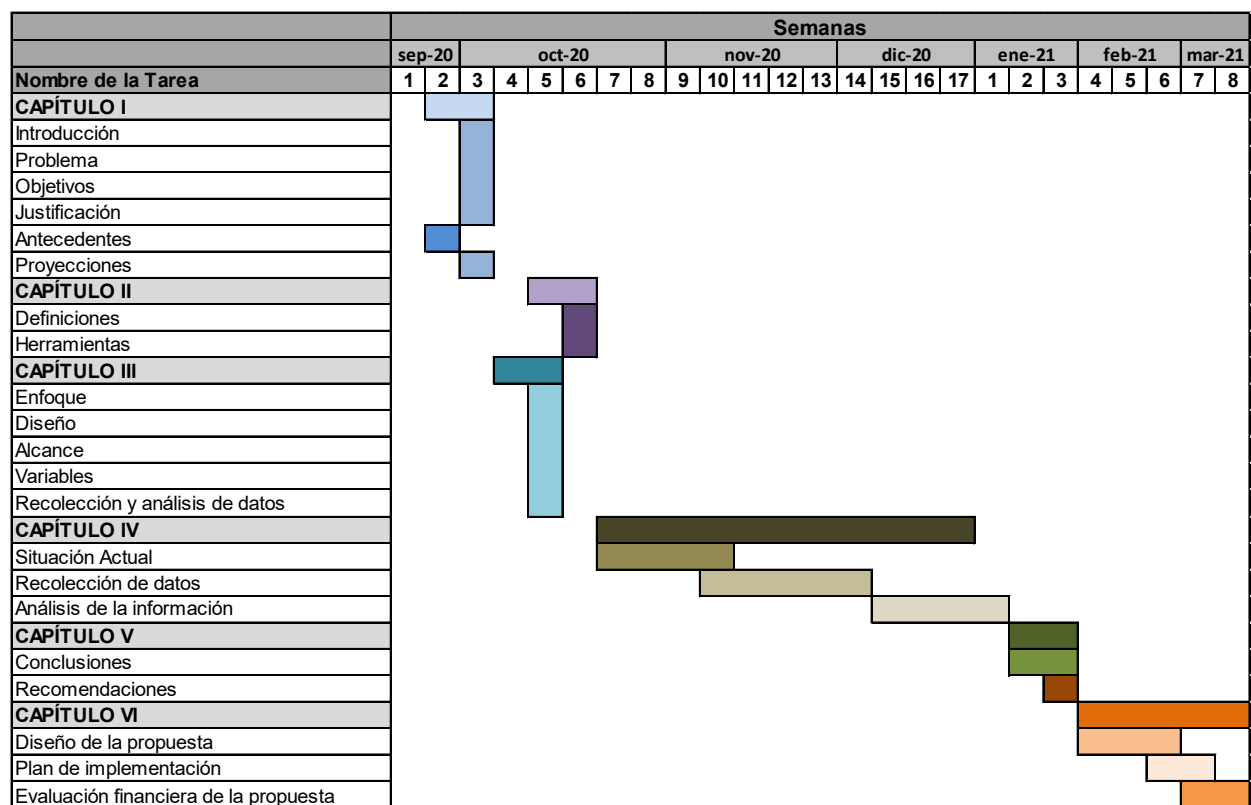
En la Figura 9 WBS de la investigación que se muestra a continuación se presentan los seis capítulos y el contenido de cada uno de estos, los cuales deben desarrollarse para el cumplimiento de los objetivos de esta investigación:

**Figura 9 WBS de la investigación**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Figura 10 Diagrama de Gantt**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Figura 10 se observan las semanas correspondientes a cada mes. Se empieza el 14 de septiembre de 2020 y se cierra el cuatrimestre con los primeros tres capítulos, para continuar en enero de 2021 con los capítulos IV, V y VI.

## **CAPÍTULO IV ANALÍISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo de la investigación se recolectan datos de la información recopilada en las boletas físicas que utiliza el personal encargado del mantenimiento de los aires acondicionados.

Posteriormente se efectúan el análisis numérico y el estadístico de la situación actual del proceso de atención y mantenimiento de los aires acondicionados del complejo ICE San Pedro, con la finalidad de encontrar las deficiencias y tener un estudio total de estas, y proponer una mejora del plan de mantenimiento con el que cuenta la empresa actualmente y que se cumpla con los objetivos establecidos en esta investigación.

Por otra parte, se elaboran gráficos y diagramas para mejorar la calidad de los datos obtenidos.

### **Mapeo de proceso**

El mapeo de proceso es un modelo vital para elaborar un plan estratégico, porque ayudará a tomar consciencia visual de la misión representada por los procesos del negocio. Como lo indica el autor Bravo (2011), “el mapa de procesos permite reconocer la totalidad del hacer de la organización y ubicar en su contexto cualquier proceso específico” (p.103).

En la presente investigación se realizó un mapeo del proceso para identificar las principales actividades operativas que realiza el departamento de electromecánica, así como los procesos estratégicos y de apoyo. Esto con el fin de conocer y entender mejor los procesos relacionados con el principal, que se involucran en el funcionamiento del departamento dentro de la organización.

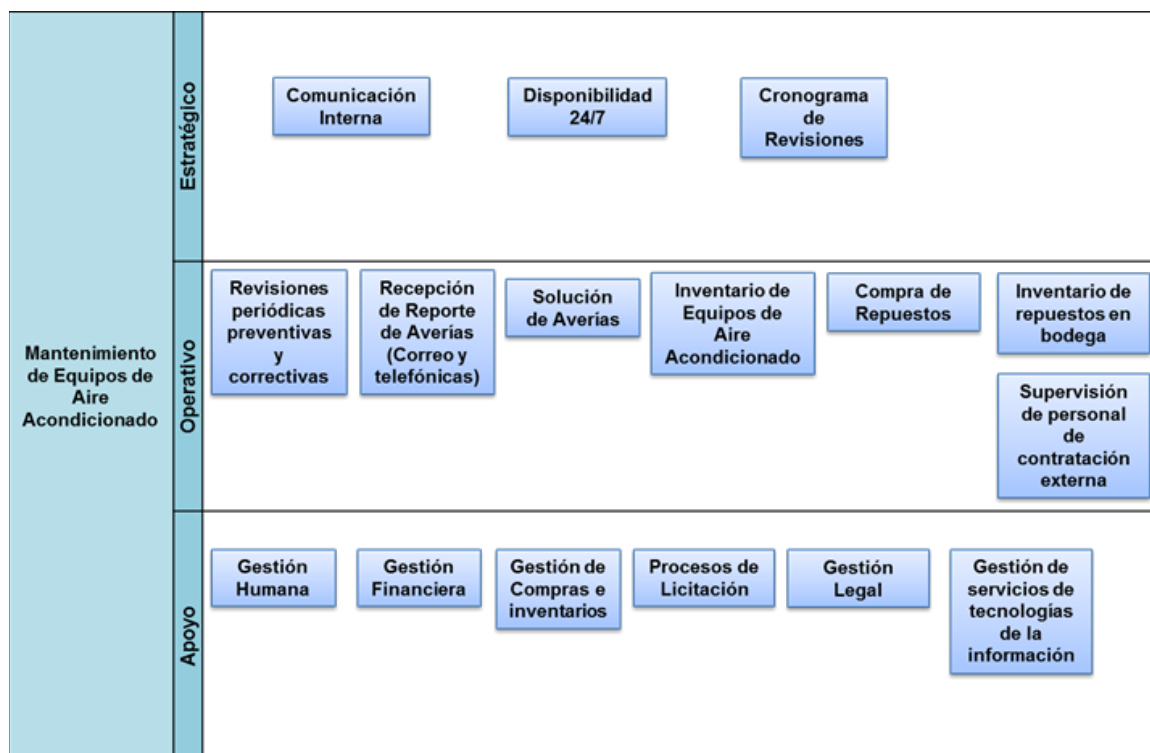
En el mapa de procesos se identifican procesos estratégicos que son establecidos por el Centro de Gestión de Recursos y Servicios (CGRS) y por el propio departamento, con el fin de definir la toma de decisiones relacionadas con la planificación y las mejoras en el departamento.

Los procesos operativos están vinculados directamente con las funciones y servicios que realiza el departamento, en este caso soporte técnico a los distintos aires acondicionados. Estos procesos garantizan el confort y la seguridad del personal que labora en el edificio, así como la seguridad de los sistemas informáticos al evitar la humedad y el sobrecalentamiento de estos.

Por último, los procesos de apoyo en este caso son aquellos que complementan los anteriores procesos, como son el recurso humano y los recursos tecnológico, logístico y financiero, entre otros; necesarios para que el departamento pueda cumplir con sus labores.

A continuación, en la Figura 11 Mapa de Procesos se presenta un modelo de mapa de procesos de la situación actual, realizado con la aprobación del encargado del mantenimiento.

**Figura 11 Mapa de procesos**



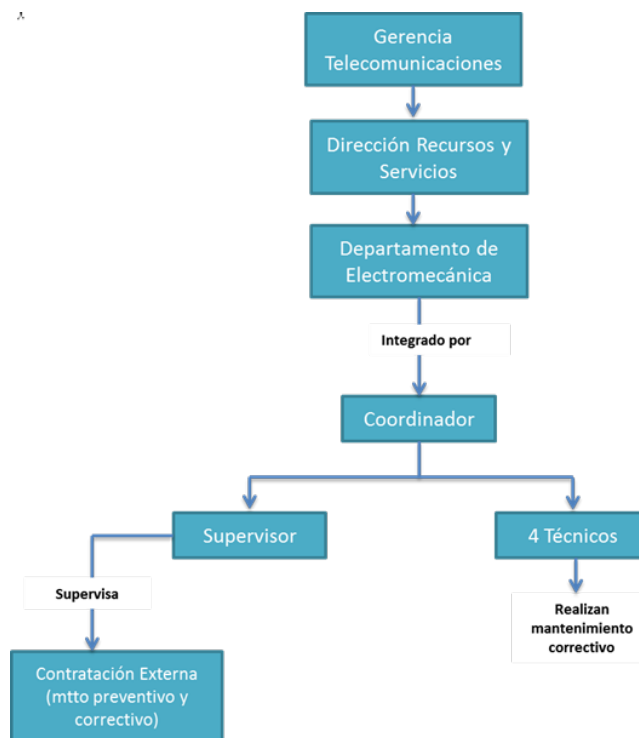
**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Recurso humano

El departamento de electromecánica es el encargado de realizar el mantenimiento de los aires acondicionados del Complejo ICE San Pedro. Este departamento forma parte de la gerencia de telecomunicaciones y a su vez del Centro de Gestión de Recursos y Servicios (CGRS)

En la Figura 12 Organigrama del departamento se muestra cómo se encuentra organizado el departamento en orden jerárquico.

**Figura 12 Organigrama del departamento**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

El mantenimiento correctivo de los aires acondicionados es realizado por funcionarios de planta. En total son cinco técnicos. Además de este personal de planta hay una contratación externa llamada COOL TOUCH que realiza mantenimientos correctivos y preventivos, que surge por una necesidad, dada la cantidad de funcionarios del departamento y la demanda de equipos. Esta contratación se realiza mediante una licitación del Sistema Integrado de Compras Públicas, SICOP, y es renovada anualmente.

Cabe mencionar que para este tipo de contrataciones hay supervisión por parte de uno de los técnicos del ICE, como contraparte para verificar que se cumpla con los trabajos.

### **Diagrama de flujo**

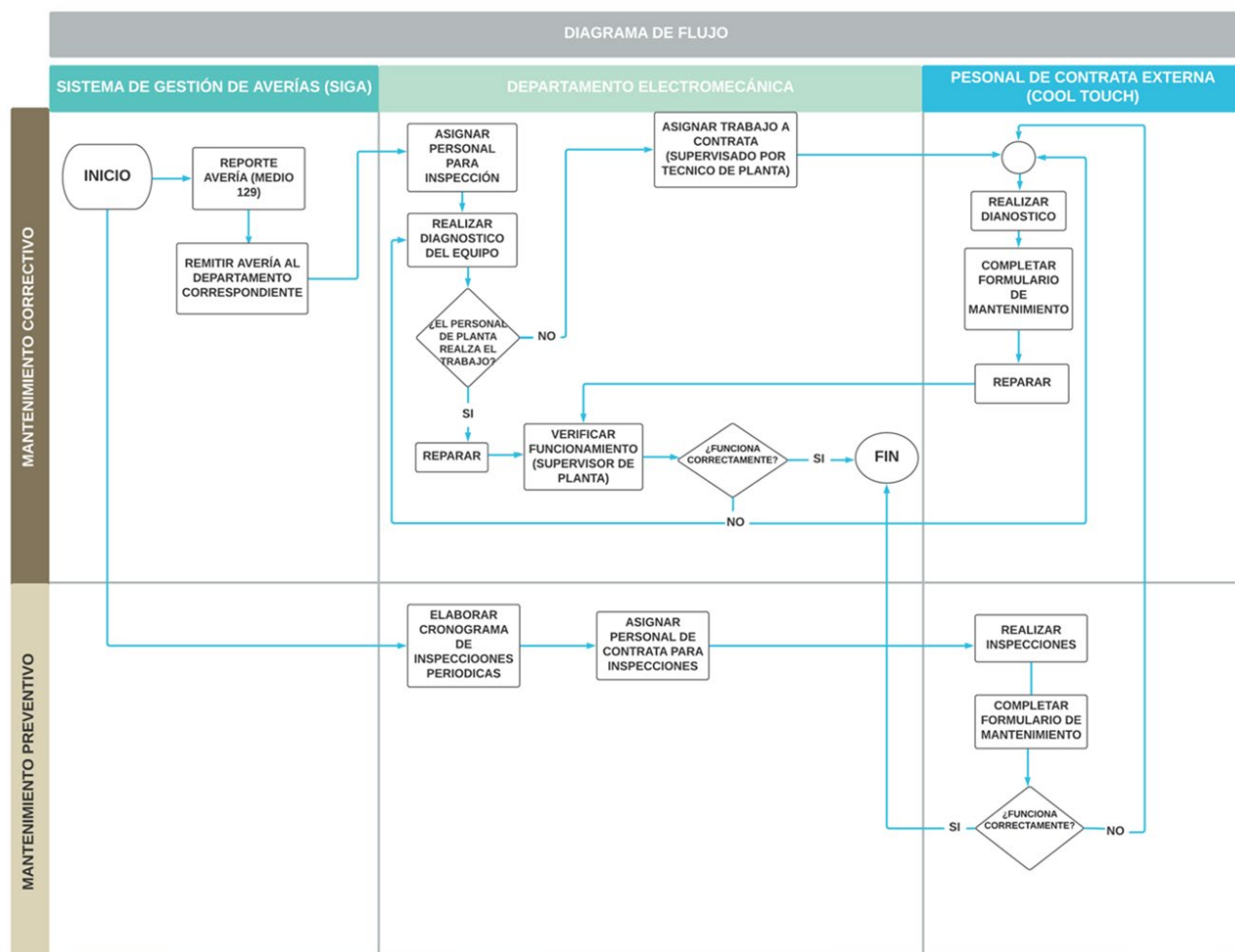
El diagrama de flujo muestra gráficamente la secuencia de actividades que se realizan en la empresa para analizar la información y encontrar ineficiencias.

En la Figura 13 Diagrama de Flujo se muestran las actividades que realiza el departamento. El proceso se inicia con un reporte que ingresa al sistema de gestión de averías (SIGA) mediante una llamada telefónica (129), y se genera una orden de atención de avería que se traslada al departamento de electromecánica. Se asigna personal para que vaya al sitio y haga el diagnóstico,

reporte y repare en caso de ser necesario. Posteriormente se hace la verificación del correcto funcionamiento del equipo.

Por otro lado, se hacen revisiones periódicas durante el año de mantenimiento preventivo, que son realizadas mediante contratación externa, y estas a su vez son supervisadas por un técnico de planta.

**Figura 13 Diagrama de flujo**




**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Procesamiento físico de datos


Para ambos mantenimientos, preventivo y correctivo, se utiliza una boleta física que se llena en campo y posteriormente se archiva en ampos, sin la existencia de herramientas digitales

localizadas en donde se compile la información. El formulario de recolección de datos que se utiliza es el mismo tanto para mantenimiento correctivo y preventivo. En la Figura 14 Formulario para mantenimiento preventivo y correctivo se muestra este formulario.

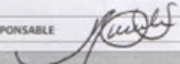
Figura 14 Formulario para mantenimiento preventivo y correctivo



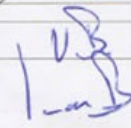
PROCESO ELECTROMECÁNICA  
MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO: AIRE ACONDICIONADO  
F-50-0022



20023

DATOS GENERALES		DATOS DEL EQUIPO		OBSERVACIONES	
Localidad	ICE San Pedro	Marca	Maquichie Modelo: 036-CFW3RH	Mpi 1 ( )	Mpi 2 ( )
Fecha de Ejecución	26/06/2020	Serie	W020120626 Capacidad: 36000 BTU/H	- Activo 41703099	
Responsable de Ejecución	William / Anthony D	<input type="checkbox"/> PAQUETE <input type="checkbox"/> PARTIDO <input type="checkbox"/> ADOSADO <input type="checkbox"/> PRESIÓN <input type="checkbox"/> VRV <input type="checkbox"/> VENTANA <input type="checkbox"/> CHILLER <input type="checkbox"/> CLU <input checked="" type="checkbox"/> MANEJADORA			
Numero de reporte pruebas con T29		Tipo Refrigerante:	Agua Helada	- Parqueo cuarto de prueba rización	
Hora de Inicio		No. Orden Trabajo			
Hora de Final		Nombre y firma de la Jefatura		FIRMA DEL RESPONSABLE 	

CODIGO DE LA INSPECCION	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	NOTAS DE EJECUCION	LISTA DE CHEQUEO (X)
<b>CONTROL DE TEMPERATURA</b>			
SCTG-1	Revisar cableado de termostato y cobertura de termostato. (MA)	Verificar el estado de termostato y que los datos que expresa sean los correctos.	///
SCTG-2	Revisar los terminales del termostato. (MA)	Observar falsos contactos para evitar recalentamiento y la eventual destrucción del cable.	///
SCTG-3	Revisar el ajuste del termostato ( Ajuste diferencial de temperatura). (MA)	Ajuste si necesario o bien reemplace si es necesario.	///
<b>MOTORES (VENTILADOR Y COMPRESOR (capacidad mayor a 3/4 HP))</b>			
SCTG-4	Verificar estado de los bushing o rolos según tamaño del motor. (PA)	Si es posible, lubrique los bushing con aceite SAE-40	///
SCTG-5	Medir resistencia en las bobinas, común, arranque marcha y carcasa (PA)	Con un ohmímetro medir resistencia, Reportar en caso de anomalía.	///
SCTG-6	Medir corriente, también en motores y comparar contra datos de placa. (MA)	Verificar que no existan ruidos anormales	///
<b>COMPRESOR</b>			
SCTG-7	Verificar estado del aceite del compresor (tipo abierto y semiabierto). (MA)	El correcto nivel es 3/4 del nivel, en caso de rellenos debe usar aceite para refrigerante sintético 4 GS.	
SCTG-8	Revisar estado externo del compresor (MA)	En caso de encontrar corrosión limpie y pinte con pistola o brocha.	
SCTG-9	Registrar la presión de alta y de baja. (MA)	Medir la presión de succión ( ver recomendación técnica) y la de descarga La presión de succión debe ser de 60-70 psi, y la de alta debe ser de 230-270 psi por lo general.	Presión Alta Presión Baja      PSI PSI
SCTG-10	Escuchar ruidos anormales en el compresor (MA)	En caso de ser por sobrecarga de refrigerante normalice, si el problema persiste reportarlo	
SCTG-11	Medir resistencia en las bobinas, común, arranque marcha y carcasa (PA)	Con un ohmímetro medir resistencia, Reportar en caso de anomalía.	
SCTG-12	Revisar terminales del compresor (PA)	En caso de encontrarse terminales que no son las adecuadas, cambiarlas inmediatamente. Verificar que no hay terminales flojos o tostados por falso contacto.	
SCTG-13	Verificar sopejería del compresor. (MA)	Asegurar la correcta fijación.	
<b>SERPENTINES (EVAPORADOR Y CONDENSADOR)</b>			
SCTG-14	Lavar serpetin sin la utilización de máquina de lavado. (PA)	Se revisa que los intercambiadores de calor no se encuentren sucios, obstruidos o deformados las aletas, en caso de ser así, debe lavarse únicamente por falso contacto.	///
SCTG-15	Lavar serpetin con máquina de lavado y químicos. (PA)	Se revisa que los intercambiadores de calor no se encuentren sucios, obstruidos o deformados las aletas, en caso de ser así, peinados. Debe lavarse con presión de agua.	///
<b>ASPAS Y TURBINAS</b>			
SCTG-16	Verificar estado de las aspas y turbinas. (PA)	Comprobar que no haya fisuras en las aspas de los abanicos, que estén bien sujetos al eje además que el giro sea correcto.	///
SCTG-17	Determinar corrosión de las turbinas. (PA)	Realizar inspección visual, en caso de encontrar corrosión elimínela, aplique algún antioxidante y pinte con pistola	///
SCTG-18	Verificar ruidos extraños. (MA)	Escuchar ruidos producidos por rolos o bujes, en caso de problemas cambie o reporte.	///
SCTG-19	Revisar estado de muñoneras de transmisión. (PA)	Debe determinarse manualmente en las aspas y turbinas que no se encuentren desalineadas, además cerciorarse que no existan ruidos si lo requiere deben engrasarse las muñoneras. Reportar	N/A
SCTG-20	Verificar estado de las fajas. (MA)	Las fajas deben de estar con el ajuste adecuado y verificar que no se encuentren con fisuras, agrietaduras o recalentadas. Para distancias entre que menores a 1.5 m la deflexión lissal de la faja no debe ser mayor a 1/2 pulgada.	N/A
<b>FILTRO DE AIRE</b>			
SCTG-21	Verificar estado de los filtros. (PA)	Comprobar estado del filtro del evaporador, de ser necesario limpiarlo o cambiarlo.	N/A



TUBERIA Y MUEBLE METALICO			
SCTG-22	Revisar el estado de ductos y aislante. (MA)	Debe cerciorarse de que el aislante no este roto, cortado o despegado en algún tramo.	/
SCTG-23	Revisar aislamiento del compartimento del evaporador bajo la bandeja y las tapas laterales (MA)	En caso de encontrarse el aislamiento despegado o sin este, cambiarlo por lamina rubatex (1")	/
SCTG-24	Verificar que el drenaje de condensados este en buenas condiciones. (MA)	Determine que el drenaje tenga un desnivel apropiado y que no presente ninguna obstrucción. Asi mismo verificar la presencia del cifón.	/
SCTG-25	Realizar inspección de anclajes (MA)	Resocar los pernos del anclaje.	/
SCTG-26	Verificar estado del dispositivo de expansión. (PA)	Determinar el estado del bulbo sensor, que se encuentre sujeto, aislado y ubicado de acuerdo al manual técnico.	/
SCTG-27	Revisar estado de los ductos, rejillas y dampers.(verif no) (MA)	Debe cerciorarse el estado de los ductos en caso de estar dañados deben ser inmediatamente reportados para el debido cambio.Las rejillas deben estar limpias sin polvo o algún material extraño	/
SCTG-28	Verificar estado de filtro de deshidratador a la salida del condensador (línea de líquido) (MA)	La temperatura en la entrada y la salida debe ser siempre uniforme. Si la salida esta más baja que la de entrada existe una anomalia.	/
SCTG-29	Revisar estado y limpieza de bandeja (MA)	Si esta sucia debe limpiarse.Lavar con abundante agua y suministra algún producto contra algas biodegradables.	/
SCTG-30	Verificar la suspensión, fijación de las tuberías y ductos. (MA)	Resocar tornillería y realizar inspección visual a las bridas en caso de fallo reportar.	/
SCTG-31	Verificar estado de la pintura anticorrosiva en mueble metálico (MA)	En caso de encontrarse falta de pintura debe aplicarse inmediatamente el anticorrosivo. Reportar.	/
SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO Y POTENCIA			
SCTG-32	Realizar una limpieza general y resoque de los principales puntos (MA).	Debe observarse que no existan cables recalentados,foros en mal estado, falsos contactos en los terminales, terminales datadas, en cualquiera de los casos proceda a la reparación, o bien, al reemplazo del cable. La limpieza debe realizarse con un soplador.	/
SCTG-33	Realizar prueba de encendido por falla de AC. (MA)	Determinar que entre en funcionamiento para alimentar los equipos en caso de caída del fluido eléctrico.	/
SCTG-34	Evaluar estado de protecciones y fusibles. (MA)	Se debe evaluar el correcto funcionamiento en caso de no cumplir con la protección al equipo deben ser reportados y reemplazados.Medir caída de milivolts del dispositivo, el criterio de validación debe considerar tipo de protección, material y consumo, como valor de caída de tensión para referencia no debe superar 0.5V. Reportar si es necesario.	/
SCTG-35	Verificar estado del transformador (MA)	Con voltímetro verificar que las relaciones de tensión sean las correctas. Respetar el código de colores para la instalación.	/
SCTG-36	Revisar que no existan falsos contactos en conexión de motores (PA)	Cercionarse que los cables esten bien acoplados a la alimentación y que el código de colores de los cables sea el correcto.	/
SCTG-37	Medir voltaje de alimentación (MA)	Comparar contra datos de placa, la variación no debe ser mayor a un 10%. Reportar si es necesario.	/
SCTG-38	Medir corriente en cada fase. (MA)	Verificar consumos respecto a los datos de placa, así como verificar que el desbalance de corriente no sea mayor a un 5%.	/
SCTG-39	Verificar estado de los presostatos Alta, Baja y aceite. (MA)	El punto de apagado del presostato debería proteger el equipo.El de aceite debe ser superior de 20 psi de la succión para probar el funcionamiento correcto del presostato de alta, suelte una terminal del abanico del condensador y espere que se apague	/
SCTG-40	Verificar estado de sensores de vacío (MA)	Cortar el flujo de aire obstruyendo la toma se debe de activar la alarma por falta de aire en la entrada de la turbina.	N/A
SCTG-41	Verificar estado de los humidostatos (sensor de humedad)	Determinar el optimo funcionamiento, limpiar de ser necesario los bulbos utilizando alcohol.	/
SCTG-42	Verificar que los contactos de los contactores no estén desgastados. (PA)	Suelta los puentes y limpielos si es necesario. Si se encuentran muy picado o no cierran uniformemente cambielos o reportelos las superficies de cierre del magneto con un trapo humedecido en aceite para transformadores.	/
SCTG-43	Verificar estado de los fusibles (MA)	Se debe evaluar el correcto funcionamiento en caso de no cumplir con la protección al equipo deben ser reportados y reemplazados.Medir caída de milivolts del dispositivo, el criterio de validación debe considerar tipo de protección, material y consumo, como valor de caída de tensión para referencia no debe superar 0.5V. Reportar si es necesario.	/
SCTG-44	Verificar estado de monitor de tensión. (MA)	Se debe interrumpir la tensión de entrada al equipo según valores predeterminados en el ajuste del aparato.	N/A
SCTG-44	Verificar sensores de agua. (PA)	Verificar ajuste por presencia de agua. Reportar si es necesario.	/
SCTG-46	Verificar que el voltaje de operación sea el adecuado. (MA)	Verificar la tensión alimentada a los dispositivos de control.	/

**SIMBOLOGIA:** SCTG: SISTEMAS DE CLIMATIZACION TIPO GENERICO / PA: PARO MA: MARCHA  
MPT1: MANTENIMIENTO PREVENTIVO TIPO 1 (involucra actividades de mantenimiento de inspección y verificación de estado de los equipos)  
MPT2: MANTENIMIENTO PREVENTIVO TIPO 2 (involucra actividades de mantenimiento profundo a los equipos)

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

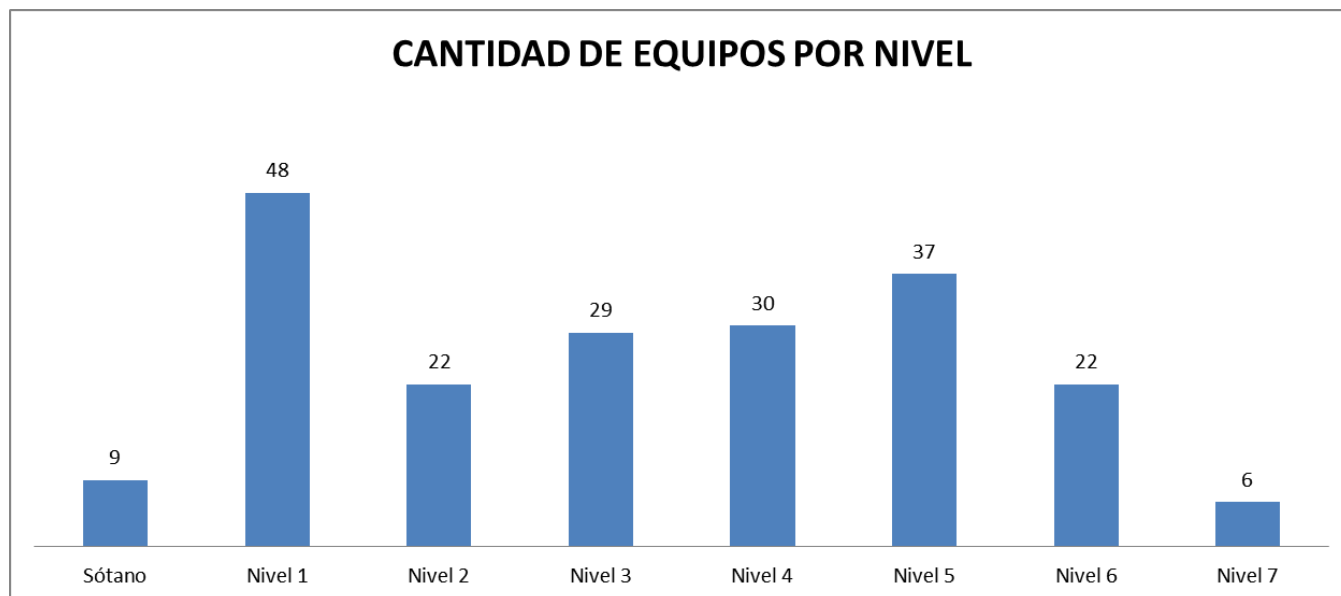
## Análisis de los equipos

Una vez digitalizada la información contenida en los formularios físicos se procede a tabular y graficar, para realizar el respectivo análisis cuantitativo y cualitativo de cada uno de los equipos en los diferentes niveles del edificio del complejo ICE San Pedro.

Es importante mencionar que en algunos de los equipos el número de activo no es visible. Así lo indica el personal técnico de planta, y para efectos de esta investigación esto será tomado en cuenta en este análisis.

En la Figura 15 Cantidad de equipos por nivel se detallan la totalidad de los equipos con y sin número de activo.

**Figura 15 Cantidad de equipos por nivel**

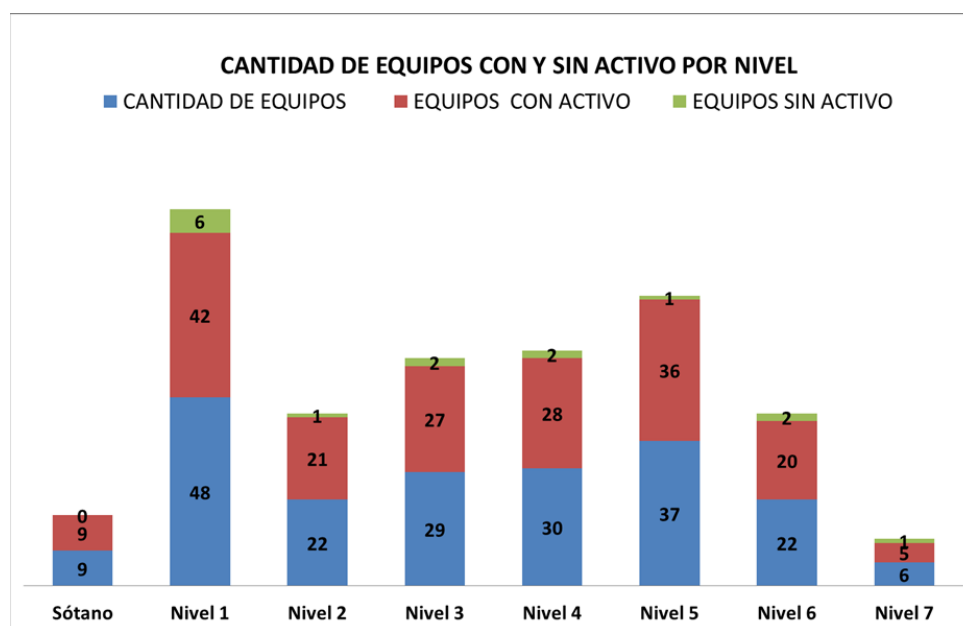


**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Según se muestra en la Figura 15 Cantidad de equipos por nivel anterior, hay un total de 203 equipos en el edificio. El nivel 1 es el que tiene la mayor cantidad (48 equipos), el nivel 5 con 37 equipos; en menor cantidad el sótano, y en el nivel 7 con 9 y 6 equipos, respectivamente.

En la Figura 16 Cantidad de equipos con y sin activos por nivel se hace la comparación gráfica de la distribución de la totalidad de los equipos (azul) versus la cantidad de quipos con y sin activo en cada nivel, lo que muestra que el nivel uno es el que tiene más equipos sin activo.

**Figura 16 Cantidad de equipos con y sin activos por nivel**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Respecto a la distribución y la cantidad de equipos por tipo, en cada nivel con activo se obtuvo un total de 188 equipos, con la mayor cantidad en el nivel 1, los cuales se detallan en la Tabla 3 Cantidad de equipos por tipo de aire por nivel con número de activo.

**Tabla 3 Cantidad de equipos por tipo de aire por nivel con activo**

CANTIDAD DE EQUIPOS POR TIPO DE AIRE POR NIVEL CON # DE ACTIVO									
TIPO DE EQUIPO	SÓTANO	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7	Total
PRESICIÓN	5	19	4	9	5	8	2		52
MANEJADORA	3	16	7	6	12	23	13	3	83
PARTIDO	1	4	7	12	10	3	3	1	41
VRV		2	3		1	1	2	1	10
VENTANA		1							1
CHILLER						1			1
PAQUETE									0
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>42</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>188</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

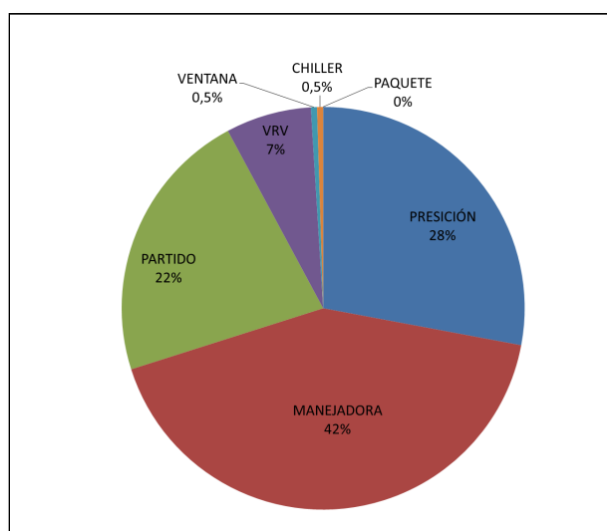
Por otro lado, en la distribución y la cantidad de equipos por tipo en cada nivel sin número de activo se obtuvo un total de 16 equipos, con la mayor cantidad en el nivel 1, que se detallan en la Tabla 4 Cantidad de equipos por tipo de aire por nivel sin número de activo.

**Tabla 4 Cantidad de equipos por tipo de aire por nivel sin número de activo**

CANTIDAD DE EQUIPOS POR TIPO DE AIRE POR NIVEL SIN # ACTIVO									
TIPO DE EQUIPO	SÓTANO	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7	Total
PRESIÓN		4					1		5
MANEJADORA					1	1		1	3
PARTIDO		2		1			1		4
VRV		1	1	1	1				4
VENTANA									0
CHILLER									0
PAQUETE									0
Total	0	7	1	2	2	1	2	1	16

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Con base en la Figura 17 Porcentaje de equipos por tipo de aire por nivel, se muestra que la mayor cantidad de equipos en todo el complejo son los de tipo Manejadora con 86, equivalentes a 42%. Los tipo Partido y Presión, con 57 y 45 equipos son equivalentes a 28% y 22%, respectivamente. El resto de los equipos tipo Ventana y Chiller con 0,5% y tipo de Paquete (0%).

**Figura 17 Porcentaje de equipos por tipo de aire por nivel**

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### **Mantenimiento preventivo de los equipos de aire acondicionado**

El procedimiento que utiliza el departamento para llevar a cabo el control del mantenimiento preventivo es mediante un cronograma en Microsoft Access, con las fechas en las cuales debe realizarse. Según indica el coordinador del departamento las inspecciones están programadas para que sean realizadas cada tres meses, equivalentes a cuatro mantenimientos preventivos al año.

Con base en lo anterior luego del análisis del cálculo respectivo, según la cantidad de aires e inspecciones que se deben realizar al año, serían un total de 812 inspecciones de 203 equipos, correspondiente a 4 inspecciones al año.

Sin embargo, con los datos recopilados de la cantidad de inspecciones por nivel de la totalidad de los equipos, entre enero y diciembre de 2020 muestran que se realizaron 395 inspecciones, como se indica en la Tabla 5 Cronograma de Inspecciones Anuales 2020, lo que da un faltante de 417 inspecciones, equivalente a 51% de las inspecciones anuales.

**Tabla 5 Medición del alcance de inspecciones anuales 2020**

MEDICION DE ALCANCE			
NIVEL	TOTAL DE INSPECCIONES REALIZADAS	ESTIMADO DE INSPECCIONES	FALTANTE
SÓTANO	23	36	13
NIVEL 1	107	192	85
NIVEL 2	38	88	50
NIVEL 3	53	116	63
NIVEL 4	62	120	58
NIVEL 5	69	148	79
NIVEL 6	32	88	56
NIVEL 7	11	24	13
Total	395	812	417

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Para el análisis anterior del cálculo de inspecciones se tomaron en cuenta tanto los equipos con activo como los sin activo.

### **Análisis de inspecciones por nivel**

El análisis de las inspecciones entre enero y diciembre de 2020 fue realizado con el fin de verificar y comparar la cantidad de las inspecciones estimadas anualmente (en teoría cada tres meses al año) y las inspecciones llevadas a cabo que se detallan a continuación:

#### **Sótano**

En el cronograma de inspecciones del sótano se muestra que se realizó un de total 23 inspecciones con un faltante de 13 inspecciones, como se detalla a continuación en la Tabla 6 Cronograma de Inspecciones Sótano:

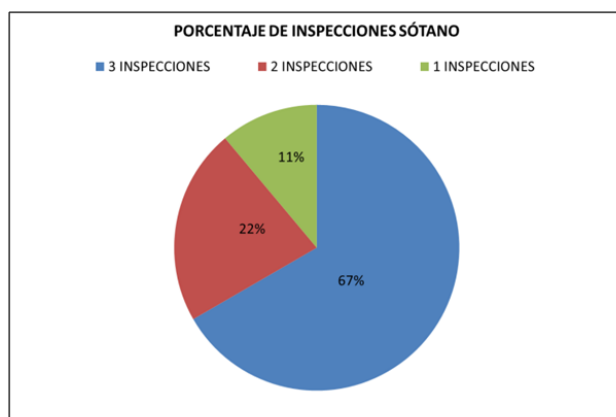
**Tabla 6 Cronograma de inspecciones de sótano**

CRONOGRAMA DE INSPECCIONES SÓTANO (2020)															
EQUIPO	MESES												TOTAL	TOTAL ESTIMADO *	
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC			
AA-4170001 MANEJADORA			x			x					x			3	4
AA-4170002 MANEJADORA			x			x					x			3	4
AA-4170309 MANEJADORA			x			x								2	4
AA-4170136 PARTIDO			x			x					x			3	4
AA-4170268 PRESICIÓN			x			x					x			3	4
AA-4170356 PRESICIÓN			x			x					x			3	4
AA-4170355 PRESICIÓN						x					x			2	4
AA-4170335 PRESICIÓN			x											1	4
AA-4170354 PRESICIÓN			x			x					x			3	4
<i>* Total estimado con base en la programación de inspecciones cada 3 meses</i>													23	36	

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Figura 18 Porcentaje de Inspección Sótano se evidencia que 67% (seis equipos) recibieron tres inspecciones durante el año, mientras que 22% (dos equipos) dos inspecciones y 11% (un equipo) con una inspección.

**Figura 18 Porcentaje de Inspección Sótano**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 1

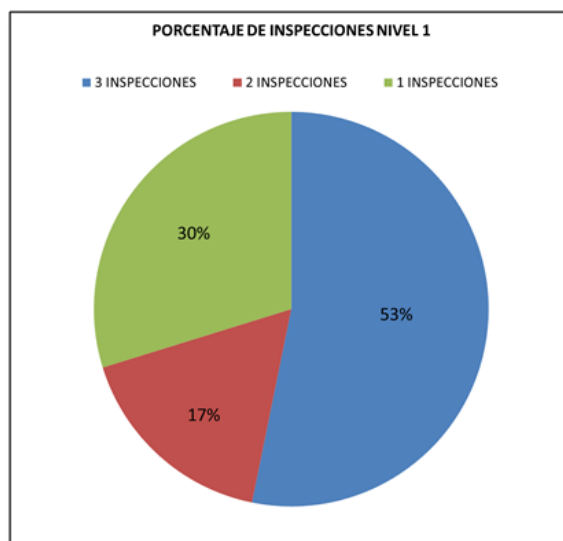
En el cronograma de inspecciones del nivel 1 se muestra que se realizó un total de 107 inspecciones, con un faltante de 85 inspecciones, como se detalla a continuación en la Tabla 7 Cronograma de Inspecciones Nivel 1.

Tabla 7 Cronograma de Inspecciones Nivel 1

CRONOGRAMA DE INSPECCIONES NIVEL 1 (2020)														
EQUIPO	MESES												TOTAL	TOTAL ESTIMADO *
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC		
AA-4170013 PRESICIÓN				x		x				x			3	4
AA-4170239 PRESICIÓN			x				x			x			3	4
AA-4170236 PRESICIÓN		x					x			x			3	4
AA-4170237 PRESICIÓN		x					x			x			3	4
AA-4170238 PRESICIÓN			x				x			x			3	4
AA-4170017 PRESICIÓN				x		x				x			3	4
AA-4170270 PRESICIÓN				x		x				x			3	4
AA-4170351 PRESICIÓN			x				x			x			3	4
AA-4170350 PRESICIÓN			x				x			x			3	4
AA-4170307 PRESICIÓN						x				x			2	4
AA-4170014 PRESICIÓN				x		x				x			3	4
AA-4170060 PRESICIÓN				x		x				x			3	4
AA-4170352 PRESICIÓN			x							x			2	4
AA-4170353 PRESICIÓN			x							x			2	4
AA-4170329 PRESICIÓN			x										1	4
AA-4170330 PRESICIÓN			x										1	4
AA-4170308 PRESICIÓN			x			x				x			3	4
AA-4170331 PRESICIÓN				x									1	4
AA-4170332 PRESICIÓN				x									1	4
Equipo sin activo PRESICIÓN						x				x			2	4
Equipo sin activo PRESICIÓN						x				x			2	4
Equipo sin activo PRESICIÓN						x							1	4
Equipo sin activo PRESICIÓN						x							1	4
AA-4170292 MANEJADORA			x				x			x			3	4
AA-4170293 MANEJADORA			x				x			x			3	4
AA-4170294 MANEJADORA			x				x			x			3	4
AA-4170296 MANEJADORA							x			x			2	4
AA-4170297 MANEJADORA			x				x			x			3	4
AA-4170298 MANEJADORA			x				x			x			3	4
AA-4170019 MANEJADORA						x				x			2	4
AA-4170315 MANEJADORA			x				x			x			3	4
AA-4170316 MANEJADORA			x				x			x			3	4
AA-4170317 MANEJADORA			x				x			x			3	4
AA-4170328 MANEJADORA			x				x			x			3	4
AA-4170235 MANEJADORA			x				x			x			3	4
AA-4170295 MANEJADORA			x				x			x			3	4
AA-4170020 MANEJADORA						x				x			2	4
AA-4170299 MANEJADORA			x				x						2	4
AA-4170314 MANEJADORA										x			1	4
AA-4170016 PARTIDO			x										1	4
AA-4170022 PARTIDO			x										1	4
AA-4170358 PARTIDO			x				x			x			3	4
AA-4170010 PARTIDO			x										1	4
Equipo sin activo PARTIDO						x							1	4
AA-4170015 VENTANA				x		x				x			3	4
AA-4170337 VRV			x										1	4
AA-77548 VRV										x			1	4
Equipo sin activo VRV						x							1	4
* Total estimado con base en la programacion de inspecciones cada 3 meses													107	192

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Figura 19 Porcentaje de Inspección Nivel 1, se evidencia que 53% (25 equipos) recibieron tres inspecciones durante el año, mientras que 17% (ocho equipos) cuentan con dos inspección y 30% (14 equipos) obtuvieron una inspección.

**Figura 19 Porcentaje de Inspección Nivel 1**

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

## Nivel 2

En el cronograma de inspecciones del nivel 2 se muestra que se realizó un de total 38 inspecciones, con un faltante de 50, como se detalla a continuación en la Tabla 8 Cronograma de Inspecciones Nivel 2

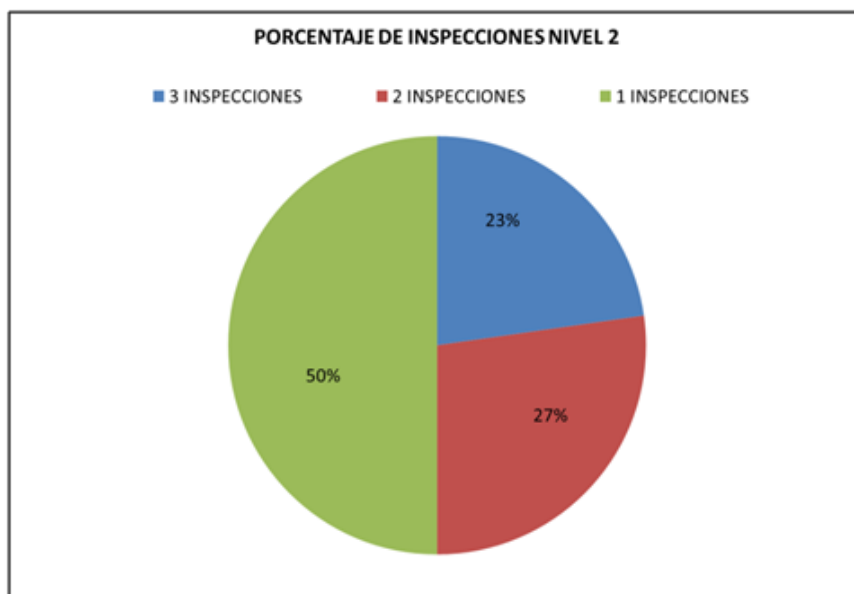
**Tabla 8 Cronograma de inspecciones. Nivel 2**

CRONOGRAMA DE INSPECCIONES NIVEL 2 (2020)														
EQUIPO	MESES												TOTAL	TOTAL ESTIMADO *
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC		
AA-4170037 PARTIDO			x			x				x			3	4
AA-4170312 PARTIDO			x			x				x			3	4
AA-4170032 PARTIDO			x				x						2	4
AA-4170034 PARTIDO						x				x			2	4
AA-4170035 PARTIDO			x			x							2	4
AA-4170036 PARTIDO						x				x			2	4
AA-4170031 PARTIDO			x										1	4
AA-4170306 PRESICIÓN			x										1	4
AA-4170264 PRESICIÓN			x			x				x			3	4
AA-4170262 PRESICIÓN			x			x				x			3	4
AA-4170263 PRESICIÓN			x			x				x			3	4
AA-4170028 MANEJADORA							x						1	4
AA-4170029 MANEJADORA			x										1	4
AA-4170039 MANEJADORA							x						1	4
AA-4170040 MANEJADORA							x			x			2	4
AA-4170023 MANEJADORA			x										1	4
AA-4170026 MANEJADORA			x										1	4
AA-4170027 MANEJADORA							x						1	4
AA-4170338 VRV			x		x								2	4
AA-4170335 VRV			x										1	4
AA-4170388 VRV										x			1	4
Equipo sin activo VRV										x			1	4
<b>* Total estimado con base en la programación de inspecciones cada 3 meses</b>													<b>38</b>	<b>88</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Figura 20 Porcentaje de Inspección Nivel 2 se evidencia que 50% (11 equipos) recibieron una inspección durante el año, mientras que 27% (seis equipos) registran dos inspecciones y 23% (cinco equipos) tienen tres inspecciones.

**Figura 20 Porcentaje de inspecciones, nivel 2**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Nivel 3

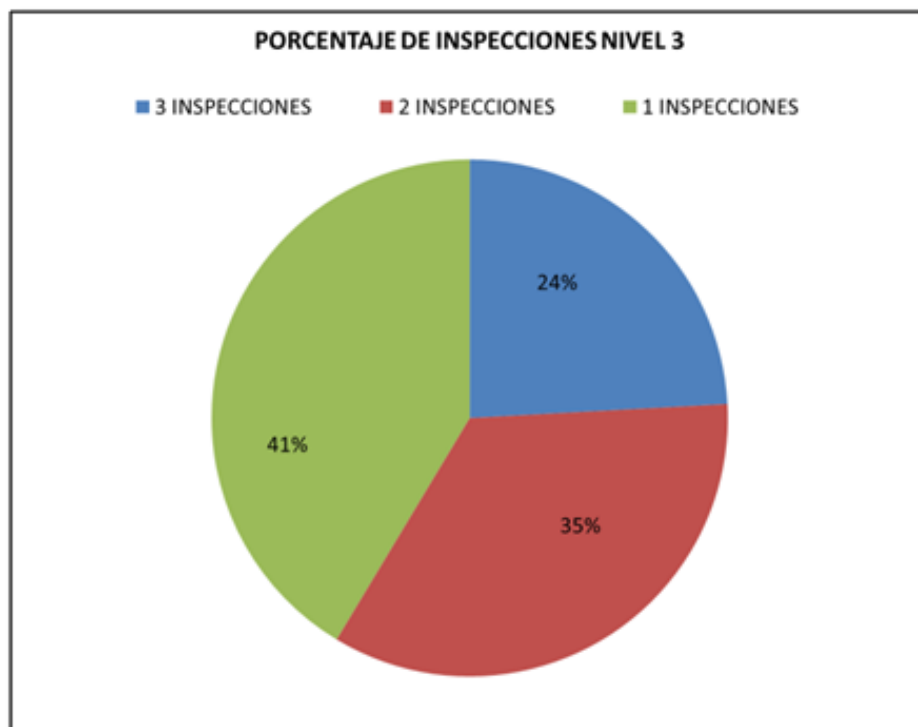
En el cronograma de inspecciones del nivel 3 se muestra que se realizó un de total de 53 inspecciones, con un faltante de 63. En la Tabla 9 Cronograma de inspecciones nivel 3 se detalla la información indicada anteriormente.

**Tabla 9 Cronograma de inspecciones nivel 3**

CRONOGRAMA DE INSPECCIONES NIVEL 3 (2020)														
EQUIPO	MESES												TOTAL	TOTAL ESTIMADO *
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC		
AA-4170041 PRESICIÓN			x				x			x			3	4
AA-4170043 PRESICIÓN			x			x				x			3	4
AA-4170044 PRESICIÓN			x				x			x			3	4
AA-4170047 PRESICIÓN			x			x			x				3	4
AA-4170048 PRESICIÓN		x				x			x				3	4
AA-4170050 PRESICIÓN		x				x			x				3	4
AA-4170359 PRESICIÓN			x			x			x				3	4
AA-4170357 PRESICIÓN			x						x				2	4
AA-4170842 PRESICIÓN										x			1	4
AA-4170318 PARTIDO		x					x						2	4
AA-4170007 PARTIDO		x					x						2	4
AA-4170008 PARTIDO		x				x							2	4
AA-4170009 PARTIDO		x				x							2	4
AA-4170011 PARTIDO		x				x							2	4
AA-4170012 PARTIDO		x			x								2	4
AA-4170042 PARTIDO			x				x						2	4
AA-4170034 PARTIDO			x										1	4
AA-4170310 PARTIDO							x						1	4
AA-4170339 PARTIDO			x										1	4
AA-4170957 PARTIDO						x							1	4
AA-775448 PARTIDO					x								1	4
Equipo sin activo PARTIDO		x											1	4
AA-4170045 MANEJADORA							x						1	4
AA-4170046 MANEJADORA							x						1	4
AA-4170053 MANEJADORA							x						1	4
AA-4170054 MANEJADORA							x						1	4
AA-4170311 MANEJADORA		x					x						2	4
AA-4170325 MANEJADORA		x					x						2	4
Equipo sin activo VRV									x				1	4
* Total estimado con base en la programación de inspecciones cada 3 meses													53	116

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Figura 21 Porcentaje de Inspección Nivel 3 se evidencia que 24% (siete equipos) recibieron tres inspecciones durante el año y con un porcentaje mayor los de una y dos inspecciones con 41% (12 equipos) y 35% (10 equipos), respectivamente.

**Figura 21 Porcentaje de inspección nivel 3**

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 4

En el cronograma de inspecciones del nivel 4 se muestra que se realizó un de total de 62 inspecciones, con un faltante de 58 inspecciones como se detalla a continuación en la Tabla 10  
Cronograma de inspecciones nivel 4

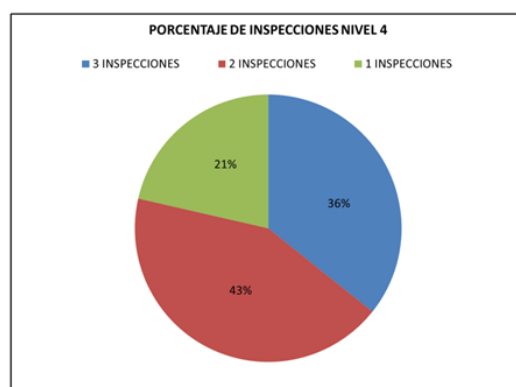
**Tabla 10 Cronograma de inspecciones nivel 4**

CRONOGRAMA DE INSPECCIONES NIVEL 4 (2020)															
EQUIPO	MESES												TOTAL	TOTAL ESTIMADO *	
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC			
AA-4170271 PRESICIÓN		x				x			x				3	4	
AA-4170272 PRESICIÓN		x				x			x				3	4	
AA-4170063 PRESICIÓN		x				x			x				3	4	
AA-4170059 PRESICIÓN		x				x			x				3	4	
AA-4170056 PRESICIÓN							x						1	4	
AA-4170062 PARTIDO		x				x			x				3	4	
AA-4170061 PARTIDO		x				x			x				3	4	
AA-4170259 PARTIDO		x				x							2	4	
AA-4170320 PARTIDO		x											1	4	
AA-775453 PARTIDO					x								1	4	
AA-4170300 PARTIDO		x				x			x				3	4	
AA-4170301 PARTIDO		x				x			x				3	4	
AA-4170304 PARTIDO		x					x						2	4	
AA-4170254 PARTIDO									x				1	4	
AA-4170072 PARTIDO		x				x			x				3	4	
AA-4170260 MANEJADORA		x					x						2	4	
AA-4170261 MANEJADORA		x					x						2	4	
AA-4170242 MANEJADORA		x					x						2	4	
AA-4170065 MANEJADORA		x			x								2	4	
AA-4170068 MANEJADORA		x											1	4	
AA-4170241 MANEJADORA		x											1	4	
AA-4170243 MANEJADORA		x					x						2	4	
AA-4170055 MANEJADORA		x					x						2	4	
AA-4170058 MANEJADORA		x					x						2	4	
AA-4170240 MANEJADORA		x					x						2	4	
AA-4170066 MANEJADORA		x				x			x				3	4	
AA-4170064 MANEJADORA		x			x								2	4	
Equipo sin activo MANEJADORA		x											1	4	
AA-4170340 VRV		x							x				2	4	
Equipo sin activo VRV			x										1	4	
* Total estimado con base en la programación de inspecciones cada 3 meses													62	120	

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Figura 22 Porcentaje de Inspección Nivel 4 se evidencia que 43% (12 equipos) recibieron dos inspecciones durante el año, mientras que 36% (10 equipos) tienen tres inspecciones y 21% (ocho equipos) una inspección.

**Figura 22 Porcentaje de inspección nivel 4**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

## Nivel 5

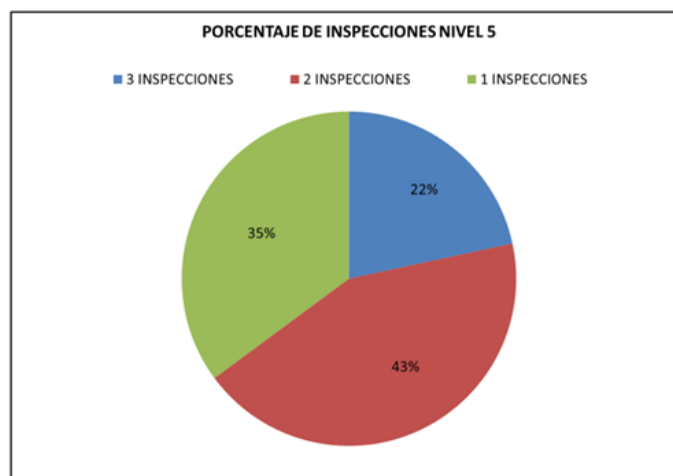
En el cronograma de inspecciones del nivel 5 se muestra que se realizó un de total 69 inspecciones, con un faltante de 79 inspecciones, como se detalla en la Tabla 11 Cronograma de Inspecciones Nivel 5

**Tabla 11 Cronograma de inspecciones nivel 5**

CRONOGRAMA DE INSPECCIONES NIVEL 5 (2020)														
EQUIPO	MESES												TOTAL	TOTAL ESTIMADO *
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC		
AA-4170105 PRESICIÓN		x			x				x				3	4
AA-4170107 PRESICIÓN		x			x				x				3	4
AA-4170108 PRESICIÓN		x			x				x				3	4
AA-4170109 PRESICIÓN		x			x				x				3	4
AA-4170103 PRESICIÓN			x		x				x				3	4
AA-4170104 PRESICIÓN		x			x				x				3	4
AA-4170100 PRESICIÓN		x			x				x				3	4
AA-4170106 PRESICIÓN		x							x				2	4
AA-775456 PARTIDO					x								1	4
AA-4170070 PARTIDO		x				x							2	4
AA-4170071 PARTIDO		x				x							2	4
AA-4170101 MANEJADORA		x			x				x				3	4
AA-4170073 MANEJADORA		x				x							2	4
AA-4170086 MANEJADORA	x						x						2	4
AA-4170087 MANEJADORA	x						x						2	4
AA-4170088 MANEJADORA		x					x						2	4
AA-4170089 MANEJADORA	x						x						2	4
AA-4170090 MANEJADORA	x						x						2	4
AA-4170091 MANEJADORA	x						x						2	4
AA-4170092 MANEJADORA		x					x						2	4
AA-4170093 MANEJADORA	x						x						2	4
AA-4170095 MANEJADORA	x						x						2	4
AA-4170074 MANEJADORA	x												1	4
AA-4170075 MANEJADORA	x												1	4
AA-4170076 MANEJADORA	x												1	4
AA-4170077 MANEJADORA	x												1	4
AA-4170078 MANEJADORA	x												1	4
AA-4170079 MANEJADORA	x												1	4
AA-4170080 MANEJADORA	x												1	4
AA-4170083 MANEJADORA	x												1	4
AA-4170084 MANEJADORA	x												1	4
AA-4170085 MANEJADORA							x						1	4
AA-4170094 MANEJADORA							x						1	4
AA-4170096 MANEJADORA	x						x						2	4
Equipo sin activo MANEJADORA	x												1	4
AA-4170341 VRV	x								x				2	4
AA-4170102 CHILLER		x			x								2	4
* Total estimado con base en la programación de inspecciones cada 3 meses													69	148

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Figura 23 Porcentaje de inspección nivel 5 se evidencia que 43% (16 equipos) recibieron dos inspecciones durante el año, mientras que 35% (13 equipos) una inspección, y 22% (ocho equipos) muestran tres inspecciones.

**Figura 23 Porcentaje de inspección nivel 5**

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 6

El cronograma de inspecciones del nivel 6 muestra que se realizó un de total de 32 inspecciones, con un faltante de 56 inspecciones, como se detalla en la Tabla 12 Cronograma de inspecciones nivel 6:

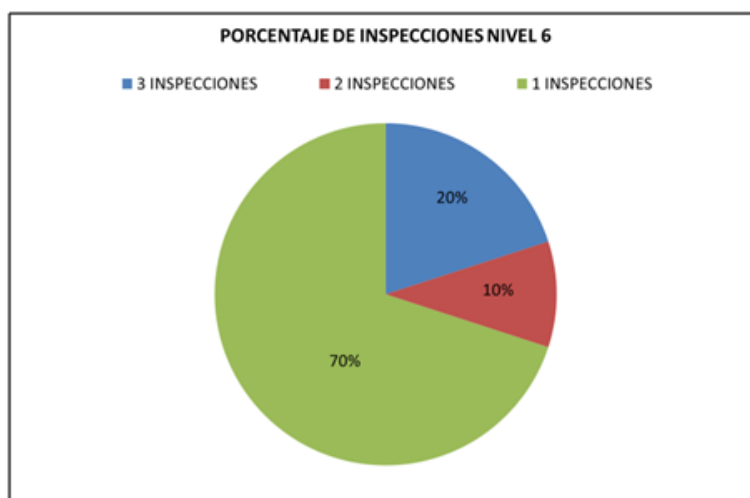
**Tabla 12 Cronograma de inspecciones nivel 6**

CRONOGRAMA DE INSPECCIONES NIVEL 6 (2020)															
EQUIPO	MESES												TOTAL	TOTAL ESTIMADO *	
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC			
AA-4170110 PRESICIÓN	x				x				x					3	4
AA-4170112 PRESICIÓN	x													1	4
Equipo sin activo PRESICIÓN									x					1	4
AA-4170336 VRV		x			x				x					3	4
AA-4170342 VRV	x				x				x					3	4
AA-4170123 PARTIDO	x					x								2	4
AA-4170111 PARTIDO	x				x				x					3	4
AA-4170125 PARTIDO	x													1	4
Equipo sin activo PARTIDO	x													1	4
AA-4170360 MANEJADORA	x				x									2	4
AA-4170113 MANEJADORA	x													1	4
AA-4170114 MANEJADORA	x													1	4
AA-4170115 MANEJADORA	x													1	4
AA-4170116 MANEJADORA	x													1	4
AA-4170117 MANEJADORA	x													1	4
AA-4170118 MANEJADORA	x													1	4
AA-4170120 MANEJADORA	x													1	4
AA-4170122 MANEJADORA	x													1	4
AA-4170124 MANEJADORA	x													1	4
AA-4170127 MANEJADORA	x													1	4
AA-4170233 MANEJADORA	x													1	4
AA-4170314 MANEJADORA	x													1	4
* Total estimado con base en la programación de inspecciones cada 3 meses													32	88	

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Figura 24 Porcentaje de inspección nivel 6 se evidencia que 70% (16 equipos) recibieron una inspección durante el año, mientras que 20% (cuatro equipos) tienen tres inspecciones y 10% (dos equipos) dos inspecciones.

**Figura 24 Porcentaje de inspección nivel 6**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 7

En el cronograma de inspecciones del nivel 7 se muestra que se realizó un de total de 11 inspecciones, con un faltante de 13 inspecciones, como se detalla a continuación en la Tabla 13  
Cronograma de inspecciones nivel 7

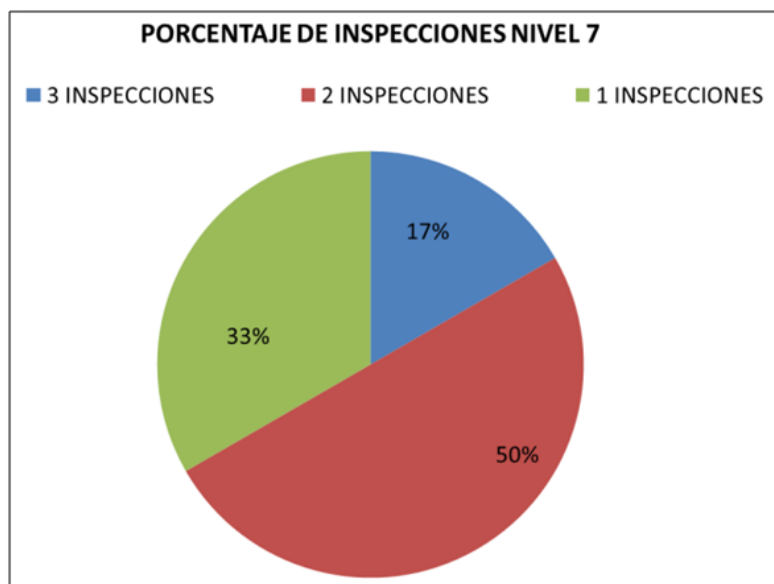
**Tabla 13 Cronograma de inspecciones nivel 7**

CRONOGRAMA DE INSPECCIONES NIVEL 7 (2020)														
MESES														
EQUIPO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL	TOTAL ESTIMADO *
AA-4170343 VRV	x				x				x				3	4
AA-4170129 MANEJADORA	x						x						2	4
AA-4170137 MANEJADORA	x				x								2	4
AA-4170128 MANEJADORA							x						1	4
Equipo sin activo MANEJADORA							x						1	4
AA-4170131 PARTIDO	x				x								2	4
* Total estimado con base en la programación de inspecciones cada 3 meses													11	24

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Figura 25 Porcentaje de Inspección Nivel 7 se evidencia que 50% (tres equipos) recibieron dos inspecciones durante el año, mientras que 33% (dos equipos) tuvieron una inspección y 17% (un equipo) tienen tres inspecciones.

**Figura 25 Porcentaje de Inspección Nivel 7**

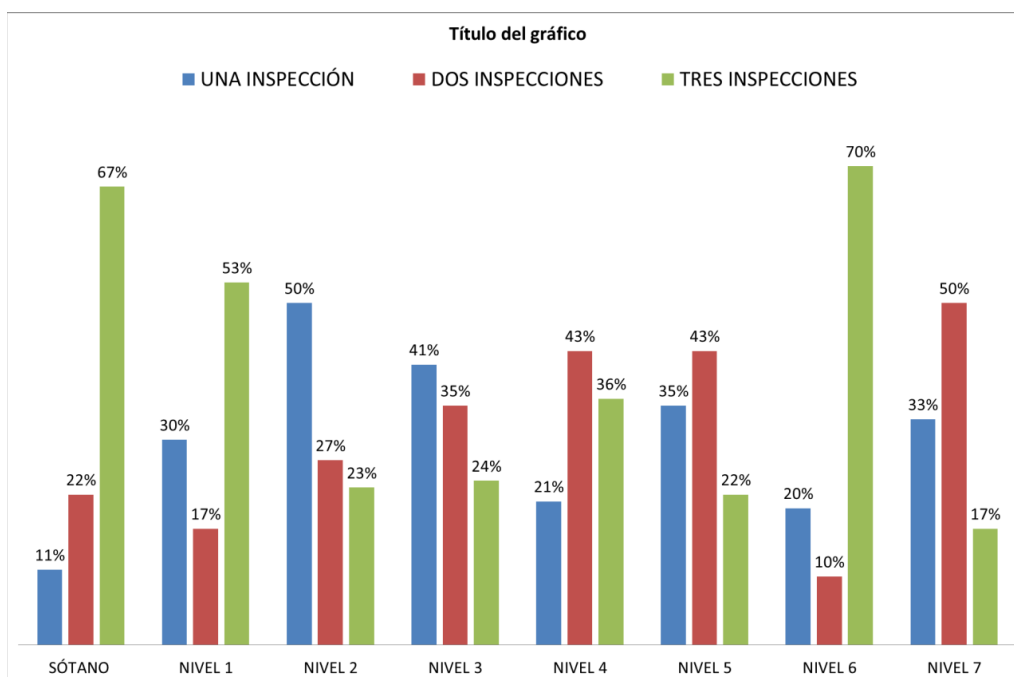


**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Resumen

Con base en el análisis anterior en la Figura 26 Porcentaje total de inspecciones por nivel se muestra gráficamente el porcentaje total de inspecciones por nivel, realizadas durante el año 2020 en el edificio del Complejo ICE San Pedro. Esto muestra que el sótano, el nivel 1 y el nivel 6 fueron los que más tuvieron inspecciones.

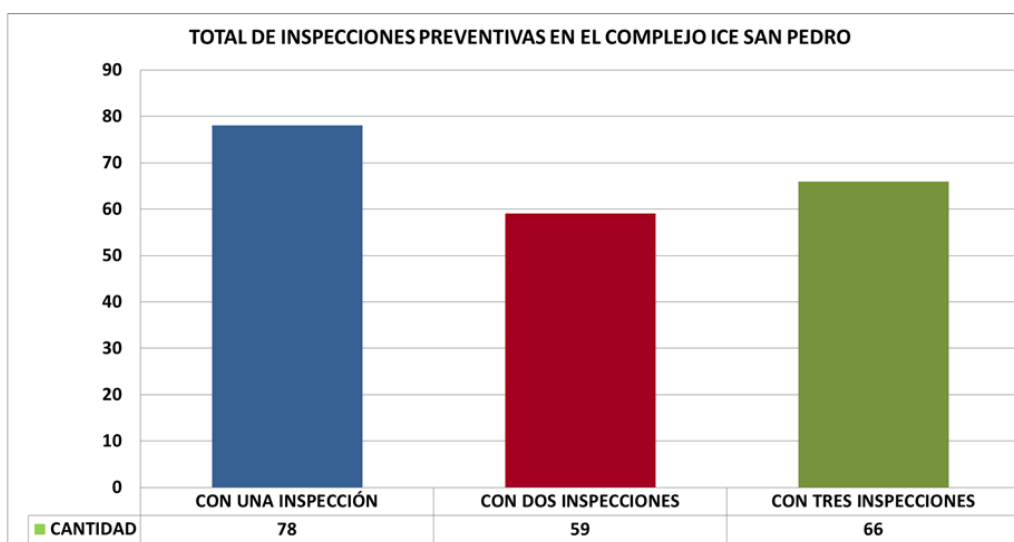
**Figura 26 Porcentaje total de inspecciones por nivel**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Según la Figura 27 Total de inspecciones del edificio del complejo ICE San Pedro la mayor cantidad de equipos (78 equipos) recibieron una inspección, seguidos de 59 equipos con dos inspecciones y 66 equipos con tres inspecciones.

**Figura 27 Total de inspecciones del edificio del complejo ICE San Pedro**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### **Mantenimiento correctivo de los equipos de aire acondicionado**

El mantenimiento correctivo es realizado tanto por el personal de planta como por la contrata externa, mediante una modalidad que se llama contratación de una licitación por demanda que surge como la necesidad de que se le suplan bienes periódicamente, según las necesidades de consumo.

Cabe mencionar que los trabajos correctivos que realizan técnicos de planta, no tienen un registro o bitácora donde se documenten, que para efectos de esta investigación, será tomada en cuenta como referencia el criterio del coordinador, el cual indica que en promedio se atienden tres averías diarias.

El mantenimiento correctivo es atendido mediante dos maneras tanto para el personal de planta como para la contrata externa:

- Mediante llamada telefónica -129- se canaliza la avería al departamento de electromecánica. En primera instancia la atiende el técnico de planta, si tiene los repuestos necesarios o la reparación es compleja la realiza, caso contrario, se la traslada a la contratación externa para su respectiva reparación.
- La otra forma de aplicar intervenciones correctivas es posterior a las inspecciones periódicas preventivas que realiza la contratación externa, en caso de aparecer un daño es corregido.

### **Cantidad de equipos que recibieron mantenimiento correctivo**

En el siguiente análisis se mostraran únicamente los trabajos correctivos realizados por la contrata externa, dada la situación que se detalló anteriormente. Sin embargo, para el análisis económico, serán tomadas en cuenta las intervenciones correctivas realizados tanto por el personal de planta como por los de la contrata externa.

La cantidad total de equipos que recibieron intervenciones correctivas entre enero y diciembre de 2019 y 2020, fue de 24 y 51 equipos respectivamente, como se detalla en la Tabla 14 Cantidad de equipos que recibieron intervenciones correctivas por nivel y tipo de aire con # activo (2019) y en la Tabla 15 Cantidad de equipos recibieron intervenciones correctivas por nivel y tipo de aire con # activo (2020).

**Tabla 14 Cantidad de equipos que recibieron intervenciones correctivas por nivel y tipo de aire con # activo (2019).**

CANTIDAD DE EQUIPOS QUE RECIBIERON INTERVENCIONES CORRECTIVAS POR TIPO DE AIRE POR NIVEL CON # ACTIVO (2019)									
TIPO DE EQUIPO	SÓTANO	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7	TOTAL
PRESIÓN	1	8	1			5			15
MANEJADORA				1					1
PARTIDO			1	2	3		1		7
VRV									0
VENTANA									0
CHILLER					1				1
PAQUETE									
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>24</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 15 Cantidad de equipos recibieron intervenciones correctivas por nivel y tipo de aire con # activo (2020).**

CANTIDAD DE EQUIPOS QUE RECIBIERON INTERVENCIONES CORRECTIVAS POR TIPO DE AIRE POR NIVEL CON # ACTIVO (2020)									
TIPO DE EQUIPO	SÓTANO	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7	TOTAL
PRESIÓN	3	14	3	7	3	4	1		35
MANEJADORA			2		1			1	4
PARTIDO		1	2	5	3	1			12
VRV									0
VENTANA									0
CHILLER									0
PAQUETE									
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>51</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### **Análisis de mantenimiento correctivo por nivel**

Se realiza seguidamente un análisis cronológico de las intervenciones correctivas que se llevaron a cabo en cada nivel (se hace la salvedad de que hay trabajos correctivos no registrados), el cual se detalla a continuación:

#### **Sótano**

En el cronograma de mantenimiento correctivo del sótano la cantidad de intervenciones para los años 2019 y 2020 fue de una y cuatro intervenciones correctivas, respectivamente; como se detalla en la Tabla 16 Cronograma de Inspecciones Sótano 2019 y en la Tabla 17 Cronograma de Inspecciones en el Sótano, 2020

**Tabla 16 Cronograma de inspecciones en el sótano, 2019**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO SÓTANO (2019)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170356				x									1

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 17 Cronograma de Inspecciones en el sótano, 2020**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO SÓTANO (2020)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170356			x										1
AA-4170354			x			x							2
AA-4170355			x										1
<b>TOTAL</b>													<b>4</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 1

En el cronograma de mantenimiento correctivo del nivel 1 la cantidad de intervenciones para los años 2019 y 2020 fue de 11 y 20 intervenciones correctivas, respectivamente, como se detalla en la Tabla 18 Cronograma de Inspecciones Nivel 1 2019 y en la Tabla 19 Cronograma de inspecciones nivel 1, 2020.

**Tabla 18 Cronograma de inspecciones nivel 1 2019**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 1 (2019)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170060	x												1
AA-4170017			x								x		2
AA-4160837				x							x		2
AA-4170237				x									1
AA-4170308				x									1
AA-4170270				x								x	2
AA-4170236												x	1
AA-4170307											x		1
<b>TOTAL</b>													<b>11</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 19 Cronograma de inspecciones nivel 1 2020**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 1 (2020)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170236		x											1
AA-4170350		x											1
AA-4170350		x											1
AA-4170350							x			x			2
AA-4170014			x			x							2
AA-4170239			x										1
AA-4170238			x										1
AA-4170237			x							x			2
AA-4170237										x			1
AA-4170270				x									1
AA-4170013						x							1
AA-4170017						x							1
AA-4170268									x				1
AA-4170351			x										1
AA-4170353			x										1
AA-4170352			x										1
AA-4170010			x										1
<b>TOTAL</b>													<b>20</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 2

En el cronograma de mantenimiento correctivo del nivel 2 la cantidad de intervenciones en los años 2019 y 2020 fue de cuatro y ocho intervenciones, respectivamente; como se detalla en la Tabla 20 Cronograma de inspecciones nivel 2 2019 y en la Tabla 21 Cronograma de inspecciones nivel 2 2020

**Tabla 20 Cronograma de inspecciones nivel 2 2019**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 2 (2019)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170263							x	x	x				3
AA-4170037											x		1
<b>TOTAL</b>													<b>4</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 21 Cronograma de inspecciones nivel 2 2020**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 2 (2020)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170264						x							1
AA-4170263		x											1
AA-4170037						x	x						2
AA-4170028										x			1
AA-4170040							x						1
AA-4170035						x							1
AA-4170306			x										1
<b>TOTAL</b>													<b>8</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 3

En el cronograma de mantenimiento correctivo del nivel 3 la cantidad de intervenciones en los años 2019 y 2020 fue de cuatro y 15 intervenciones correctivas, respectivamente, como se detalla en la Tabla 22 Cronograma de inspecciones nivel 3 2019 y en la Tabla 23 Cronograma de inspecciones nivel 3 2020

**Tabla 22 Cronograma de inspecciones nivel 3 2019**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 3 (2019)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170007	x												1
AA-4160844	x												1
AA-4170045				x									1
AA-4170310					x								1
<b>TOTAL</b>													<b>4</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 23 Cronograma de inspecciones nivel 3, 2020**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 3 (2020)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170009			x										1
AA-4170043				x		x							2
AA-4170011				x		x							2
AA-4170044										x			1
AA-4170044										x			1
AA-4170042										x			1
AA-4170047						x							1
AA-4170007							x						1
AA-4170050		x				x							2
AA-4170359			x										1
AA-4170357			x										1
AA-4170008		x											1
<b>TOTAL</b>													<b>15</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

#### Nivel 4

En el cronograma de mantenimiento correctivo del nivel 4 la cantidad de intervenciones en los años 2019 y 2020 fue de cinco y 13 intervenciones correctivas, respectivamente; como se detalla en la Tabla 24 Cronograma de inspecciones nivel 4 2019 y en la Tabla 25 Cronograma de inspecciones nivel 4, 2020

**Tabla 24 Cronograma de inspecciones nivel 4, 2019**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 4 (2019)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170072	x												1
AA-4170301			x										1
AA-4170271					x								1
AA-4170062						x	x						2
<b>TOTAL</b>													<b>5</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 25 Cronograma de inspecciones nivel 4, 2020**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 4 (2020)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170271	x	x											2
AA-4170271		x				x							2
AA-4170300						x							1
AA-4170301						x							1
AA-4170301						x							1
AA-4170059							x						1
AA-4170061									x				1
AA-4170272		x							x	x			3
AA-4170260		x											1
<b>TOTAL</b>													<b>13</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

#### Nivel 5

En el cronograma de mantenimiento correctivo del nivel 5 la cantidad de intervenciones en los años 2019 y 2020 fue de seis y ocho intervenciones correctivas, respectivamente, como se detalla en la Tabla 26 Cronograma de inspecciones nivel 5, 2019 y en la Tabla 27 Cronograma de inspecciones nivel 5, 2020

**Tabla 26 Cronograma de inspecciones nivel 5, 2019**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 5 (2019)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170104	x					x							2
AA-4170107	x												1
AA-4170108	x												1
AA-4170105	x												1
AA-4170103		x											1
<b>TOTAL</b>													<b>6</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 27 Cronograma de inspecciones nivel 5, 2020**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 5 (2020)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170108		x											1
AA-4170070			x										1
AA-4170070		x											1
AA-4170106						x							1
AA-4170103									x				1
AA-4170103			x										1
AA-4170103					x								1
AA-4170100		x											1
<b>TOTAL</b>													<b>8</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 28 Cronograma de Inspecciones Nivel 6 2020**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 6 (2020)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170112					x				x				2
AA-4170113									x				1
<b>TOTAL</b>													<b>3</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 29 Cronograma de inspecciones nivel 7, 2020**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 7 (2020)													
MESES													
EQUIPO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AA-4170137					x					x			2
<b>TOTAL</b>													<b>2</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

## Resumen

Con base en el análisis anterior se muestra el resumen del total de intervenciones correctivas por nivel, realizadas durante los años 2019-2020, como se detalla en la Tabla 28 Cantidad total de mantenimientos correctivos 2019-2020:

**Tabla 30 Cantidad total de mantenimientos correctivos 2019-2020**

<b>TOTAL DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS 2019-2020</b>			
<b>NIVEL</b>	<b>CANTIDAD DE CORRECTIVOS 2019</b>	<b>CANTIDAD DE CORRECTIVOS 2020</b>	<b>TOTAL</b>
<b>SOTANO</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>NIVEL 1</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>32</b>
<b>NIVEL 2</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>12</b>
<b>NIVEL 3</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>19</b>
<b>NIVEL 4</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>18</b>
<b>NIVEL 5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>14</b>
<b>NIVEL 6</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>NIVEL 7</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>73</b>	<b>105</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En cuanto a las intervenciones correctivas que se realizaron en los años 2019-2020 por nivel y tipo de equipo, en la Tabla 31 Recurrencia de intervenciones correctivas 2019-2020 se muestra este dato:

**Tabla 31 Recurrencia de intervenciones correctivas 2019-2020**

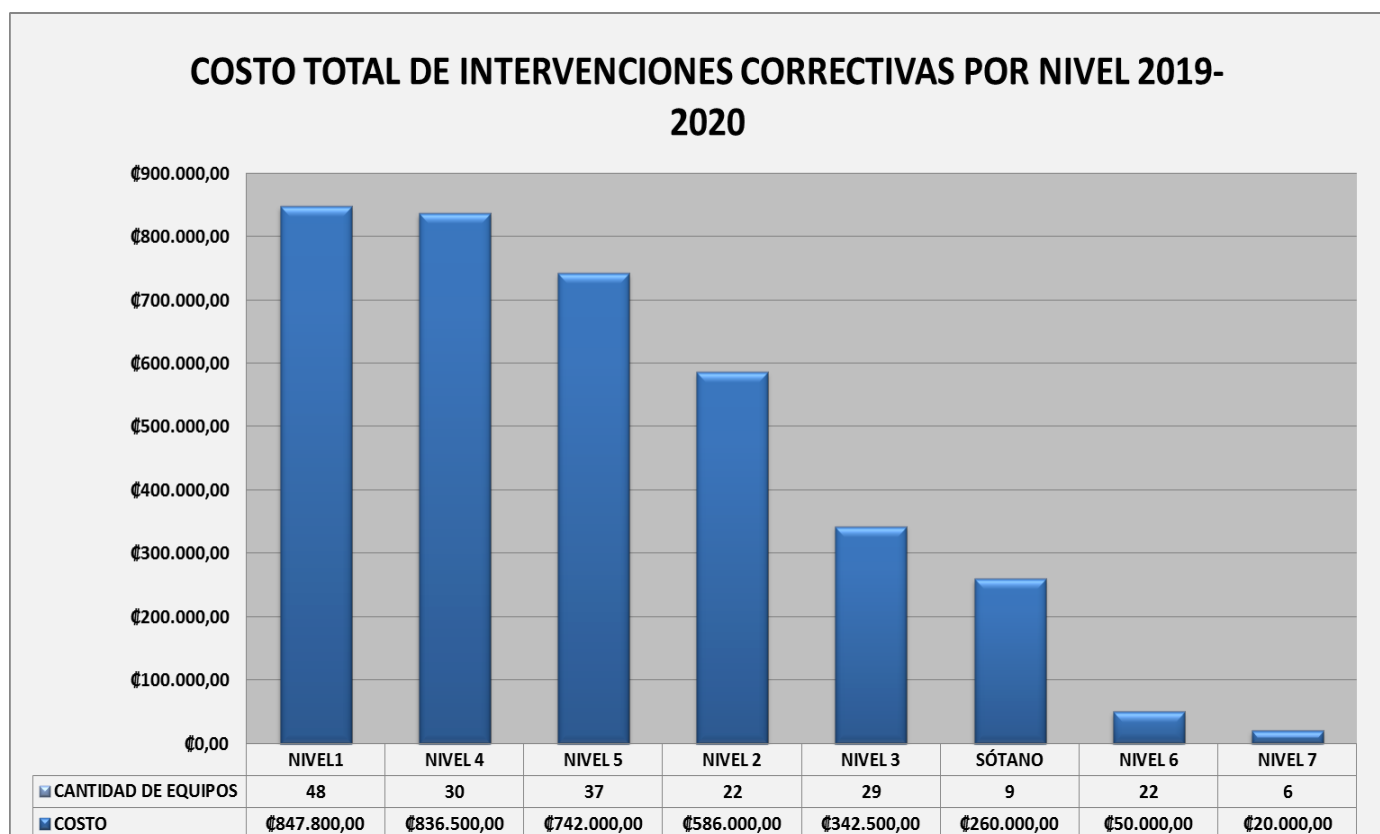
RECURRENCIA DE INTERVENCIONES CORRECTIVAS POR EQUIPO						
UBICACIÓN	EQUIPO	TIPO DE AIRE	AÑO 2019	AÑO 2020	TOTAL DE INTERVENCIONES CORRECTIVAS	TOTAL DE COSTOS DE INTERVENCIONES CORRECTIVAS
SÓTANO	AA-4170356	PRESICIÓN	1	1	2	€170.000,00
	AA-4170354	PRESICIÓN	0	2	2	€90.000,00
NIVEL 1	AA-4170017	PRESICIÓN	2	1	3	€299.000,00
	AA-4170237	PRESICIÓN	1	3	4	€190.500,00
	AA-4170270	PRESICIÓN	2	1	3	€208.300,00
	AA-4170236	PRESICIÓN	1	1	2	€100.000,00
	AA-4170350	PRESICIÓN	0	4	4	€50.000,00
NIVEL 2	AA-4170263	PRESICIÓN	3	1	4	€535.000,00
	AA-4170037	PARTIDO	1	2	3	€51.000,00
NIVEL 3	AA-4170007	PARTIDO	1	1	2	€25.000,00
	AA-4170043	PRESICIÓN	0	2	2	€50.000,00
	AA-4170011	PARTIDO	0	2	2	€80.000,00
	AA-4170050	PRESICIÓN	0	2	2	€30.000,00
	AA-4170044	PRESICIÓN	0	2	2	€157.500,00
NIVEL 4	AA-4170271	PRESICIÓN	1	4	5	€301.500,00
	AA-4170301	PARTIDO	1	2	3	€200.000,00
	AA-4170062	PARTIDO	2	0	2	€146.500,00
	AA-4170272	PRESICIÓN	0	3	3	€188.500,00
NIVEL 5	AA-4170108	PRESICIÓN	1	1	2	€160.000,00
	AA-4170103	PRESICIÓN	1	3	4	€104.500,00
	AA-4170104	PRESICIÓN	2	0	2	€64.000,00
	AA-4170108	PRESICIÓN	1	1	2	€160.000,00
	AA-4170070	PARTIDO	0	2	2	€253.500,00
NIVEL 6	AA-4170112	PRESICIÓN	0	2	2	€50.000,00
NIVEL 7	AA-4170137	MANEJADORA	0	2	2	€20.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>21</b>	<b>45</b>	<b>66</b>	<b>€3.684.800,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

De acuerdo con la tabla anterior el equipo con más intervenciones correctivas fue el equipo AA-4170271 (precisión), en el cuarto nivel con cinco intervenciones. Seguido esto de los equipos AA-4170237 y AA-4170350 (ambos de precisión) del primer nivel; AA-4170263 (precisión) del segundo nivel y el AA-4170103 (precisión) del quinto nivel; todos con cuatro intervenciones.

En la siguiente Figura 28 Costo total de intervenciones correctivas por nivel 2019-2020 se observan gráficamente los costos de intervenciones correctivas por nivel durante el 2019 y el 2020. Con un costo de €847.800 en el primer nivel y con €836.500 en el segundo nivel, seguido del quinto nivel con €742.000 y el segundo piso con €586.000.

**Figura 28 Costo total de intervenciones correctivas por nivel 2019-2020**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Costos del mantenimiento preventivo y correctivo

Los costos para los mantenimientos preventivo y correctivo se manejan de la siguiente manera:

#### Mantenimiento preventivo

Es realizado por la empresa contratada y el precio se establece según la línea de pago que indica el cartel de licitación, el cual está por un monto de ₱44.000,00 por inspección, según como se muestra en la Tabla 32 Costos de mantenimiento preventivo.

**Tabla 32 Costos de mantenimiento preventivo**

COSTOS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO INDICADOS EN EL CARTEL		
DESCRIPCION	MATERIAL	PRECIO TOTAL CRC
Verificación e inspección para sistema de aire acondicionado. (Mantenimiento preventivo)	COOL TOUCH	₱44.000,00

**Nota: Departamento de electromecánica**

### Mantenimiento correctivo:

Cuando es realizado por la empresa contratada se cancela el monto de la reparación con base en los precios establecidos en el contrato de licitación (Tabla 33 Costos de mantenimiento correctivo). En caso de que esa reparación no esté dentro de los rubros de pago del cartel se hace la estimación del costo del trabajo (mano de obra y materiales) y se reemplaza por una línea de pago aproximado. A modo de ejemplo se procede así:

- ✓ Para reparaciones con montos aproximados a ¢50.000,00 se asigna el precio de una inspección en ¢44.000,00.
- ✓ En casos de reparaciones superiores se asigna el monto indicado en la línea de cambios de compresor en ¢225.000,00.

Cuando es realizado por el departamento pueden comprar repuestos hasta por un monto de ¢225.000,00. Si es más de ¢225.000,00 la compra se maneja por medio del departamento de finanzas.

Para ambos mantenimientos, correctivo y preventivo, no existe un respaldo -copia- de facturas de la adquisición de repuestos y equipos en el departamento que permita llevar un inventario de compras, ni de las inspecciones.

Para las intervenciones correctivas que incluyan cambios de repuestos como motores, compresores y tarjetas electrónicas, estos son suministrados por la institución y la empresa contratada solamente cobra la mano de obra. Para el resto de líneas la empresa contratada aporta materiales y manos de obra, como se detalla a continuación en la Tabla 33 Costos de mantenimiento correctivo:

**Tabla 33 Costos de mantenimiento correctivo**

<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO INDICADOS EN EL CARTEL</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>PRECIO TOTAL CRC</b>
Pintura anticorrosiva para sistema de aire acondicionado.	COOL TOUCH	¢25.800,00
Correctivo de visor de línea de líquido.	COOL TOUCH	¢22.500,00
Correctivo de motor evaporador de unidad de precisión <b>(cambio de motor)</b>	ICE	¢10.500,00
Correctivo de aceites del compresor semi hermético.	COOL TOUCH	¢26.000,00
Correctivo de motor evaporador unidad de aire acondicionado. <b>(cambio de motor) (roles)</b>	ICE	¢10.500,00
Correctivo de motor condensador de unidad de aire acondicionado. <b>(cambio de motor) (roles)</b>	ICE	¢10.500,00
Correctivo de válvulas de expansión.	COOL TOUCH	¢2.000,00
Correctivo de válvulas solenoide .	COOL TOUCH	¢35.000,00
Correctivo de filtros deshidratados.	COOL TOUCH	¢20.000,00
Correctivo de relés para sistema de aire acondicionado.	COOL TOUCH	¢10.000,00
Correctivo de contactores para sistema de aire acondicionado.	COOL TOUCH	¢10.000,00
Correctivo de capacitor de arranque en motores y compresores.	COOL TOUCH	¢10.000,00
Correctivo de presostatos de alta y baja.	COOL TOUCH	¢10.000,00
Correctivo de fugas de refrigerante.	COOL TOUCH	¢40.000,00
Correctivo de control electrónico <b>(Cambio de tarjeta de control)</b>	ICE	¢10.000,00
Correctivo de cambio de compresores de 5000 a 15000 kcal/hr. (2 a 4 TON)	ICE	¢225.000,00
Correctivo de cambio de compresores de 15001 a 30000 kcal/hr. (5 a 10 TON)	ICE	¢265.000,00
Verificación de acidéz y humedad de compresores.	COOL TOUCH	¢12.000,00
Pintura de tuberías de aire acondicionado	COOL TOUCH	¢500,00
Correctivo de tuberías de PVC para sistemas de aire acondicionado	COOL TOUCH	¢500,00

**Nota: Departamento de Electromecánica**

Total de costos de mantenimiento preventivo

Tomando en cuenta el costo para mantenimiento preventivo de ¢44.000,00 -por inspección- se realizó el cálculo respectivo de los costos por nivel del año 2020 como se detallan a continuación:

Sótano

Como se muestra en la Tabla 34 Costo de inspecciones anuales por equipo sótano 2020, para el sótano se obtuvo un costo total de ¢1.012.00,00 y en la Tabla 35 Costos de inspección mensual sótano 2020 aparecen distribuidos en los meses de marzo, junio y octubre.

**Tabla 34 Costo de las inspecciones anuales por equipo, sótano 2020**

<b>COSTO DE INSPECCIONES ANUAL POR EQUIPO SÓTANO (2020)</b>		
<b>EQUIPO</b>	<b>INSPECCIONES</b>	<b>TOTAL</b>
AA-4170001 MANEJADORA	3	₪ 132.000,00
AA-4170002 MANEJADORA	3	₪ 132.000,00
AA-4170309 MANEJADORA	2	₪ 88.000,00
AA-4170136 PARTIDO	3	₪ 132.000,00
AA-4170268 PRESICIÓN	3	₪ 132.000,00
AA-4170356 PRESICIÓN	3	₪ 132.000,00
AA-4170355 PRESICIÓN	2	₪ 88.000,00
AA-4170335 PRESICIÓN	1	₪ 44.000,00
AA-4170354 PRESICIÓN	3	₪ 132.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>₪ 1.012.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 35 Costos de inspección mensual, sótano 2020**

<b>COSTO DE INSPECCIONES MENSUAL SÓTANO (2020)</b>		
<b>MES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
ENERO		₪ -
FEBRERO		₪ -
MARZO	8	₪ 352.000,00
ABRIL		₪ -
MAYO		₪ -
JUNIO	8	₪ 352.000,00
JULIO		₪ -
AGOSTO		₪ -
SEPTIEMBRE		₪ -
OCTUBRE	7	₪ 308.000,00
NOVIEMBRE		₪ -
DICIEMBRE		₪ -
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>₪ 1.012.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 1

Para el nivel 1, como se muestra en la Tabla 36 Costo de inspecciones anuales por nivel 1, 2020, se obtuvo un costo total de ₪4.708.000,00, distribuido en los meses de febrero, marzo, abril, junio, julio y octubre, como se aprecia en la Tabla 37 Costos de inspección mensual, nivel 1 2020.

Tabla 36 Costo de inspecciones anuales por nivel 1, 2020

COSTO DE INSPECCIONES ANUAL POR EQUIPO NIVEL 1 (2020)		
EQUIPO	INSPECCIONES	TOTAL
AA-4170013 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170239 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170236 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170237 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170238 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170017 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170270 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170351 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170350 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170307 PRESICIÓN	2	₡ 88.000,00
AA-4170014 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170060 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170352 PRESICIÓN	2	₡ 88.000,00
AA-4170353 PRESICIÓN	2	₡ 88.000,00
AA-4170329 PRESICIÓN	1	₡ 44.000,00
AA-4170330 PRESICIÓN	1	₡ 44.000,00
AA-4170308 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170331 PRESICIÓN	1	₡ 44.000,00
AA-4170332 PRESICIÓN	1	₡ 44.000,00
Equipo sin activo PRESICIÓN	2	₡ 88.000,00
Equipo sin activo PRESICIÓN	2	₡ 88.000,00
Equipo sin activo PRESICIÓN	1	₡ 44.000,00
Equipo sin activo PRESICIÓN	1	₡ 44.000,00
AA-4170292 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170293 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170294 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170296 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170297 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170298 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170019 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170315 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170316 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170317 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170328 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170235 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170295 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170020 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170299 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170314 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170016 PARTIDO	1	₡ 44.000,00
AA-4170022 PARTIDO	1	₡ 44.000,00
AA-4170358 PARTIDO	3	₡ 132.000,00
AA-4170010 PARTIDO	1	₡ 44.000,00
Equipo sin activo PARTIDO	1	₡ 44.000,00
AA-4170015 VENTANA	3	₡ 132.000,00
AA-4170337 VRV	1	₡ 44.000,00
AA-77548 VRV	1	₡ 44.000,00
Equipo sin activo VRV	1	₡ 44.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>₡ 4.708.000,00</b>

Nota: Katherine Chavarría Castro

Tabla 37 Costos de inspección mensual nivel 1, 2020

<b>COSTO DE INSPECCIONES MENSUAL NIVEL 1 (2020)</b>		
<b>MES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>ENERO</b>		₪ -
<b>FEBRERO</b>	2	₪ 88.000,00
<b>MARZO</b>	26	₪ 1.144.000,00
<b>ABRIL</b>	8	₪ 352.000,00
<b>MAYO</b>		₪ -
<b>JUNIO</b>	16	₪ 704.000,00
<b>JULIO</b>	20	₪ 880.000,00
<b>AGOSTO</b>		₪ -
<b>SEPTIEMBRE</b>		₪ -
<b>OCTUBRE</b>	35	₪ 1.540.000,00
<b>NOVIEMBRE</b>		₪ -
<b>DICIEMBRE</b>		₪ -
<b>TOTAL</b>	<b>107</b>	<b>₪ 4.708.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 2

Para el nivel 2 se obtuvieron los datos que se detallan en la Tabla 38 Costo de inspecciones anuales por nivel 2, 2020, costo total de ₪1.672.000,00, y en la Tabla 39 Costos de inspección mensual nivel 2, 2020, la distribución en los meses de marzo, mayo, junio, julio, septiembre y octubre.

Tabla 38 Costo de inspecciones anuales por nivel 2 2020

COSTO DE INSPECCIONES ANUAL POR EQUIPO NIVEL 2 (2020)		
EQUIPO	INSPECCIONES	TOTAL
AA-4170037 PARTIDO	3	₪ 132.000,00
AA-4170312 PARTIDO	3	₪ 132.000,00
AA-4170032 PARTIDO	2	₪ 88.000,00
AA-4170034 PARTIDO	2	₪ 88.000,00
AA-4170035 PARTIDO	2	₪ 88.000,00
AA-4170036 PARTIDO	2	₪ 88.000,00
AA-4170031 PARTIDO	1	₪ 44.000,00
AA-4170306 PRESICIÓN	1	₪ 44.000,00
AA-4170264 PRESICIÓN	3	₪ 132.000,00
AA-4170262 PRESICIÓN	3	₪ 132.000,00
AA-4170263 PRESICIÓN	3	₪ 132.000,00
AA-4170028 MANEJADORA	1	₪ 44.000,00
AA-4170029 MANEJADORA	1	₪ 44.000,00
AA-4170039 MANEJADORA	1	₪ 44.000,00
AA-4170040 MANEJADORA	2	₪ 88.000,00
AA-4170023 MANEJADORA	1	₪ 44.000,00
AA-4170026 MANEJADORA	1	₪ 44.000,00
AA-4170027 MANEJADORA	1	₪ 44.000,00
AA-4170338 VRV	2	₪ 88.000,00
AA-4170335 VRV	1	₪ 44.000,00
AA-4170388 VRV	1	₪ 44.000,00
Equipo sin activo VRV	1	₪ 44.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>₪ 1.672.000,00</b>

Nota: Katherine Chavarría Castro

Tabla 39 Costos de inspección mensual nivel 2 2020

COSTO DE INSPECCIONES MENSUAL NIVEL 2 (2020)		
MES	CANTIDAD	COSTO TOTAL
ENERO		₪ -
FEBRERO		₪ -
MARZO	14	₪ 616.000,00
ABRIL		₪ -
MAYO	1	₪ 44.000,00
JUNIO	8	₪ 352.000,00
JULIO	5	₪ 220.000,00
AGOSTO		₪ -
SEPTIEMBRE	2	₪ 88.000,00
OCTUBRE	8	₪ 352.000,00
NOVIEMBRE		₪ -
DICIEMBRE		₪ -
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>₪ 1.672.000,00</b>

Nota: Katherine Chavarría Castro

## Nivel 3

Para el nivel 3, en la Tabla 40 Costo de inspecciones anuales por nivel 3 2020 se observa que se obtuvo un costo total de ¢2.332.000,00 y en la Tabla 41 Costos de inspección mensual nivel 3 2020 la distribución en los meses de febrero, marzo, mayo, junio, julio, septiembre y octubre.

**Tabla 40 Costo de inspecciones anuales por nivel 3 2020**

COSTO DE INSPECCIONES ANUAL POR EQUIPO NIVEL 3 (2020)		
EQUIPO	INSPECCIONES	TOTAL
AA-4170041 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170043 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170044 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170047 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170048 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170050 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170359 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170357 PRESICIÓN	2	¢ 88.000,00
AA-4170842 PRESICIÓN	1	¢ 44.000,00
AA-4170318 PARTIDO	2	¢ 88.000,00
AA-4170007 PARTIDO	2	¢ 88.000,00
AA-4170008 PARTIDO	2	¢ 88.000,00
AA-4170009 PARTIDO	2	¢ 88.000,00
AA-4170011 PARTIDO	2	¢ 88.000,00
AA-4170012 PARTIDO	2	¢ 88.000,00
AA-4170042 PARTIDO	2	¢ 88.000,00
AA-4170034 PARTIDO	1	¢ 44.000,00
AA-4170310 PARTIDO	1	¢ 44.000,00
AA-4170339 PARTIDO	1	¢ 44.000,00
AA-4170957 PARTIDO	1	¢ 44.000,00
AA-775448 PARTIDO	1	¢ 44.000,00
Equipo sin activo PARTIDO	1	¢ 44.000,00
AA-4170045 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170046 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170053 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170054 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170311 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
AA-4170325 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
Equipo sin activo VRV	1	¢ 44.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>¢ 2.332.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Tabla 41 Costos de inspección mensual nivel 3 2020

<b>COSTO DE INSPECCIONES MENSUAL NIVEL 3 (2020)</b>		
<b>MES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>ENERO</b>		₡ -
<b>FEBRERO</b>	11	₡ 484.000,00
<b>MARZO</b>	9	₡ 396.000,00
<b>ABRIL</b>		₡ -
<b>MAYO</b>	2	₡ 88.000,00
<b>JUNIO</b>	9	₡ 396.000,00
<b>JULIO</b>	12	₡ 528.000,00
<b>AGOSTO</b>		₡ -
<b>SEPTIEMBRE</b>	6	₡ 264.000,00
<b>OCTUBRE</b>	4	₡ 176.000,00
<b>NOVIEMBRE</b>		₡ -
<b>DICIEMBRE</b>		₡ -
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>₡ 2.332.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 4

Para el nivel 4, en la Tabla 42 Costo de inspecciones anuales por nivel 4 2020 se detalla que se obtuvo un costo total de ₡2.728.000,00 y en la Tabla 43 Costos de inspección mensual nivel 4 2020 la distribución en los meses de febrero, marzo, mayo, junio, julio y septiembre.

Tabla 42 Costo de inspecciones anuales por nivel 4 2020

COSTO DE INSPECCIONES ANUAL POR EQUIPO NIVEL 4 (2020)		
EQUIPO	INSPECCIONES	TOTAL
AA-4170271 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170272 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170063 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170059 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170056 PRESICIÓN	1	₡ 44.000,00
AA-4170062 PARTIDO	3	₡ 132.000,00
AA-4170061 PARTIDO	3	₡ 132.000,00
AA-4170259 PARTIDO	2	₡ 88.000,00
AA-4170320 PARTIDO	1	₡ 44.000,00
AA-775453 PARTIDO	1	₡ 44.000,00
AA-4170300 PARTIDO	3	₡ 132.000,00
AA-4170301 PARTIDO	3	₡ 132.000,00
AA-4170304 PARTIDO	2	₡ 88.000,00
AA-4170254 PARTIDO	1	₡ 44.000,00
AA-4170072 PARTIDO	3	₡ 132.000,00
AA-4170260 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170261 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170242 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170065 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170068 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170241 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170243 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170055 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170058 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170240 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170066 MANEJADORA	3	₡ 132.000,00
AA-4170064 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
Equipo sin activo MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170340 VRV	2	₡ 88.000,00
Equipo sin activo VRV	1	₡ 44.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>₡ 2.728.000,00</b>

Nota: Katherine Chavarría Castro

Tabla 43 Costos de inspección mensual nivel 4 2020

COSTO DE INSPECCIONES MENSUAL NIVEL 4 (2020)		
MES	CANTIDAD	COSTO TOTAL
ENERO		₡ -
FEBRERO	26	₡ 1.144.000,00
MARZO	1	₡ 44.000,00
ABRIL		₡ -
MAYO	3	₡ 132.000,00
JUNIO	11	₡ 484.000,00
JULIO	9	₡ 396.000,00
AGOSTO		₡ -
SEPTIEMBRE	12	₡ 528.000,00
OCTUBRE		₡ -
NOVIEMBRE		₡ -
DICIEMBRE		₡ -
<b>TOTAL</b>	<b>62</b>	<b>₡ 2.728.000,00</b>

Nota: Katherine Chavarría Castro

## Nivel 5

Para el nivel 5, en la Tabla 44 Costo de inspecciones anuales por nivel 5 2020 se obtuvo un costo total de ¢3.036.000,00 y en la Tabla 45 Costos de inspección mensual nivel 5 2020 aparece la distribución en los meses de enero, febrero, marzo, mayo, junio, julio y septiembre.

**Tabla 44 Costo de inspecciones anuales por nivel 5 2020**

COSTO DE INSPECCIONES ANUAL POR EQUIPO NIVEL 5 (2020)		
EQUIPO	INSPECCIONES	TOTAL
AA-4170105 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170107 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170108 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170109 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170103 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170104 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170100 PRESICIÓN	3	¢ 132.000,00
AA-4170106 PRESICIÓN	2	¢ 88.000,00
AA-775456 PARTIDO	1	¢ 44.000,00
AA-4170070 PARTIDO	2	¢ 88.000,00
AA-4170071 PARTIDO	2	¢ 88.000,00
AA-4170101 MANEJADORA	3	¢ 132.000,00
AA-4170073 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
AA-4170086 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
AA-4170087 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
AA-4170088 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
AA-4170089 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
AA-4170090 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
AA-4170091 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
AA-4170092 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
AA-4170093 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
AA-4170095 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
AA-4170074 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170075 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170076 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170077 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170078 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170079 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170080 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170083 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170084 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170085 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170094 MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170096 MANEJADORA	2	¢ 88.000,00
Equipo sin activo MANEJADORA	1	¢ 44.000,00
AA-4170341 VRV	2	¢ 88.000,00
AA-4170102 CHILLER	2	¢ 88.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>¢ 3.036.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 45 Costos de inspección mensual nivel 5 2020**

COSTO DE INSPECCIONES MENSUAL NIVEL 5 (2020)		
MES	CANTIDAD	COSTO TOTAL
ENERO	19	₡ 836.000,00
FEBRERO	14	₡ 616.000,00
MARZO	1	₡ 44.000,00
ABRIL		₡ -
MAYO	10	₡ 440.000,00
JUNIO	3	₡ 132.000,00
JULIO	12	₡ 528.000,00
AGOSTO		₡ -
SEPTIEMBRE	10	₡ 440.000,00
OCTUBRE		₡ -
NOVIEMBRE		₡ -
DICIEMBRE		₡ -
<b>TOTAL</b>	<b>69</b>	<b>₡ 3.036.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 6

Para el nivel 6, en la Tabla 46 Costo de inspecciones anuales por nivel 6 2020 se muestra que se obtuvo un costo total de ₡1.408.000,00 y en la Tabla 47 Costos de inspección mensual nivel 6 2020 aparece la distribución en los meses de enero, febrero, mayo, junio y septiembre.

**Tabla 46 Costo de inspecciones anuales por nivel 6 2020**

COSTO DE INSPECCIONES ANUAL POR EQUIPO NIVEL 6 (2020)		
EQUIPO	INSPECCIONES	TOTAL
AA-4170110 PRESICIÓN	3	₡ 132.000,00
AA-4170112 PRESICIÓN	1	₡ 44.000,00
Equipo sin activo PRESICIÓN	1	₡ 44.000,00
AA-4170336 VRV	3	₡ 132.000,00
AA-4170342 VRV	3	₡ 132.000,00
AA-4170123 PARTIDO	2	₡ 88.000,00
AA-4170111 PARTIDO	3	₡ 132.000,00
AA-4170125 PARTIDO	1	₡ 44.000,00
Equipo sin activo PARTIDO	1	₡ 44.000,00
AA-4170360 MANEJADORA	2	₡ 88.000,00
AA-4170113 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170114 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170115 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170116 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170117 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170118 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170120 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170122 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170124 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170127 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170233 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
AA-4170314 MANEJADORA	1	₡ 44.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>₡ 1.408.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Tabla 47 Costos de inspección mensual nivel 6 2020

COSTO DE INSPECCIONES MENSUAL NIVEL 6 (2020)		
MES	CANTIDAD	COSTO TOTAL
ENERO	20	₪ 880.000,00
FEBRERO	1	₪ 44.000,00
MARZO		₪ -
ABRIL		₪ -
MAYO	5	₪ 220.000,00
JUNIO	1	₪ 44.000,00
JULIO		₪ -
AGOSTO		₪ -
SEPTIEMBRE	5	₪ 220.000,00
OCTUBRE		₪ -
NOVIEMBRE		₪ -
DICIEMBRE		₪ -
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>₪ 1.408.000,00</b>

Nota: Katherine Chavarría Castro

Nivel 7

Para el nivel 7, en la Tabla 48 Costo de inspecciones anuales por nivel 7 2020 se muestra que se obtuvo un costo total de ₪484.000,00 y en la Tabla 49 Costos de inspección mensual nivel 7 2020 la distribución en los meses de enero, mayo, julio y septiembre.

Tabla 48 Costo de inspecciones anuales por nivel 7 2020

COSTO DE INSPECCIONES ANUAL POR EQUIPO NIVEL 7 (2020)		
EQUIPO	INSPECCIONES	TOTAL
AA-4170343 VRV	3	₪ 132.000,00
AA-4170129 MANEJADORA	2	₪ 88.000,00
AA-4170137 MANEJADORA	2	₪ 88.000,00
AA-4170128 MANEJADORA	1	₪ 44.000,00
Equipo sin activo MANEJADORA	1	₪ 44.000,00
AA-4170131 PARTIDO	2	₪ 88.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>₪ 484.000,00</b>

Nota: Katherine Chavarría Castro

**Tabla 49 Costos de inspección mensual nivel 7 2020**

COSTO DE INSPECCIONES MENSUAL NIVEL 7 (2020)		
MES	INSPECCIONES	COSTO
ENERO	4	₡ 176.000,00
FEBRERO		₡ -
MARZO		₡ -
ABRIL		₡ -
MAYO	3	₡ 132.000,00
JUNIO		₡ -
JULIO	3	₡ 132.000,00
AGOSTO		₡ -
SEPTIEMBRE	1	₡ 44.000,00
OCTUBRE		₡ -
NOVIEMBRE		₡ -
DICIEMBRE		₡ -
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>₡ 484.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

#### Resumen

Dado lo anterior el costo total de todas inspecciones realizadas en el edificio asciende a ₡17.380.000,00, como a continuación se detalla en la Tabla 50 Costo total de inspecciones del edificio del Complejo ICE San Pedro 2020:

**Tabla 50 Costo total de inspecciones del edificio del Complejo ICE San Pedro 2020**

COSTO TOTAL DE INSPECCIONES DE TODOS LOS NIVELES (2020)		
MES	INSPECCIONES	COSTO
ENERO	43	₡ 1.892.000,00
FEBRERO	54	₡ 2.376.000,00
MARZO	59	₡ 2.596.000,00
ABRIL	8	₡ 352.000,00
MAYO	24	₡ 1.056.000,00
JUNIO	56	₡ 2.464.000,00
JULIO	61	₡ 2.684.000,00
AGOSTO	0	₡ -
SEPTIEMBRE	36	₡ 1.584.000,00
OCTUBRE	54	₡ 2.376.000,00
NOVIEMBRE	0	₡ -
DICIEMBRE	0	₡ -
<b>TOTAL</b>	<b>395</b>	<b>₡ 17.380.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Total de costos de mantenimiento correctivo

Tomando en cuenta el costo para mantenimiento correctivo por ítems se realizó el cálculo respectivo de los costos por nivel de los años 2019 y 2020, como se detallan a continuación:

Sótano

En la Tabla 51 Costos mantenimiento correctivo sótano (2019) se presentan los costos de mantenimiento correctivo del sótano en el 2019.

**Tabla 51 Costos de mantenimiento correctivo sótano 2019**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO SÓTANO (2019)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
25/11/2019	AA-4170356	PRESIÓN	R-407 C - Se realiza cambio de vastago de alta ya que presentaba fuga. - Se coloca una valvula a llave de bola en la succion, prueba de estanquidad 48n, vacio a 250mic y carga de R-407 C (11,2KG) -Materiales: * 2 llaves de bola suministradas por el ICE * 1 filtro deshidratador (5/8) * 1 visor (5/8) * 1 soldadura 45% * 2 soldaduras 15% * 1mts de cañuela 1 1/8 * 11,2 KG de R-407C	₡ 120.000,00
<b>TOTAL</b>				₡ 120.000,00

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Tabla 52 Costos de mantenimiento correctivo sótano 2020 se presentan los costos de mantenimiento correctivo del sótano en el 2020.

**Tabla 52 Costos de mantenimiento correctivo sótano 2020**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO SÓTANO (2020)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
19/03/2020	AA-4170356	PRESIÓN	R-407 C - SE REALIZA EL CAMBIO DE 5 CAPACITORES DE 2,5 UF	₡50.000,00
19/03/2020	AA-4170354	PRESIÓN	R-407 C - SE REALIZA EL CAMBIO DE 8 CAPACITORES DE 2,5 UF	₡80.000,00
19/03/2020	AA-4170355	PRESIÓN	R-407 - SE REALIZA CAMBIO DE 1 CAPACITOR DE 2,5 UF	₡10.000,00
22/06/2020	AA-4170354		1,0 metro x 50 centímetros de Aislante Armaflex	₡10.000,00
<b>TOTAL</b>				₡150.000,00

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

## Nivel 1

En la Tabla 53 Costos mantenimiento correctivo nivel 1 2019 se presentan los costos de mantenimiento correctivo del nivel 1 en el 2019. En la Tabla 54 Costos de mantenimiento correctivo nivel 1 (2020) se presentan los costos de mantenimiento correctivo del nivel 1 en el 2020.

**Tabla 53 Costos mantenimiento correctivo nivel 1 2019**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 1 (2019)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
15/01/2019	AA-4170060	PRESICIÓN	R-22 - SE ENCUENTRAN 2 FUSILES DAÑADOS EN EL CONDENSADOR, SE REEMPLAZAN 30AMP - EQUIPO FUNCIONA CORRECTAMENTE	₡ 44.000,00
22/03/2019	AA-4170017	PRESICIÓN	R-22 - SE REALIZA REPARACION POR FUGA. - SE REALIZA REPARACION DE FUSIBLE O VALVULA DE ALIVIO EN EL CONDENSADOR. - CAMBIO DE GUSANCS DEPRESORES EN LAS VALVULAS DE SERVICIO. VACIO A 500MIC Y CARGA DE REFRIGERANTE R-22 (19KG) SH: 7°C - R-22 5KG RECUPERADO	₡ 225.000,00
20/12/2019	AA-4170237	PRESICIÓN	R-407 C - Cambio de termostato	₡ 30.000,00
12/04/2019	AA-4170308	PRESICIÓN	R-407 C - SE REALIZA CAMBIO DE VASTAGO DE ALTA YA QUE PRESENTA FUGA. - SE COLOCA UNA VALVULA O LLAVE DE BOLA EN LA SUCCION, PRUEBA DE ESTANQUIDAD 24H, VACIO A 250MIC Y CARGA CON R-407 C (13,2KG) -MATERIALES: * 2 LLAVES DE BOLA SUMINISTRADO POR EL ICE * 1 SOLDADURA 45% * 2 SOLDADURAS DE 15% Y 13,2KG DE R-407 C * 1 METRO DE CAÑUELA DE 1 1/8	₡ 225.000,00
26/04/2019	AA-4170270		R-407 C - SE REALIZA TRABAJO CORRECTIVO POR FUGA - SE REALIZA CAMBIO DE REDUCCION EN LA DESCARGA DEL COMPRESOR. - PRUEBA DE ESTANQUIDAD 24H Y VACIO A 250MIC. MATERIALES: * 1 REDUCCION * 1 SOLDADURA 45% * 1 SOLDADURA 15% Y 13,2KG (R-407) * COMP: 23,1/22,7/22,5 AMP SH: 8° C	₡ 132.000,00
02/12/2019	AA-4170270	PRESICIÓN	(tienen distinto modelo y serie que en el mto preventivo) R-407 C (tienen distinto modelo y serie que en el mto preventivo) Se realiza el pintado general a la unidad condensadora *1/4 pintura anticorrosivo * 2 lijas 150	₡ 25.800,00
16/11/2019	AA-4170307	PRESICIÓN	R-407 C - BUSQUEDA DE FUGA, CAMBIO DE VISOR Y FILTRO 16 KG 60 BAJA 313 ALTA 24A 8,75 H	₡ 42.500,00
10/11/2019	AA-4170017	PRESICIÓN	R-22 -C1: REPARACION FUGA Y CAMBIO DE FILTRO 18 KG 68 BAJA 196 ALTA 27A 14,95 H -C2: CAMBIO DE PRESOSTATO RECUPERACION DE GAS Y AJUSTE DE 5KG 61 BAJA 200 ALTA 15,6 H	₡ 30.000,00
16/12/2019	AA-4170236	PRESICIÓN	407 C - Cambio de 2 termostato	₡ 60.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>₡ 814.300,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Tabla 54 Costos de mantenimiento correctivo nivel 1 (2020)

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 1 (2020)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
16/02/2020	AA-4170236	PRESIÓN	R-407 C -CAMBIO DE 4 CAPACITORES DE 2,5 MF	€40.000,00
16/02/2020	AA-4170350	PRESIÓN	R-407 C CAMBIO DE 1 CAPACITOR DE 2MF EN VENTILA DE CONDENSADOR	€10.000,00
16/02/2020	AA-4170350	PRESIÓN	R-407 C - CAMBIO DE 2 CAPACITORES DE 2 MF EN VENTILADORES DE CONDENSADOR	€20.000,00
13/10/2020	AA-4170350		R-407 C - SE PROCEDE A CAMBIAR AISLANTE DE UNA TAPA LATERAL EN EL EVAPORADOR. SE CAMBIA UN TOTAL DE 76CM X 1,52M DE ARMAFLEX DE 1/2	€10.000,00
18/03/2020	AA-4170014	PRESIÓN	R-22 - REPARACION E INSTALACION DE MOTOR VENTILADOR DE CONDENSADOR TRIFASICO - LI: 2,3 AMP L2: 2,1 AMP L3: 1,3 AMP	€10.500,00
23/06/2020	AA-4170014	PRESIÓN	R-22 CAMBIO DE PRESOSTATO DE ALTA E INSTALACION "T" EN LINEA DE LIQUIDO - SE RECUPERA Y SE USA EL MISMO GAS	€50.000,00
17/03/2020	AA-4170239	PRESIÓN	R-407 - SE REALIZA EL CAMBIO DE 8 CAPACITORES DE 2,5 UF	€80.000,00
17/03/2020	AA-4170238	PRESIÓN	R-407 C - SE REALIZA EL CAMBIO DE 4 CAPACITORES DE 2,5 UF	€40.000,00
19/03/2020	AA-4170237	PRESIÓN	R-407 C - SE REALIZO CAMBIO DE 14 CAPACITORES DE 4MF A LA UNIDAD CONDENSADORA,	€140.000,00
19/10/2020	AA-4170237	PRESIÓN	R-407 C - SE CAMBIA CAPACITOR DE 2,5 MF EN MOTOR DEL CONDENSADOR	€10.000,00
22/04/2020	AA-4170270	PRESIÓN	R-407 C - SE REALIZA CAMBIO DE MOTOR DEL CONDENSADOR, QUEDA OPERANDO CON NORMALIDAD. - SE CAMBIAN 4 CAPACITORES DE 4 MF EN MOTORES DEL CONDENSADOR	€50.500,00
17/06/2020	AA-4170013	PRESIÓN	R-22 - SE REALIZA BUSQUEDA Y REPARACION DE FUGAS, SE INSTALA "T" EN LINEA DE LIQUIDO PARA PONER PRESOSTATO DE ALTA PRESION	€40.000,00
24/06/2020	AA-4170017	PRESIÓN	R-22 - SE BAJA TURBINA CON DAÑO EN MUÑONERAS Y EN EL EJE, LA MISMA SE ENVIA A REPARAR Y LUEGO SE PROCEDE A INSTALAR, EQUIPO QUEDA TRABAJANDO CON NORMALIDAD	€44.000,00
28/09/2020	AA-4170268	PRESIÓN	AGUA HELADA - PERSONAL DEL ICE ENCUENTRAN MOTOR DAÑADO (ROLES) LUEGO COOL TOUCH SE ENCARGA DE BAJAR EL MOTOR ABRIRLO Y HACER EL CORRESPONDIENTE CAMBIO DE 2 ROLES TIPO 60257. SE CAMBIA Y SE CONECTA EL EQUIPO, QUEDA TRABAJANDO PERFECTAMENTE.	€10.500,00
14/10/2020	AA-4170237		INSTALACION DE MOTOR CONDENSADOR	€10.500,00
01/07/2020	AA-4170350		CAMBIO AISLANTE ARMAFLEX 1,9 MTS X 80 CM	€10.000,00
13/03/2020	AA-4170351		Cambio de 1 capacitor	€10.000,00
13/03/2020	AA-4170353		Cambio de 5 capacitores	€50.000,00
13/03/2020	AA-4170352		Cambio de 2 capacitores	€20.000,00
12/03/2020	AA-4170010		Cambio de 1 capacitor	€10.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>€666.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

## Nivel 2

En la Tabla 55 Costos de mantenimiento correctivo nivel 2 (2019) y en la Tabla 56 Costos de mantenimiento correctivo nivel 2 (2020) se presentan los costos de mantenimiento correctivo del nivel 2 en el 2020.

**Tabla 55 Costos mantenimiento correctivo nivel 2 (2019)**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 2 (2019)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
16/07/2019	AA-4170263	PRESIÓN	R-407 C - CAMBIAR FILTRO DE VISOR 5/8 -15KG R-407C 24AMP - VACIO 250MIC - 350PSI 24H - NOTA: FUGABA POR LA TUERCA DEL FILTRO 60 BAJA 300 ALTA SPH: 9°C	₡ 87.500,00
12/08/2019	AA-4170263	PRESIÓN	R-407 C - SE REALIZA EL CAMBIO DE FILTRO DESHIDRATADOR Y DEL VISOR A LA UNIDAD, SE PROCEDE A REVISAR FUGAS Y PRESURISAR VACIO LA UNIDAD, SE PRECARGA LA MAQUINA Y SE DA EL ARRANQUE DEL MISMO. * 12,2KG DE REFRIGERANTE (1 CILINDRO R-407C) SUPER HEAT: 9,5°C PRESION ALTA: 310PSI PRESION BAJA: 55PSI MATERIALES: * 2 BARRAS DE SOLDADURA * 1 PLIEGO DE LIJA (150) * 1 CILINDRO R-407C * 1 FILTRO DESHIDRATADOR 5/8 * 1 VISOR 1/2	₡ 132.500,00
10/09/2019	AA-4170263	PRESIÓN	R-407 C - C1: CAMBIO DE ACEITE POE EN EL COMPRESOR. LAVADO DE SISTEMA / CAMBIO DE FILTRO DESHIDRATACION 50PSI/300PSI - C2: CAMBIO DE VALVULA DE EXPANSION CAMBIO DE FILTRO DESHIDRATADOR 50PSI/290PSI	₡ 265.000,00
25/11/2019	AA-4170037	PARTIDO	R-22 - SE REALIZA CAMBIO DE GUSANO EN LA TOMA DE SUCCION YA QUE SE ENCONTRABA FUGANDO * 2KG DE R-22 * 1 GUSANO (OPRESA)	₡ 30.000,00
<b>TOTAL</b>				₡ 515.000,00

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 56 Costos de mantenimiento correctivo nivel 2 (2020)**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 2 (2020)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
05/07/2020	AA-4170037	PARTIDO	R-22 - SE REALIZA INSTALACION DE MOTOR PARA CONDENSADOR, SE SUMINISTRA CAPACITOR DE 5MF	€10.500,00
25/06/2020	AA-4170037	PARTIDO	R-22 - SE REALIZA CAMBIO DEL MOTOR EVAPORADOR Y EL EQUIPO TRABAJA CON NORMALIDAD	€10.500,00
25/06/2020	AA-4170264	PRESICIÓN	R-407 C - REPARACION DE SATURACION DE FILTRO Y VISOR, SE CAMBIA Y OPERA CON NORMALIDAD. - CAMBIO DE: * FILTRO * VISOR * VALVULA TXU (ICE) * 14 KG R-407 C	€84.500,00
27/02/2020	AA-4170263	PRESICIÓN	R-407 C - CAMBIO DE 5 CAPACITORES DE 2UF 2 DEL CIRCUITO 1 Y 3 DEL CIRCUITO 2	€50.000,00
23/10/2020	AA-4170028		1 cambio de motor manejadora	€10.500,00
22/07/2020	AA-4170040		Cambio de aislante armaflex 2 piezas de 34"x 23" cada una	€10.000,00
19/06/2020	AA-4170035		1 capacitor	€10.000,00
10/03/2020	AA-4170306		Cambio de 1 capacitor	€10.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>€196.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Nivel 3

En la Tabla 57 Costos de mantenimiento correctivo nivel 3 (2019) se presentan los costos de mantenimiento correctivo del nivel 3 en el 2019.

**Tabla 57 Costos de mantenimiento correctivo nivel 3 (2019)**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 3 (2019)				
FECHA	ACTIVO		TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
17/01/2019	AA-4170007	PARTIDO	R-22 - UNIDAD SE ENCUENTRA BAJA DE CARGA APROX 55PSI, SE AJUSTA LA CARGA A 65PSI. - SE REvisa Y NO PRESENTA FUGA APARENTEMENTE. - UNIDAD QUEDA TRABAJANDO CORTA POR TEMPERATURA NORMALMENTE EN 22° C -2,5KG DE R-22	€ 15.000,00
26/04/2019	AA-4170045	MANEJADORA	R-718 - PINTURA EN LA BANDEJA DE CONDENSADO A 3 CAPAS	€ 25.800,00
17/05/2019	AA-4170310	PARTIDO	R-22 - UNIDAD SE LE REALIZA CAMBIO DE COMPRESOR, PRUEBA DE FUGAS, CARGA CON REFRIGERANTE R-22, SE UTILIZO 2KG DEL REFRIGERANTE, 1 BARRA DE SOLDADURA 15% Y OPERA CON NORMALIDAD.	€ 225.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>€ 265.800,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Tabla 58 Costos de mantenimiento correctivo nivel 3 (2020) se presentan los costos de mantenimiento correctivo del nivel 3 en el 2020.

**Tabla 58 Costos de mantenimiento correctivo nivel 3 (2020)**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 3 (2020)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
04/03/2020	AA-4170009	PARTIDO	R-422 - SE CAMBIA CAPACITOR DE 40UF QUE CONSUME 28UF	€10.000,00
28/04/2020	AA-4170043	PRESICIÓN	R-22 - REPARACION DE FUGA EN LINEA DE LIQUIDO, OPERA CON NORMALIDAD. VACIO: 478MIC 20KG R-22 (RECUPERADO) BAJA: 65PSI ALTA: 223PSI	€40.000,00
24/06/2020	AA-4170043	PRESICIÓN	R-22 - SE INSTALA VARIADOR DE FRECUENCIA MONOFASICO, SUMINISTRADO POR EL ICE	€10.000,00
03/06/2020	AA-4170011	PARTIDO	R-410 A - SE PROCEDE A BUSCAR Y REPARAR FUGA, SE DEJA EL EQUIPO CON 300PSI DE NITROGENO PARA HACER PRUEBA DE ESTANQUIDAD POR 24H, LUEGO SE HACE VACIO A 500MIC Y SE FINALIZA CARGANDO CARGANDO EL EQUIPO CON 2,100KG DE R-410 A, CONSUMO 8,9 A * PRESIONES : ALTA: 310PSI BAJA: 125PSI - SE PROCEDE A HACER REUBICACION DEL TERMOSTATO, SE SUMINISTRA 12 MTS DE CABLE DE 3 LINEAS Y SE PONE 2 MTS DE CANALETA PARA OCULTAR EL CABLE	€40.000,00
24/04/2020	AA-4170011	PARTIDO	R-410 A - SE REALIZA BUSQUEDA Y REPARACION DE FUGAS, SE ENCUENTRANEN LOS VASTAGOS, LOS MISMOS SE SELLAN CON TEFLON, SE REALIZA PRUEBA DE ESTANQUIDAD POR 48H CON 400PSI, LA MISMA NO PIERDE. SE REALIZA VACIO Y CARGA POR UN PESO DE 4,5KG Y UN AMPERAJE DE 8A	€40.000,00
08/10/2020	AA-4170044	PRESICIÓN	R-22 - SE REALIZA BUSQUEDA Y REPARACION DE FUGAS, LUEGO SE PROCEDE A HACER PRUEBA DE ESTANQUIDAD EN 250 PSI DE NITROGENO DURANTE 24H, SE PROCEDE A HACER VACIO A 500MIC Y POR ULTIMO SE CARGA EL EQUIPO CON UN TOTAL DE 13KG DE R-22	€40.000,00
15/10/2020	AA-4170042	PARTIDO	R-22 - SE REALIZA REPARACION DE MUÑONERAS DE LAS TURBINAS. - TRABAJO REALIZADO: * SE QUITARON 3 SOPORTES DE ROLES * SE INSTALAN 3 SOPORTES DE MUÑONERAS * SE INSTALAN 3 MUÑONERAS * SE BALANCEAN 2 TURBINAS	€44.000,00
23/06/2020	AA-4170047	PRESICIÓN	R-22 - SE REALIZA CAMBIO DE VALVULA DE EXPANSION, SE PROCEDE A CAMBIAR FILTRO DE 1/2, SE HACE PRUEBA DE ESTANQUIDAD A 250PSI DE NITROGENO, LUEGO SE PROCEDE A CARGAR EL EQUIPO CON TOTAL DE 7,130KG DE R-22 * ALTA 230PSI * BAJA 75PSI A: 10,5 A NOTA: SE GASTO UNA BARRA DE SOLDADURA DE 5%	€62.000,00
27/10/2020	AA-4170044		1 cambio de valvula solenoide	€117.500,00
21/07/2020	AA-4170007		Cambio de capacitor	€10.000,00
10/06/2020	AA-4170050		1,3 metros x 76 centímetros de Aislante Armaflex	€10.000,00
02/03/2020	AA-4170359		Cambio de 7 capacitores del condensador	€70.000,00
02/03/2020	AA-4170357		Cambio de 8 capacitores del condensador	€80.000,00
28/02/2020	AA-4170050		Cambio de 2 capacitores del condensador	€20.000,00
27/02/2020	AA-4170008		Cambio de 1 capacitor del condensador	€10.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>€603.500,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

## Nivel 4

En la Tabla 59 Costos de mantenimiento correctivo nivel 4 (2019) se presentan los costos de mantenimiento correctivo del nivel 4 en el 2020 y en la Tabla 60 Costos de mantenimiento correctivo nivel 4 (2020) se presentan los costos de mantenimiento correctivo del nivel 4 en el 2020.

**Tabla 59 Costos de mantenimiento correctivo nivel 4 (2019)**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 4 (2019)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
22/01/2019	AA-4170072	PARTIDO	R-22 - EQUIPO SE REVISY Y SE ENCUENTRA BREAKER DE 30AMP TRIFASICO DAÑADO, SE CAMBIA POR UNO DE 50AMP SE PRUEBA Y FUNCIONA CORRECTAMENTE. SE AJUSTA CARGA 2 LIBRAS, PRESION 55, 215 PSI 14,0 AMP (SUMINISTRADO POR EL ICE)	₡ 44.000,00
26/03/2019	AA-4170301	PARTIDO	R-22 - SE REALIZA BUSQUEDA DE FUGA. - PRUEBA DE ESTANQUIDAD 24H A 350PSI. VACIO A 500MIC Y VARGA DE R-22 CON 5KG SE UTILIZAN 4KG RECUPERADOS Y 1KG NUEVO SH: 9°C	₡ 120.000,00
10/05/2019	AA-4170271	CHILLER	R-407C - SE REALIZA PRUEBA DE ACIDEZ - SE REALIZA CORRECTIVO CAMBIO DE FILTRO DESHIDRATADOR Y VISOR - SE REALIZA AJUSTE DE VALVULA TERMOSTATICA CON SH: 8°C - CARGA DE R-407 10,5KG - 2 SOLDADURA DE 15% Y 1 SOLDADURA DE 45% AMPERAJE L1: 24,4 / L2: 23,7 / L3: 24,7 AMP	₡ 84.500,00
26/06/2019	AA-4170062	PARTIDO	R-22 - SE REALIZA LA LIMPIEZA GENERAL, MATO CORRECTIVO Y CAMBIO DE ROLES DEL MOTOR DEL EVAPORADOR, SE CAMBIARON 2 ROLES (6205 Y 6203)	₡ 44.000,00
11/07/2019	AA-4170062	PARTIDO	R-422 - CAMBIO DE FILTRO Y VISOR - R-422 - VACIO 500MIC - 300PSI 24 - FUGA EN EL CODO DEL CONDENSADOR 55 BAJA 210 ALTA	₡ 102.500,00
<b>TOTAL</b>				<b>₡ 395.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 60 Costos de mantenimiento correctivo nivel 4 (2020)**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 4 (2020)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
24/01/2020	AA-4170271	PRESIÓN	R-407 C - SISTEMA #2 SERECUPERO 12KG, SE PRESURIZO PARA VERIFICAR FUGAS Y SE VOLVIO A CARGAR A 54,6PSI BAJA Y 305,3PSI ALTA, SUPER HIT: 8,4 - SISTEMA #1 SE RECUPERO 10KG, SE CAMBIO EL FILTRO, VISOR, Y VALVULA DE EXPANSION, SE PRESURIZO PARA PROVEER FUGAS, SE VOLVIO A CARGAR A 61PSI BAJA Y 303PSI ALTA SUPERHIT 9,6	€124.500,00
05/02/2020	AA-4170271	PRESIÓN	R-407 C - SE REALIZA CAMBIO DE LA VALVULA DE EXPANSION A LA UNIDAD. * 13,5KG R-407C * 2 BARRAS DE SOLDADURA #15 * 1 VALVULA DE EXPANSION CON ECUALIZADOR	€2.000,00
19/02/2020	AA-4170271	PRESIÓN	R-407 - CAMBIO DE 7 CAPACITORES DE 2 UF - CAMBIO DE MOTOR EN EL CIRCUITO 2	€80.500,00
15/06/2020	AA-4170300	PARTIDO	R-22 - SE REALIZA BUSQUEDA Y REPARACION DE FUGAS, SE CAMBIAN 2 VALVULAS DE SERVICIO PARA LOS PRESOSTATOS, SE SUMINISTRA FILTRO DESHIDRATADOR DE 3/8". - SE HACE PRUEBA DE ESTANQUIDAD CON 250PSI DE NITROGENO POR 24H, LUEGO SE HACE VACIO A 500MIC Y SE SE CARGA EL EQUIPO CON 3,100KG DE R-22	€60.000,00
18/06/2020	AA-4170301	PARTIDO	R-22 - SE REALIZA BUSQUEDA Y REPARACION DE FUGAS, SE CAMBIAN 2 VALVULAS DE SERVICIO PARA LOS PRESOSTATOS, SE SUMINISTRA FILTRO DESHIDRATADOR DE 3/8". - SE HACE PRUEBA DE ESTANQUIDAD CON 250PSI DE NITROGENO POR 24H, LUEGO SE HACE VACIO A 500MIC Y SE SE CARGA EL EQUIPO CON 2,975KG DE R-22	€60.000,00
06/07/2020	AA-4170059	PRESIÓN	R-22 - SE INSTALA MOTOR Y ASPA EN EL CONDENSADOR (MOTOR MONOFASICO) EQUIPO QUEDA OPERANDO CON NORMALIDAD.	€10.500,00
27/09/2020	AA-4170061	PARTIDO	R-22 - SE REALIZA BUSQUEDA DE FUGAS LA MISMA SE REAPRA Y SE DEJA PRESURIZADA, EL DIA SIGUEIENTE SE PONE HACER VACIO Y SE CARGA EL EQUIPO CON 8,05KG DE R-22 - SE CAMBIA EL TERMOSTATO Y SE SUMINISTRAN 40MTS DE CABLE TSJ 3X14 Y UN CONTACTOR 3 POLOS (24V)	€50.000,00
30/09/2020	AA-4170272	PRESIÓN	R-407 C - SE REALIZA BUSQUEDA Y REPARACION DE FUGAS, SE PROCEDE A HACER LAVADO DE SISTEMA CON "FLUSH", LUEGO SE CAMBIA FILTRO, VISOR Y VALVULA DE EXPANSION (VALVULA SUMINISTRADA POR EL ICE), SE SE HACE PRUEBA DE ESTANQUIDAD A 250PSI POR 24H, LUEGO SE PROCEDE A HACER VACIO Y SE CARGA EL EQUIPO CON 10,215KG DE R-407. - SE REALIZAN DOS PRUEBAS DE ACIDEZ, 1 PRUEBA A CADA CIRCUITO, AMBAS SALIERON BIEN.	€108.500,00
13/10/2020	AA-4170272	PRESIÓN	R-407 C - SE REPARA Y SE CAMBIA AISLANTE DE TAPA TRASERA (ARMAFLEX) 1,88CM X 78CM	€10.000,00
05/06/2020	AA-4170271		2 tramos 55 cm x 27 cm y 78 cm x 11 cm metros de Aislante Armaflex	€10.000,00
26/02/2020	AA-4170272		Cambio de 4 capacitores circuito #1 y 4 capacitores circuito #2	€80.000,00
05/06/2020	AA-4170301		Cambio de 2 capacitores	€20.000,00
24/02/2020	AA-4170260		Cambio de aislante armaflex 1,50 m x 20 cm en tapa de la bandeja	€10.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>€626.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

## Nivel 5

En la Tabla 61 Costos de mantenimiento correctivo nivel 5 (2019) se presentan los costos de mantenimiento correctivo del nivel 5 en el 2020

**Tabla 61 Costos de mantenimiento correctivo nivel 5 (2019)**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 5 (2019)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
18/01/2019	AA-4170104	PRESICIÓN	R-718 - CAMBIO DE FAJA A-41	₡ 20.000,00
18/01/2019	AA-4170107	PRESICIÓN	R-22 - SE REALIZA LA REVISION DE PRUEBA DE FUGA EN VASTAGO DE ALTA EN EL CIRCUITO #1. - SE REALIZA LIMPIEZA Y AJUSTE DE PRESOSTOPA PRUEBA DE ESTANQUIDAD 24H Y VACIA - 8KG DE R-22 AMP: 22,7	₡ 120.000,00
18/01/2019	AA-4170108	PRESICIÓN	R-22 - SE REALIZA INSPECCION DE FUGA EN EL VASTAGO DE ALTA DE CIRCUITO #2 - SE LIMPIA Y AJUSTA PRESOSTAPAS, REALIZA PRUEBA DE ESTANQUIDAD 24H - RECARGA DE REFRIGERANTE R-22 (9KG) AMP:24,2	₡ 120.000,00
23/11/2019	AA-4170105	PRESICIÓN	- SE REALIZA MONTAJE DE TURBINA, FAJA SE PRUEBA Y FUNCIONA CORRECTAMENTE. -TURBINA FUE REPARADA POR COOL TOUCH	₡ 44.000,00
26/02/2019	AA-4170103	PRESICIÓN	R-22 - SE REALIZA RECUPERACION DE GAS REFRIGERANTE SE LE SOLDA VALVULA DE SERVICIO PARA BAJA PRESION, PRUEBA DE ESTANQUIDAD VACIO A 500MIC Y AJUSTE DE CARGA DE REFRIGERANTE CON 2,5KG DE R-22 (CIRCUITO#2)	₡ 40.000,00
26/06/2019	AA-4170104	PRESICIÓN	AGUA HELADA - SE REALIZA EL CAMBIO DE MONONERA A LA TURBINA DEL EVAPORADOR - SE REALIZA MTO CORRECTIVO AL MISMO, SE VUELVE A INSTALAR Y LA UNIDAD QUEDA TRABAJANDO	₡ 44.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>₡ 388.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Tabla 62 Costos de mantenimiento correctivo nivel 5 (2020) se presentan los costos de mantenimiento correctivo del nivel 5 en el 2020.

**Tabla 62 Costos de mantenimiento correctivo nivel 5 (2020)**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 5 (2020)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
26/02/2020	AA-4170108	PRESIÓN	R-22 - REPARACION DE FUGA VASTAGO ALTA Y BAJA, SE LIMPIAN PARA QUE CIERREN BIEN, SE LAVA EL SISTEMA PRESURIZADO 24H, VACIO A 500MIC, 12KG R-22	€40.000,00
03/03/2020	AA-4170070	PARTIDO	R-22 -CAMBIO DE COMPRESOR: PLACA DEL COMPRESOR SEÑALA QUE USA CAPACITOR DE 50UF, PERO EL ICE NOS DA 1 DE 60 UF, EL EQUIPO CONSUME 16AMPS. EL EQUIPO QUEDA TRABAJANDO CON NORMALIDAD	€225.000,00
22/06/2020	AA-4170106	PRESIÓN	AGUA HELADA - SE REPARA Y SE INSTALA TURBINA. - SE REALIZA CAMBIO DE 2 MUÑONERAS, SE ANALIZO Y BALANCEO TURBINA, SE CAMBIA EJE 1". SE INSTALA POLEA SUMINISTRADA POR EL PERSONAL ICE.	€44.000,00
29/09/2020	AA-4170103	PRESIÓN	.- SE REALIZA INSTALACION DE SOPORTES PARA LA TUBERIA EXTERIOR, SE INSTALA UN TOTAL DE 1,62M DE B-LINE, 6 PERNOS HILTI Y 12 GASOS B-LINE	€44.000,00
18/02/2020	AA-4170070		Pintura a carcaza del condensador	€28.500,00
04/03/2020	AA-4170103		3 Cambio aislamiento armaflex a tapas 1.80 m x 40 cm	€10.000,00
21/05/2020	AA-4170103		Cambio de 1 capacitor	€10.000,00
21/02/2020	AA-4170100		Soldadura a base	€10.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>€411.500,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Nivel 6

En la Tabla 63 Costos de mantenimiento correctivo nivel 6 (2019) se presentan los costos de mantenimiento correctivo del nivel 6 en el 2020, y en la Tabla 64 Costos mantenimiento correctivo Nivel 6 (2020) los costos de mantenimiento correctivo del nivel 6 en el 2020.

**Tabla 63 Costos de mantenimiento correctivo nivel 6 (2019)**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 6 (2019)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
18/12/2019	AA-4170123	PARTIDO	.- PINTURA CAÑUELA 4MTS MANTA Y PINTURA VERDE	€ 25.800,00
<b>TOTAL</b>				<b>€ 25.800,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Tabla 64 Costos de mantenimiento correctivo nivel 6 (2020)**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL 6 (2020)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
10/09/2020	AA-4170112		Cambio de 1 capacitor	€10.000,00
15/05/2020	AA-4170112		Cambio de 4 capacitor	€40.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>€50.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Nivel 7

En la Tabla 65 Costos de mantenimiento correctivo nivel 7 (2020) se presentan los costos de mantenimiento correctivo del nivel 7 en el 2020

**Tabla 65 Costos mantenimiento correctivo Nivel 7 (2020)**

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO NIVEL7 (2020)				
FECHA	ACTIVO	TIPO	TIPO DE INTERVENCIÓN	COSTO
19/10/2020	AA-4170137		1 capacitor	€10.000,00
14/05/2020	AA-4170137		Cambio de 1 capacitor	€10.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>€20.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Resumen

Del análisis anterior se hace una comparación de los costos totales por intervenciones correctivas que se realizaron en los años 2019 y 2020. En la Tabla 66 Costos totales de correctivos por nivel en el 2019-2020 se muestran del mayor al menor de los costos, así como el costo anual que en promedio ronda los €2.623.450,00.

**Tabla 66 Costos totales de correctivos por nivel en el 2019-2020**

COSTOS TOTALES DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS 2019-2020				
CANTIDAD DE EQUIPOS	NIVEL	COSTOS DE CORRECTIVOS 2019	COSTOS DE CORRECTIVOS 2020	TOTAL
48	NIVEL 1	€814.300,00	€666.000,00	€1.480.300,00
30	NIVEL 4	€395.000,00	€626.000,00	€1.021.000,00
29	NIVEL 3	€265.800,00	€603.500,00	€869.300,00
37	NIVEL 5	€388.000,00	€411.500,00	€799.500,00
22	NIVEL 2	€515.000,00	€196.000,00	€711.000,00
9	SOTANO	€120.000,00	€150.000,00	€270.000,00
22	NIVEL 6	€25.800,00	€50.000,00	€75.800,00
6	NIVEL 7	€0,00	€20.000,00	€20.000,00
203	TOTAL	€2.523.900,00	€2.723.000,00	€5.246.900,00

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Diagrama de Pareto

Para realizar este análisis se procedió a consultar toda la base de datos de intervenciones correctivas realizadas en el año 2020. Ahí se identificaron las fallas y la frecuencia con la que ocurren estas, clasificadas de la siguiente forma en la Tabla 67 Tabla Frecuencia de fallas.

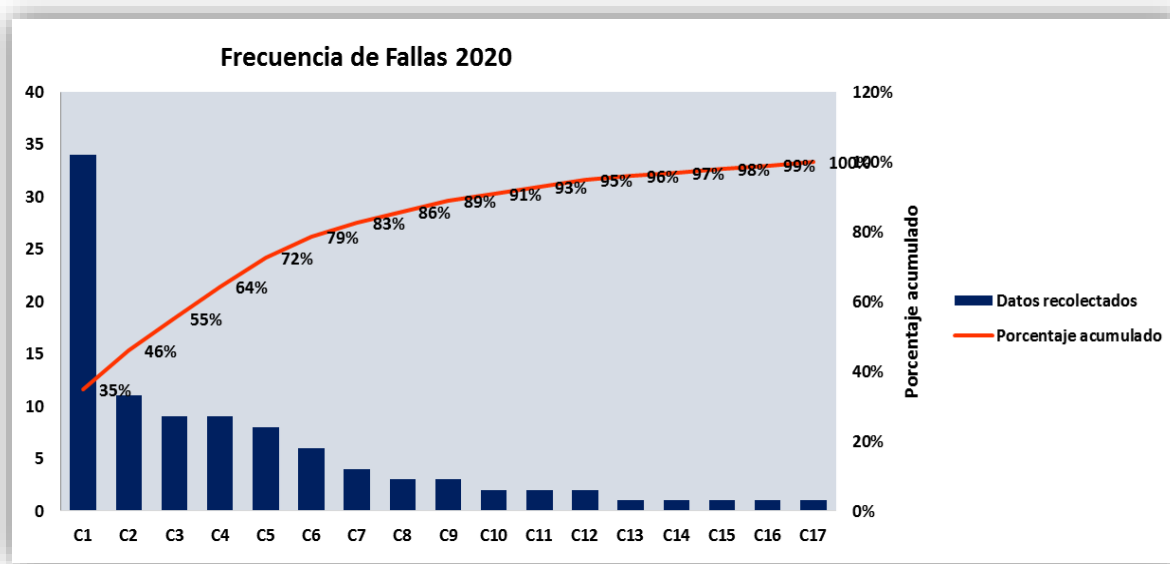
**Tabla 67 Tabla de frecuencia de fallas**

ID en gráfico	Fallas identificadas	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
C1	Cambio de capacitores	34	34	35%	35%
C2	Fugas	11	45	11%	46%
C3	Cambio de motor condensador	9	54	9%	55%
C4	Cambio de aislante armaflex	9	63	9%	64%
C5	Cambio de válvula de expansión	8	71	8%	72%
C6	Cambio de filtro Deshidratador	6	77	6%	79%
C7	Cambio de presostato	4	81	4%	83%
C8	Cambio de visor de línea	3	84	3%	86%
C9	Reparación e instalación de turbina	3	87	3%	89%
C10	Cambio de ventilador de condensador	2	89	2%	91%
C11	Cambio de termostato ( tarjeta )	2	91	2%	93%
C12	Cambio de roles a motor del centro	2	93	2%	95%
C13	Pintura a carcasa del condensador	1	94	1%	96%
C14	Cambio Compresor	1	95	1%	97%
C15	Cambio de contactor	1	96	1%	98%
C16	Instalación de soportes de tubería	1	97	1%	99%
C17	Pruebas de acidez	1	98	1%	100%
	Total	98			

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Al realizar esta clasificación se podrá obtener el diagrama de Pareto de fallas identificadas, lo cual dará una idea de las fallas que tienen mayor frecuencia y eso permitirá analizar las causas que presentan con más recurrencia los equipos. A continuación se presenta la Figura 29 Gráfico de Pareto.

**Figura 29 Gráfico de Pareto**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En el diagrama se muestran las principales fallas entre las cuales se encuentran:

- ✓ Cambio de capacitores
- ✓ Fugas
- ✓ Cambio de motor condensador
- ✓ Cambio de aislante armaflex
- ✓ Cambio de válvula de expansión
- ✓ Cambio de filtro Deshidratador
- ✓ Cambio de presostato

Se encontraron 7 diferentes fallas que cumplen con la regla de 80% - 20%, de las cuales la más predominante es el cambio de capacitores, debido a que no se estaban cambiando en el tiempo que debía hacerse lo que provoca que los abanicos no trabajen y se eleve la presión. La segunda falla identificada son las fugas, debido a las pérdidas de refrigerante, lo que provoca que el aire

acondicionado no enfríe de manera correcta. La falla del cambio de motor-condensador se considera por problemas con contactores, roles y fajas de transmisión. Las fallas de cambio de válvula de expansión, filtro deshidratador y presostato se dan principalmente por no realizarse el mantenimiento preventivo y esperar a que se presenten fallas para recurrir al correctivo.

### **Diagrama Ishikawa**

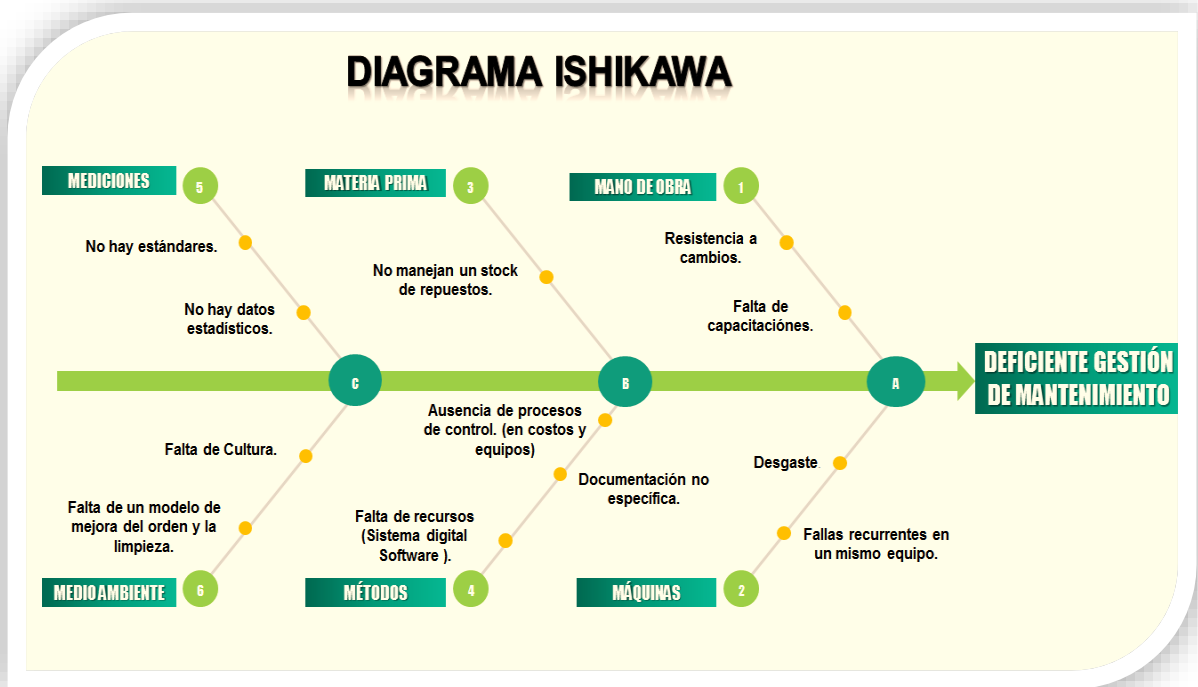
#### Diagrama Ishikawa

Bravo (2011) define el diagrama de Ishikawa así:

La técnica de relación causal, también conocida como análisis de causa raíz y técnica espina de pescado, es una gráfica que permite a los integrantes de un equipo clasificar, categorizar y evaluar los posibles motivos de un resultado o efecto. Por lo general se expresa como un problema por resolver. (p. 171)

El diagrama Ishikawa es una representación visual que muestra las principales causas que contribuyen al problema de la deficiente gestión de mantenimiento en el departamento. Estas causas se dividen en las 6M que se tienen a continuación. El diagrama se encuentra en la Figura 30 Diagrama de causa y efecto. Para analizar los factores que influyen en la inadecuada gestión de mantenimiento se realizó una entrevista al coordinador y a uno de los técnicos para localizar la mayoría de los problemas existentes, con lo cual se confeccionó un diagrama de causa-efecto para su tratamiento.

Figura 30 Diagrama de causa y efecto



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Según lo detallado anteriormente se realiza una lista con las causas obtenidas mediante una lluvia de ideas para determinar cuáles de estas influyen de mayor manera en el efecto. A continuación se tienen las causas que generan el problema de deficiencia en la gestión del mantenimiento en la empresa. Se determinó que en cuanto a métodos se carece de procesos de control, de un recurso digital que permita planificar la gestión del proceso de mantenimiento en general y, además, no existe documentación específica en cuanto al contrato actual y con respecto a algunos equipos. En el caso de las mediciones no hay estándares y tampoco se manejan datos estadísticos.

En maquinaria, los equipos de aire acondicionado no llevan un control de la recurrencia de fallas para cada uno de estos. No se sabe cuánto ha sido el desgaste para determinar la vida útil de los equipos. En cuanto a la materia prima se determinó que no hay un *stock* de los repuestos que se compran para algunas de las intervenciones de correctivos.

En mano de obra se carece de capacitaciones para el personal de planta que permitan ejercer una mejor gestión del mantenimiento, y hay resistencia al cambio por parte del personal para aprender

y ejercer otras funciones de importancia. En el caso del ambiente no hay cultura de la importancia de la excelencia en la gestión del mantenimiento, y tampoco se tiene ningún modelo o metodología que mejore el orden y la limpieza, y a la vez la seguridad laboral.

A continuación se presenta en la tabla una matriz de priorización en la que se observó que las causas mencionadas en el diagrama de Ishikawa eran las apropiadas según el problema presentado. Luego se procede a evaluar cuál es la causa raíz mediante una calificación de 1 a 5 en que 1 es el de menor valor y 5 el de máximo. Los criterios fueron:

- Si la causa es directa al problema.
- Si eliminando la causa sería una solución directa del problema.
- Si hay una solución factible a esa causa.

En la Tabla 68 Tabla Matriz de priorización se detallan las calificaciones, pesos y ponderación para cada criterio en relación con la causa y luego el total general de cada uno para saber cuáles son las causas prioritarias.

**Tabla 68 Tabla Matriz de priorización**

	Causas	Criterio			SOLUCION DIRECTA			SOLUCION FACTIBLE			TOTAL
		CAUSA DIRECTA	Peso	Total	Peso	Total	Peso	Total			
MEDICIONES	No hay estándares	2	45%	0,9	1	35%	0,35	2	20%	0,4	1,65
	No hay datos estadísticos	4	45%	1,8	3	35%	1,05	4	20%	0,8	3,65
MATERIA PRIMA	No se maneja stock de repuestos	1	45%	0,45	2	35%	0,7	2	20%	0,4	1,55
MANO DE OBRA	Resistencia a cambios	3	45%	1,35	3	35%	1,05	3	20%	0,6	3
	Falta de capacitaciones	4	45%	1,8	3	35%	1,05	4	20%	0,8	3,65
MEDIO AMBIENTE	Falta de cultura	4	45%	1,8	4	35%	1,4	4	20%	0,8	4
	Falta de un modelo que mejore el orden y la limpieza	5	45%	2,25	4	35%	1,4	5	20%	1	4,65
MÉTODOS	Ausencia de Procesos de Control	5	45%	2,25	5	35%	1,75	4	20%	0,8	4,8
	Falta de una herramienta digital (software)	5	45%	2,25	4	35%	1,4	5	20%	1	4,65
	Documentacion no especifica	3	45%	1,35	4	35%	1,4	3	20%	0,6	3,35
MÁQUINAS	Desgaste	2	45%	0,9	2	35%	0,7	3	20%	0,6	2,2
	Fallas recurrentes	4	45%	1,8	4	35%	1,4	3	20%	0,6	3,8

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la Tabla 68 Tabla matriz de priorización anterior se observa la clasificación de las causas, lo que evidencia la necesidad de implementar un sistema de gestión de mantenimiento, pues en el departamento no existe un modelo al cual seguir para las actividades del mantenimiento.

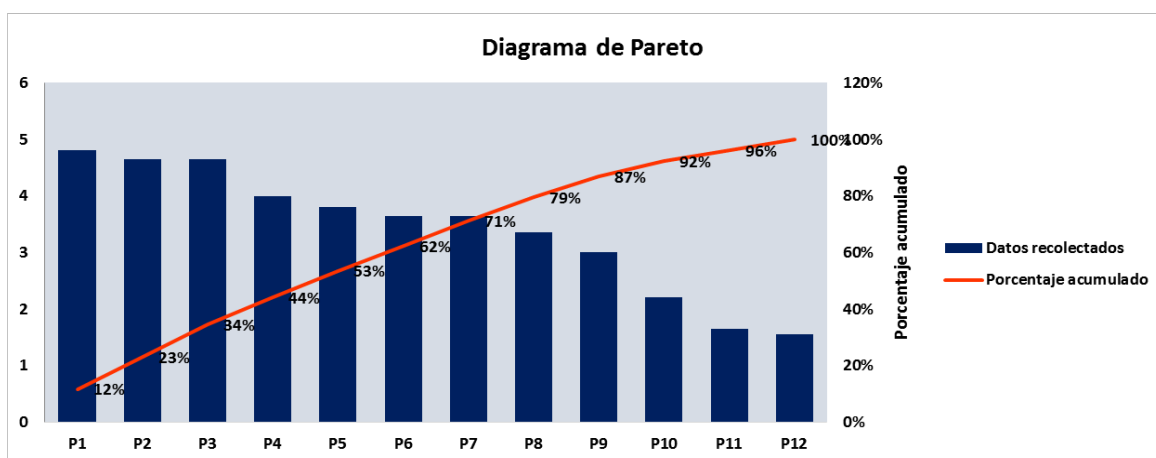
Del resultado de la matriz de priorización a continuación, en la Tabla 69 de Frecuencias causa raíz se realiza un diagrama de Pareto con las causas que provocan la deficiente gestión del mantenimiento en el departamento, con la finalidad de identificar cuáles problemas necesitan ser atendidos con urgencia. La representación gráfica del análisis Pareto se muestra en la Figura 31 Gráfico de Pareto.

**Tabla 69 de Frecuencias causa raíz**

ID en gráfico	DESCRIPCIÓN CAUSA RAÍZ	FRECUENCIA PRIORIZACIÓN	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
P1	Ausencia de Procesos de Control	4,8	4,8	12%	12%
P2	Falta de modelo que mejore el orden y limpieza	4,65	9,45	11%	23%
P3	Falta de una herramienta digital (software)	4,65	14,1	11%	34%
P4	Falta de cultura	4	18,1	10%	44%
P5	Fallas recurrentes	3,8	21,9	9%	53%
P6	No hay datos estadísticos	3,65	25,55	9%	62%
P7	Falta de capacitaciones	3,65	29,2	9%	71%
P8	Documentacion no específica	3,35	32,55	8%	79%
P9	Resistencia a cambios	3	35,55	7%	87%
P10	Desgaste	2,2	37,75	5%	92%
P11	No hay estándares	1,65	39,4	4%	96%
P12	No se maneja stock de repuestos	1,55	40,95	4%	100%

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

**Figura 31 Gráfico de Pareto**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### **Análisis del diagrama de Pareto**

Luego de la aplicación del diagrama Pareto se utilizó el principio de Pareto (poco vitales, mucho triviales), que dice que hay muchos problemas sin importancia, frente a solo unos graves. Podemos deducir que 80% del porcentaje acumulado es causado por:

- Ausencia de procesos de control
- Falta de un modelo que mejore el orden y la limpieza
- Falta de una herramienta digital (software)
- Falta de cultura
- Fallas recurrentes
- No hay datos estadísticos
- Falta de capacitaciones
- Documentación no específica.

A continuación se detallan las causas de la deficiente gestión de mantenimiento, tomando en cuenta la tabla de frecuencias causa raíz:

#### **Ausencia de procesos de control**

Para el logro de los objetivos del departamento es importante la mejora de los procesos por medio de buen control y planificación del mantenimiento. En el departamento no existen una gestión de datos, una debida planificación de actividades y estrategias de mantenimiento para determinar qué procesos están requiriendo prioridad para ser mejorados. Estos generan problemas como fallas recurrentes y altos costos, entre otros, que podrían evitarse mediante la ejecución de procesos de control interno.

#### **Falta de un modelo que mejore el orden y la limpieza**

En las organizaciones constantemente se omiten hábitos básicos e importantes que pueden generar cambios para así evitar el desorden y la desorganización. Pérdida de tiempo buscando órdenes de trabajo, formularios de mantenimiento y archivos en las computadoras, etc. son otras de esas situaciones.

En un departamento desordenado el personal muestra apatía, desmotivación, adicción a la urgencia, estrés y lo que puede provocar incluso un accidente laboral. Es por todo lo anterior que surge la necesidad de implementar la metodología de las 5S para solucionar esos problemas.

**Falta de una herramienta digital (software)**

En el departamento no hay control de las garantías y la salud de los equipos. No se tienen claras las tareas pendientes por realizar, no hay control del inventario de repuestos y herramientas, no se tiene un dato preciso de las fallas más frecuentes y cómo evitarlas. Se ignora el costo de las paradas imprevistas, se desconoce cuál es la vida útil de los activos; cuándo fueron adquiridos y se llenan los formularios de los mantenimientos preventivo y correctivo con papel y lápiz.

Un software de gestión de mantenimiento no solo ayudaría a configurar un adecuado plan de mantenimiento que permita generar automáticamente las órdenes de trabajo y asignarlas a los responsables, sino que, además, permitiría tener un control global del área: registro y control de equipos, localizaciones, proveedores y contratistas, manejo de bodega de repuestos y herramientas, gestión de tareas y solicitudes, para la toma de decisiones.

**Falta de cultura**

En el departamento, a pesar del liderazgo del coordinador, este no tiene la capacidad necesaria en la toma de decisiones, dado que cualquier mejora debe ser aprobada por jerarquías superiores.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el departamento necesita cambios culturales que pueden trabajarse en equipo con el personal.

**Fallas recurrentes**

Las fallas pueden darse por varios motivos, como el mal funcionamiento, el clima húmedo que sulfata los conectores e interruptores y el sistema que no funciona correctamente. La falta de inspección constante hace que ocurran estas fallas y ocasionen paradas imprevistas, lo cual acarrea un costo, entre otras que pueden evitarse con la implementación de sistema de gestión de mantenimiento.

**No hay datos estadísticos**

El departamento, al no tener digitalizada la información no cuenta con datos que le permitan principalmente identificar problemas en los equipos que presentan fallas constantes y tomar decisiones al respecto. Si existe un manejo de información estadística del mantenimiento en general resulta más sencillo tener un control adecuado de cuáles equipos a través del tiempo han recibido inspecciones e intervenciones preventivas y correctivas, respectivamente, y obtener los costos.

**Falta de capacitaciones**

No todos los técnicos de planta saben supervisar los trabajos que realiza la contrata de inspecciones preventivas de los equipos de aire acondicionado. Solo hay un técnico a cargo, lo que resulta desfavorable porque si este técnico está fuera de labores por vacaciones, incapacidad u otras, no hay quién realice la tarea de supervisar. Por lo anterior es importante que el resto del personal de planta se capacite, para que aprendan y puedan realizar esta y otras funciones importantes que le permitan al departamento la continuidad del proceso y se eviten demoras.

**Documentación no específica**

El departamento no cuenta con la información específica con respecto a las líneas de los costos de cada intervención del mantenimiento correctivo. El contrato vigente se encuentran desactualizado, por lo que no hay un documento en donde sea específica dicha información, e improvisan los precios de estas intervenciones con los costos establecidos en los mantenimientos preventivos, lo que genera un desfase en los costos.

## **CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

- La gestión de mantenimiento de los equipos de aire acondicionado en el departamento de electromecánica del complejo ICE San Pedro es limitado, ya que no existe una base de datos digital que permita identificar la recurrencia de fallas, paros de las máquinas, control de costos e inventario de compras, entre otras.
- De acuerdo con el análisis de gastos por mantenimientos preventivos y correctivos realizado se evidencian un descontrol en el manejo de costos, y el contrato con la empresa COOL TOUCH desactualizado, que en ocasiones no refleja el monto de algunas reparaciones que se realizan, lo que obliga a aplicar montos similares al de mantenimiento preventivo como medida para sustituir un precio con uno similar, lo que genera problemas para cuantificar los gastos reales de este tipo de mantenimiento.
- Falta de capacitación adecuada de los técnicos de planta para poder ejercer funciones de supervisión de los trabajos de mantenimiento que realiza la empresa externa, ya que actualmente de los cinco funcionarios solamente uno de ellos realiza la supervisión. Esto da como resultado que el mantenimiento no se realice o se retrase.
- Actualmente los procesos de operación del departamento de electromecánica del Complejo ICE San Pedro no se ajustan para asegurar la excelencia para prestar un servicio de calidad, debido a que no cuenta con un plan de mantenimiento productivo total que permita controlar la ejecución de los trabajos.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda la implementación de una herramienta digital que permita llevar un control de los equipos, de sus fallas y recurrencias, de las inspecciones preventivas y correctivas, además de los costos y gastos. Se requiere una base de datos digital que proporcione información estadística y facilite la toma de decisiones.
- Mantener una constante actualización del contrato vigente que se tiene con la empresa COOL TOUCH para que se contemplen las líneas que especifican con exactitud los trabajos correctivos que se realizan, para de esta manera poder tener un registro de los costos que implica cada uno de los mantenimientos correctivos que se les realizan a los equipos.

- Crear un plan de capacitación para el entrenamiento de los técnicos de planta que les permita ejercer funciones de supervisión y que a la vez sirva de motivación al personal para evitar la resistencia a los cambios. Con esto se asegura que no existan retrasos en la supervisión de las inspecciones de los equipos y se mejoran los tiempos de respuesta.
- Implementar un sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología TPM que permitirá mantener la gestión de los equipos en disposición y aportar una productividad máxima o total.

## CAPÍTULO VI PROPUESTA

### Propuesta

En este capítulo final se presentan las propuestas que permitirán el logro de los objetivos planteados para esta investigación. Con estas propuestas se pretende mejorar las condiciones actuales de trabajo y resolver los problemas que se presentan en la actualidad.

Después de determinar en el diagrama de Ishikawa las causas del problema y luego de haber realizado la valoración en la tabla de frecuencias del desgrama de Pareto, se elaboró la siguiente lista en la Figura 32 Recomendaciones para las causas de problemas, en la que se muestran las acciones requeridas para implementar soluciones a los problemas encontrados.

**Figura 32 Recomendaciones para las causas de los problemas**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Con base en la Figura 32 Recomendaciones para las causas de problemas se definen las propuestas para dar solución a los problemas que se evidenciaron en el análisis de la situación actual. A continuación se mencionan estas:

#### 1. Metodología TPM

Como propuesta inicialmente se desarrollará la implementación de un plan de mantenimiento productivo total, con el fin de contribuir en el aprovechamiento eficiente del desarrollo de las

labores de mantenimiento que realiza el departamento de electromecánica del Complejo ICE San Pedro.

Dentro de la propuesta de implementación de metodología del TPM se desarrollarán soluciones a problemas que deterioran la gestión del mantenimiento:

- Falta de un modelo que mejore el orden y la limpieza: Aplicación de una metodología para que los trabajadores tengan un mejor ambiente de trabajo en su entorno y se aplique en su día a día.
- Fallas recurrentes: Implementar diferentes tipos de mantenimiento, como el mantenimiento autónomo, predictivo y preventivo para evitar la recurrencia de fallas.
- Falta de capacitaciones: Elaborar un cronograma de capacitación para el departamento que permita el entrenamiento del modelo de gestión de mantenimiento.

### **Mantenimiento productivo total**

El TPM tiene como principal objetivo la máxima eficiencia de los equipos, optimizar su efectividad, eliminar fallas y promover el mantenimiento autónomo por parte de los operarios por medio de actividades que involucran a todo el personal, ya que los concientiza en el cuidado de los activos buscando maximizar la vida útil de los equipos.

Los equipos son vulnerables al desgaste natural en el tiempo y al desgaste forzoso. Las actividades del TPM se enfocan en eliminar los factores de desgaste forzoso, y aumentan el cuidado del equipo y las instalaciones en donde se encuentran.

Para lograr con éxito la implementación de la metodología en la organización es importante conocer y tomar en cuenta los principales objetivos del TPM, para lo cual se requiere la participación de todo el personal de la organización, asimismo el compromiso de lograr:

- ✓ Maximizar la eficacia global del equipo.
- ✓ Desarrollar un mantenimiento productivo del equipo.
- ✓ Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan o mantienen el equipo en la implementación del TPM.
- ✓ Involucrar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operadores de planta.

- ✓ Promover el TPM mediante la motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.

En la Tabla 70 Plan de implementación por fases y etapas del TPM a continuación se muestra el plan de los 12 pasos del TPM, con las diferentes actividades o gestiones por desarrollar, para la implementación del sistema de mantenimiento productivo total.

Cabe mencionar que el tiempo para completar el programa puede variar de dos a tres años. La fase de preparación requiere un tiempo de entre tres y siete meses, que corresponde a las primeras cinco etapas. En este proyecto se abarcarán esas primeras cinco etapas, en las que se propone su implementación en siete meses.

**Tabla 70 Plan de implementación por fases y etapas del TPM**

FASE	ETAPA	GESTIÓN
<b>PREPARACIÓN</b>	1. Declaración de Introducción de TPM	Hacer un anuncio oficial de la decisión de implantar el TPM. La alta dirección debe informar a sus empleados de su decisión e infundir entusiasmo por el proyecto a través de una presentación formal que introduce el concepto, metas, y beneficios esperados del TPM.
	2. Campaña de educación en TPM	El objetivo de la educación es, no solamente explicar el TPM, sino también elevar la moral y romper la resistencia al cambio -en este caso, el cambio al TPM. Con apoyo de presentaciones y documentos.
	3. Formación de comités y equipos TPM	Formar comités en cada área para promover el TPM.
	4. Establecer objetivos y políticas básicas del TPM	Implementación de las 5S. Analizar las condiciones existentes, establecer objetivos y prever resultados.
	5. Preparación de un plan maestro para la implementación del TPM	Preparar planes con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo para cada una de ellas.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	6. Arranque formal del TPM	A partir de este punto, los trabajadores individuales deben cambiar desde sus rutinas de trabajo diario tradicionales y empezar a practicar el TPM. Cada trabajador juega ahora un rol crucial.
<b>IMPLANTACIÓN</b>	7. Mejorar la efectividad del equipo	Analizar y mejorar la efectividad de cada uno de los equipos de la planta. Se implementan en esta etapa los primeros 5 pilares del TPM.
	8. Desarrollar un plan de mantenimiento autónomo	Implicar a los operarios que utilizan el equipo con un programa básico y la formación adecuada.
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado	Mantemientos con parada, el correctivo y el predictivo.
	10. Formación para evaluar capacidades de operación y mantenimiento	Entrenar a los líderes de cada grupo que luego enseñarán a los miembros del grupo correspondiente. Implementar el pilar 7 del TPM (Formación y adiestramiento).
	11. Gestión temprana de equipos	Implementación del pilar 8 del TPM (Gestión de seguridad y entorno).
<b>CONSOLIDACIÓN</b>	12. Consolidación del TPM y evaluación de metas	Mantener y mejorar resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua.

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

## Fase de preparación

### Etapa 1: Declaración de introducción del TPM

En conjunto con la dirección de recursos y servicios y del coordinador del área de mantenimiento, se debe realizar el anuncio oficial de la decisión de implantar el TPM, tanto al personal de planta como a la contrata externa.

A través de una presentación formal se introducen el concepto, las metas y los beneficios esperados del TPM, y también se incluyen propuestas personales de la dirección a los empleados sobre las razones que fundamentan la decisión de implantar el TPM. Esto puede seguirse con información impresa en boletines internos.

### Etapa 2: Campaña de Educación en el TPM

El programa de desarrollo TPM es la capacitación y el entrenamiento en él. Se debe iniciar después de la introducción del programa. (En la campaña se trabajará mediante fuentes de información como el correo electrónico institucional).

Capacitar a todos los colaboradores en los aspectos prácticos y en la forma de desarrollar paso a paso el pilar y especialmente la matriz de habilidades. Para ello se elabora un programa de educación en el TPM, como se muestra a continuación en la Figura 33 Educación TPM :

**Figura 33 Educación TPM**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

## **Introducción**

El TPM elimina problemas mediante la mejora en las habilidades gerenciales, técnicas y prácticas de cada individuo involucrado. Se establecerán sistemas de educación y entrenamiento proyectados para maximizar el potencial de cada empleado.

## **Filosofía básica de TPM**

Desarrollar las capacidades de las personas no solo ayuda a los resultados financieros de la empresa, sino que también aumenta el entusiasmo y el orgullo por el trabajo realizado.

En el ambiente de TPM los gerentes y supervisores de línea deben dedicarse a educar a las personas a cargo y dedicar parte considerable de su energía para el desarrollo del personal, a fin de formar equipos competentes a la altura de las necesidades crecientes de la empresa.

## **Conceptos básicos**

**HABILIDAD:** Capacidad de hacer un trabajo, de aplicar conocimientos y experiencia de manera correcta y reflexiva en todos los tipos de eventos a lo largo de un periodo.

**ENTRENAMIENTO:** El entrenamiento es la educación profesional que busca adaptar al hombre a determinado cargo.

Los principales objetivos del entrenamiento son:

1. Preparar al personal para la ejecución inmediata de las diversas tareas del cargo.
2. Proporcionar oportunidades para el desarrollo personal continuo, no solo en su cargo actual sino también en otras funciones en las cuales puede ser considerada la persona.
3. Cambiar la actitud de las personas, bien sea para crear un clima más satisfactorio entre los empleados, aumentar su motivación o hacerlos más receptivos a las técnicas de supervisión y gerencia.

Beneficio del entrenamiento o adiestramiento:

- Aumento de la productividad.
- Mejoramiento de la calidad de los equipos.
- Reducción de tiempos.
- Reducción del tiempo de entrenamiento.
- Reducción del índice de accidentes.

- Reducción de mantenimiento de equipos.
  - ✓ Técnicas de entrenamiento orientadas al proceso: están diseñadas para cambiar actitudes, desarrollar conciencia acerca de sí mismo y de los demás, y desarrollar habilidades interpersonales.
  - ✓ Técnicas mixtas de entrenamiento con las cuales no solo se transmite información sino que también se intenta cambiar actitudes y comportamientos.

### **Etapas del pilar de educación y entrenamiento:**

1. DESARROLLAR PERSONAS COMPETENTES EN TÉRMINOS DE EQUIPAMIENTO:
  - Desarrollar personal de mantenimiento con habilidades analíticas más avanzadas.
  - Establecer centros de entrenamientos de habilidades de mantenimiento y desarrollar operadores competentes en términos de equipamientos.
  - Promover capacidades de especialista.
2. DESARROLLAR PERSONAL COMPETENTE EN TÉRMINOS DE GESTIÓN:
  - A través del mantenimiento autónomo. (paradas).
3. ESTABLECER UN PROGRAMA DE DESARROLLO DE HABILIDADES.

### **Política básica del pilar de educación y entrenamiento: paso 1**

Desarrollar habilidades de especialista por medio de un programa activo de entrenamiento en el lugar de trabajo y en el autodesarrollo

#### **METAS DEL PILAR:**

- Promover personal competente en términos de equipamiento y componente en término de gestión por medio del TPM.
- Educar a nuestros colaboradores que irán a atender necesidades de trabajo de hoy y en el largo plazo.

### **Programa de desarrollo: paso 2**

EL programa de desarrollo debe ser enfocado en cumplir con los objetivos empresariales, comenzando con las áreas críticas, en donde son identificadas las mayores pérdidas; además, debe atender todos los niveles de la organización basado en:

- Descripción del cargo
- Oficio desempeñado (estándares)
- Implementación de nuevos programas y evaluación de desempeño,
- Matriz de pérdidas.

**PROCEDIMIENTO:**

- a) Seleccionar un cargo u oficio. (Descripción de cargo y estándar de operación).
- b) Definir con el jefe los conocimientos claves necesarios para un desempeño autónomo del oficio o cargo.
- c) Definir las habilidades que debe tener para el oficio.
- d) Llevar los conocimientos y habilidades a una matriz.

**Entrenamiento en habilidades: paso 3**

Para iniciar el programa de entrenamiento es fundamental identificar el grado o nivel de conocimiento de los aprendices, cuáles son sus habilidades y competencias. Es importante tener una etapa de exploración para el grupo de aprendices, en la que se identifiquen fortalezas y oportunidades de mejoramiento a fin de optimizar el proceso de entrenamiento. Al identificar el punto de partida se establecen las metas y objetivos planteados, y a qué nivel se requiere que esté cada aprendiz.

Se deberá realizar un entrenamiento apto para suplir todas las necesidades de aprendizaje. Debe ser un entrenamiento teórico-práctico:

Nivel 0: no sabe

Nivel 1: sabe

Nivel 2: hace acompañado

Nivel 3: hace solo

Nivel 4: enseña

**Etapa 3: Formación de comités y equipos de TPM**

En esta etapa, mediante una reunión con el departamento, se establecerá el comité de coordinación de implantación del TPM (en este caso el coordinador y supervisores) encargados

de velar por el cumplimiento del proceso de implementación. Luego estos nombrarán sus equipos de trabajo en cada área.

La metodología del TPM desarrolla actividades para que los grupos de trabajo o equipos las realicen responsablemente. Por eso es importante que estos equipos sean liderados por los supervisores en las respectivas etapas de implementación.

Los líderes de cada equipo deben ser seleccionados dentro del ámbito de las personas más correctas para el desarrollo de las funciones y lograr el éxito del TPM.

En el departamento es importante que el coordinador designe a dos líderes de equipo y trabajar con ellos. Actualmente el departamento cuenta con cinco técnicos de planta de los cuales solo uno es supervisor. El grupo no es grande, sin embargo es importante contar con al menos dos supervisores.

#### **Etapas 4: Establecer objetivos y políticas del TPM**

Para implementar con éxito el TPM se requiere tener claros los motivos del por qué y para qué, y saber cuáles son las necesidades y las expectativas de tomar la decisión de implementar la metodología.

En la Figura 34 Políticas, objetivos y metas se muestra que antes de establecer las políticas, objetivos y metas del TPM en el departamento, es necesario identificar los factores internos y externos (se refiere a las necesidades o demandas que provienen tanto del mundo exterior a la empresa como de la misma compañía, estas pueden ser tanto oportunidades como amenazas) que afectan significativamente los resultados que se desea alcanzar.

Es importante preguntarse: ¿Qué nos está desafiando hoy desde el exterior, qué nos impulsa a lanzar este proyecto de cambio?, ¿Qué desafíos internos tenemos que requieren una respuesta que el TPM puede ayudar a construir?

Las respuestas claras a estas preguntas son una buena guía de inicio para formular objetivos y metas alcanzables.

**Figura 34 Políticas, objetivos y metas**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Identificar y elegir aquellos factores más representativos y significativos para el departamento será una de las claves para el éxito de la implementación del TPM.

### **5S Organización, orden y disciplina del lugar de trabajo**

Las 5 S son una filosofía japonesa que se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados de trabajo.

Para poner en práctica el TPM es necesario implementar las 5 S o etapas de mejoramiento:

Etapa 1: SEIRI (Seleccionar): eliminar del puesto de trabajo lo que no es útil.

En esta etapa se debe realizar un ordenamiento del área en el que se encuentren las herramientas de trabajo (pequeña bodega) del departamento. Se deben clasificar las herramientas que se usan y separarlas de las que están dañadas u obsoletas, para reparar, descartar o donar a otras áreas. Eliminar obstáculos como algunos repuestos e incluso equipos de aire acondicionado que se han cambiado, y decidir si se desechan por completo o se les asigna un espacio dentro de la bodega.

Beneficios:

- ✓ Liberación de espacio.

- ✓ Reducción de tiempo para tener acceso a materiales, herramientas, equipos, objetos u otros.
- ✓ Control visual.
- ✓ Aumento en la seguridad en el lugar de trabajo.

Etapa 2: SEITON (ordenar): organizar el puesto de trabajo con lo necesario.

En esta etapa se deben ordenar todos los materiales, herramientas, equipos, objetos u otros que se encuentren en la bodega, de forma tal que se pueda organizar el espacio de forma eficaz. Se podría disponer de un sitio adecuado para cada elemento que se considere como necesario. Por ejemplo, colocar en diferentes áreas de la bodega los elementos que se emplean con poca o mucha frecuencia e identificarlos. Utilizar rótulos de tal manera que les permita a las personas ajenas al área realizar una correcta disposición de las herramientas, materiales y otros. Controlar el orden y la cantidad de herramientas, materiales y equipos, procurando que cada uno retorne a su lugar de disposición una vez que sea utilizado.

Beneficios:

- ✓ Acceso rápido a los elementos de trabajo.
- ✓ Mejor productividad por la facilidad de disposición de estas cosas.
- ✓ Aumento de la seguridad en el lugar de trabajo mediante la demarcación de las zonas de tránsito y áreas peligrosas.
- ✓ Mejora de acceso a la información en cuanto a localización.

Etapa 3: SEISO (Limpiar): mejorar y mantener el nivel de limpieza de los equipos y área de trabajo.

Los técnicos deben mantener el área de trabajo, la bodega, los materiales, las herramientas, los equipos, objetos u otros limpios y asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo y rutinario. Para el mantenimiento de los equipos de aire acondicionado. En esta etapa se deben realizar: limpieza de los filtros para mejorar el rendimiento del equipo, limpieza de los Split para evitar que se acumule agua y el área se convierta en un foco de bacterias y malos olores, y limpieza de las unidades externas, como quitar el polvo a las rejillas. Estos son pasos muy básicos de los cuales se obtienen beneficios como:

- ✓ Reducción del riesgo potencial de accidentes.

- ✓ Incremento en la vida útil de mobiliario, herramientas y equipos.
- ✓ Indica fácilmente cuándo existe derrame de líquidos de los equipos o máquinas.
- ✓ Efecto multiplicador porque la limpieza tiende a la limpieza.

Etapa 4: SEIKETSU (Estandarizar): Informar de la aparición de la suciedad, el desorden o algún daño en el puesto o área de trabajo.

Mediante esta etapa se pretende alcanzar y mantener las tres etapas antes mencionadas. Por ello se puede implementar en el departamento el control visual como una técnica para contribuir a la mejora en el orden y la seguridad, tanto en la bodega como en los diferentes niveles del edificio en donde se encuentran los equipos de aire acondicionado, acerca de cómo se deben mantener las áreas, los equipos y las herramientas.

Beneficios:

- ✓ Sistematizar y crear cultura a nivel de la organización con respecto a la forma de aplicar los hábitos por desarrollar de las tres primeras etapas.

Etapa 5: SHITSUKE (Disciplinar): Fomentar los esfuerzos aplicados.

En esta fase se debe considerar que los resultados radican en el compromiso y el respeto de los estándares establecidos. El coordinador del área debe señalar los resultados de los logros alcanzados con la aplicación de la metodología y mensualmente realizar una auditoría interna.

Beneficios:

- ✓ Lograr cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos institucionales.
- ✓ Mejorar el ambiente y el área de trabajo.
- ✓ Autodisciplina en buenas prácticas para organizar, eliminar, ordenar, limpiar y estandarizar mediante la metodología de las 5 eses.
- ✓ Fomenta el respeto a las normas establecidas y entre las personas.
- ✓ Se crea el convencimiento de lo que significa realizar mejoras en su lugar de trabajo.

La metodología de las 5 S es para organizar el trabajo de una manera que minimice el desperdicio, asegurando que las zonas de trabajo estén limpias y organizadas, mejorando la productividad, la seguridad y a la vez será la base inicial para continuar con la estructuración del TPM.

Se presenta un cronograma dividido en fases y etapas para iniciar la implementación del programa. En la primera fase se presenta una introducción informativa del programa, en donde se analizará la situación actual del orden y aseo que cada persona involucrada tiene con respecto a su puesto de trabajo.

Con la implementación de las 5 S se desea mejorar uno de los problemas que presenta el departamento, ya que motiva al personal al uso de mejores prácticas que propician y fomentan un ambiente laboral de respeto y empatía.

En la Tabla 71 Cronograma de implementación de la metodología de las 5 S, a continuación se detalla cada fase, etapa, actividad y duración. Es importante mencionar que en cada etapa de implementación se realizarán auditorías internas que posteriormente deberán seguirse efectuando para dar seguimiento al programa.

**Tabla 71 Cronograma de implementación de la metodología de las 5 S**

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA 5S						
FASE	ETAPA	ACTIVIDAD	MESES			
			1	2	3	4
INTRODUCCIÓN	ETAPA INTRODUCTORIA	Introducción del programa	X			
		Generación de expectativa	X			
		Lanzamiento de campaña 5S	X			
		Capacitación inicial 5s	X			
IMPLEMENTACIÓN	ETAPA 1 SEIRI (Seleccionar)	Reunión Inicio de programa	X			
		Talleres	X			
		Reunión e implementación	X			
EJECUCIÓN	ETAPA 2 SEITON (Ordenar)	Reunión Inicio de programa		X		
		Talleres		X		
		Reunión e implementación		X		
	ETAPA 3 SEISO (Limpiar)	Reunión Inicio de programa		X		
		Talleres		X		
		Reunión e implementación		X		
CONTROL	ETAPA 4 SEIKETSU (Estandarizar)	Reunión Inicio de programa			X	
		Talleres			X	
		Reunión e implementación			X	
	ETAPA 5 SHITSUKE (Disciplinar)	Reunión Inicio de programa			X	
		Talleres			X	
		Reunión e implementación			X	
	ANÁLISIS DE RESULTADOS					X
	AUDITORÍAS		X	X	X	X

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### **Etapas 5: Preparación de un plan maestro para la implementación del TPM**

Para la implementación del TPM es fundamental la creación de un plan maestro que funcione como guía de las acciones que se deben implementar.

Con las medidas se pretende ir introduciendo las distintas fases del TPM con pequeñas acciones de manera gradual y siempre explicando a los operarios la forma de llevarlas a cabo, y su motivo, con la intención de ahuyentar la sensación de imposición y minimizar el impacto del cambio.

Para el plan maestro es importante tomar en cuenta cinco actividades fundamentales:

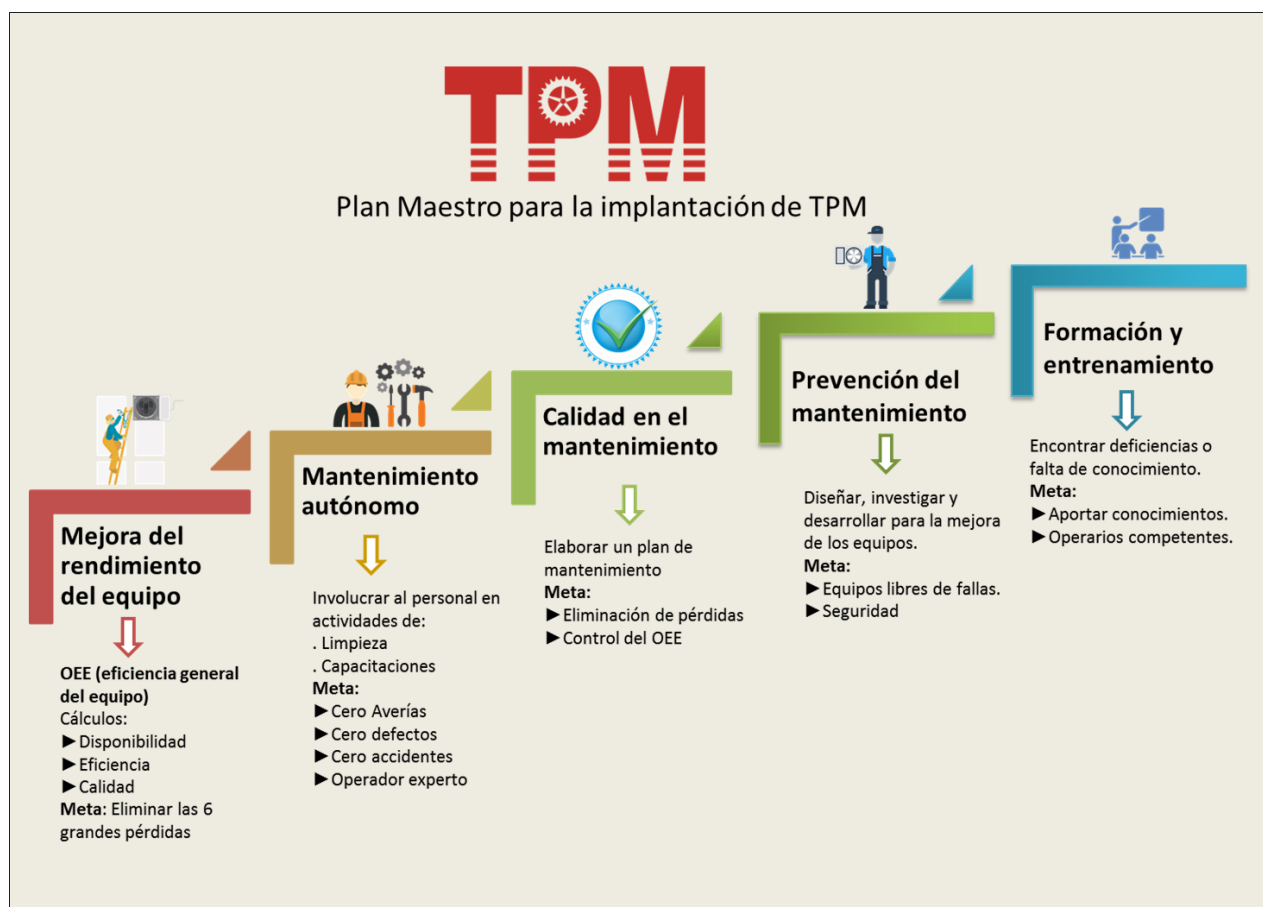
1. Mejora del rendimiento del equipo.
2. Mantenimiento autónomo.
3. Calidad en el mantenimiento.
4. Prevención del mantenimiento.
5. Formación y entrenamiento.

Con el desarrollo y la aplicación de estas actividades se pretende erradicar las seis grandes pérdidas del TPM, que son:

- Defectos que generan averías
- Pérdidas por preparación y ajuste (disponibilidad)
- Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas (rendimiento)
- Pérdidas por reducción de velocidad (rendimiento)
- Pérdidas por defectos de calidad y repetición de trabajos (tasa de calidad)
- Pérdidas de puesta en marcha (tasa de calidad)

En la Figura 36 Plan maestro para la implementación del TPM se detallan y describen las diferentes actividades por realizar para el desarrollo exitoso de la implementación del TPM en el departamento.

**Figura 35 Plan maestro para la implementación del TPM**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### 1. Mejora del rendimiento del equipo

Para esta actividad es importante trabajar en equipos o grupos liderados por los supervisores. En el caso del departamento, como no son muchos operarios, serán únicamente dos pequeños grupos.

Se celebrará una reunión en la que se les explique en qué consiste el plan de mantenimiento productivo total, cuáles son los objetivos, alcances y beneficios para el departamento, para la empresa y para ellos mismos.

Los pasos para el inicio serán:

1. Grupos de trabajo
2. Inspección general de los equipos
3. Reuniones por grupo de trabajo

#### 4. Acciones de mantenimiento autónomo

Se establecerá que cada reunión se realice una vez por semana, en sesiones de una hora, en que los principales objetivos de estas sean:

- Escuchar a los operarios.
- Completar y mejorar los estándares de limpieza y lubricación.
- Realizar una recopilación inicial de posibles mejoras.
- Motivación y mejora de la comunicación

Lograr que se desarrollen estas actividades de grupo semanalmente será algo muy positivo para todos los que conforman el departamento de mantenimiento, y a su vez permitirá la eficiencia general de los equipos.

## 2. Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo puede prevenir contaminación por agentes externos, rupturas de ciertas piezas, desplazamientos o errores en la manipulación de los equipos.

Se debe enfocar en el operario ya que es el que más interactúa con el equipo, para alargar su vida útil, mantenerlo en buen estado, limpio, lubricado y sin exceder sus capacidades. Para estas actividades los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para conocer el equipo con que operan.

La implementación de este pilar de la metodología de TPM es un proceso que puede extenderse a lo largo de dos a tres años, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre el departamento inicialmente.

En la Tabla 72 Plan de mantenimiento autónomo se explican siete pasos y actividades por desarrollar con el objetivo de lograr un cambio de actitud indispensable para el éxito del TPM.

**Tabla 72 Plan de mantenimiento autónomo**

PASO	ACTIVIDADES
<b>1. Limpieza inicial</b>	Limpiar para eliminar polvo y suciedad principalmente en el bastidor del equipo; lubricar, descubrir problemas y corregirlos. ► Limpieza a fondo del equipo y sus alrededores. ► Retirar todo el material innecesario. ► Escribir en una lista tareas posteriores.
<b>2. Contra medidas en la fuente de las averías</b>	► Facilitar el cambio de partes del equipo. ► Prevenir la causa del polvo, suciedad. ► Mejorar partes que son difíciles de limpiar y lubricar ► Reducir el tiempo requerido para limpiar y lubricar.
<b>3. Estándares de limpieza y lubricación</b>	Establecer estándares que reduzcan el tiempo gastado limpiando, lubricando, y apretando. ► <b>Estándar de limpieza:</b> Localización de los puntos de limpieza al equipo, suministros requeridos para efectuar la limpieza, criterios, fechas de ejecución, la frecuencia y el responsable del estándar. ► <b>Estándar de Inspección:</b> mantener el equipo lubricado para evitar desgastes y fricción en las piezas, incrementando el tiempo de vida útil del mismo. ► <b>Estándar de seguridad:</b> inspección del equipo, se revisa el estado físico de las líneas, válvulas, fugas de gas refrigerante etc.
<b>4. Inspección general</b>	Para este paso se pretende identificar tempranamente el deterioro que puede sufrir el equipo con la participación del operador. Se requieren de conocimiento profundo sobre la composición del equipo, elementos, partes, sistemas, como también sobre el proceso para intervenir el equipo y reconstruir el deterioro identificado, por lo tanto es importante: ► Capacitar al operario. ► Realizar inspecciones de rutina periódicamente tal y como lo hace el experto. ► Desarrollar intervenciones y mejorar el equipo.
<b>5. Inspección autónoma</b>	Desarrollar y emplear listas de chequeo para inspección autónoma. ► Realizar estándares de mantenimiento. ► Realizar las rutinas de mantenimiento siguiendo los estándares.
<b>6. Organización y orden</b>	Sistematizar el control del mantenimiento. En este punto es clave continuar con la puesta en práctica de las 5S. ► Elegir un responsable de controlar la gestión de orden y organización. ► Ordenar herramientas y materiales. ► Almacenar en el mínimo de espacio. ► Ordenar el lugar y saber donde está cada cosa.
<b>7. Auto gestión</b>	Son actividades de mejora continua de los equipos refinando los procesos de inspección. Se analizan los resultados de las inspecciones diarias, estadísticas de tiempo de paro, defectos, fallas etc.

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### 3. Calidad en el mantenimiento

La calidad en el mantenimiento es la máxima disponibilidad de los equipos al mínimo costo y abarca mano de obra, materiales, recursos técnicos y métodos de trabajo.

- Mano de obra. El departamento cuenta con el personal de planta necesario y con el personal de contrata externa. Solo cuenta con supervisor para controlar los trabajos de mantenimiento preventivo, por lo que se recomienda asignar otro supervisor que permitirá

mejorar los tiempos de atención para intervenciones tanto preventivas como correctivas. En este punto es importante tener en cuenta que el personal debe ser cualificado y capacitado. Debe ser personal comprometido que realice las tareas de mantenimiento con responsabilidad.

- **Materiales.** En este punto el coordinador del área debe manejar y controlar el *stock* de materiales, órdenes de compra y facturas. Se debe sistematizar la recepción y verificación de los insumos cuando son adquiridos.
- **Recursos técnicos.** Los resultados de la calidad en el mantenimiento son la evidencia de los recursos que se tienen o no se tienen. Después del análisis realizado de la situación actual del departamento se recomienda la implementación de un software de mantenimiento como un recurso útil y necesario para la gestión.
- **Métodos de trabajo.** En el departamento no hay documentación de procesos, de los equipos y repuestos, y tampoco de algunas intervenciones correctivas que se les realizan a los equipos. El departamento debe desarrollar un plan de mantenimiento que permita identificar y analizar las fallas más frecuentes y cómo prevenirlas.

#### **4. Prevención del mantenimiento**

La meta principal con las actividades de prevención del mantenimiento es la reducción de costos y pérdidas al adquirir nuevos equipos. El historial del comportamiento de los equipos actuales sirve para identificar posibles mejoras en el diseño y reducir las causas de averías incluso antes de realizar la compra de nuevo equipo.

El departamento actualmente no cuenta con un historial de registro de equipos y las fallas más frecuentes. Tampoco cuenta con métodos de medición y control que le faciliten decidir con base en el historial para la adquisición de nuevo equipo.

Las técnicas de prevención de mantenimiento exigen contar con buenas bases de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones.

#### **5. Formación y entrenamiento**

En este proceso se debe ser actuar con prudencia. Los cambios no son fáciles y las personas siempre tienden a resistirse a ellos, por lo que no deben hacerse a la ligera. Es importante tener en cuenta aspectos como conocimientos teóricos, prácticos, y las habilidades de cada operario. Es

preferible considerar las habilidades de un veterano en sus labores dentro de la empresa y no uno recién incorporado.

Las sesiones formativas están enfocadas en la eliminación de faltas y las destrezas por adquirir no se limitan únicamente al conocimiento del equipo y a cómo hacer que este opere, sino que también esas condiciones de operación deben ser óptimas. El operario tendrá conocimiento del simple ruido que hace el equipo, de la velocidad con que debe avanzar y de cuándo es necesaria la intervención.

Se debe establecer un cronograma para organizar las capacitaciones que se requieren para la implementación del TPM. Este entrenamiento requiere tiempo, compromiso y constancia de todos los involucrados.

Las capacitaciones por impartir son:

- ✓ Capacitación campaña de educación en el TPM
- ✓ Capacitación en la metodología de las 5 S y mantenimiento autónomo
- ✓ Capacitación mejora del rendimiento de los equipos (OEE)
- ✓ Capacitación calidad en el mantenimiento
- ✓ Capacitación en prevención del mantenimiento.

A continuación, en la Tabla 73 Cronograma de capacitaciones TPM se detalla cómo se llevarán a cabo las diferentes capacitaciones. Se requerirá un mes de tiempo para los siete módulos. Se dividirá el departamento en dos grupos con los cuales se trabajará en dos turnos, el primer grupo por la mañana de 8:00 am a 11:00 am y el otro grupo por la tarde de 1:00 pm a 4:00 pm. Se requerirán dos días a la semana por módulo, lo que corresponde a 6 horas por cada módulo.

**Tabla 73 Cronograma de capacitaciones TPM**

CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES TPM					
MÓDULOS	CAPACITACIÓN	SEMANAS			
		1	2	3	4
1	Capacitación campaña de educación en el TPM	X			
2	Capacitación en la metodología de las 5S	X			
3	Capacitación de los Pilares del TPM		X		
4	Capacitación mejora del rendimiento de los equipos (OEE)			X	
5	Capacitación Mantenimiento autónomo			X	
6	Capacitación calidad en el mantenimiento				X
7	Capacitación en prevención del mantenimiento				X

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Pilares del TPM

En la Figura 37 Casa TPM se muestran los pilares en los cuales descansa el TPM.

**Figura 36 Casa TPM**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

A continuación se detalla cómo debe implementarse cada uno de estos pilares en el departamento de electromecánica.

### Mejoras enfocadas

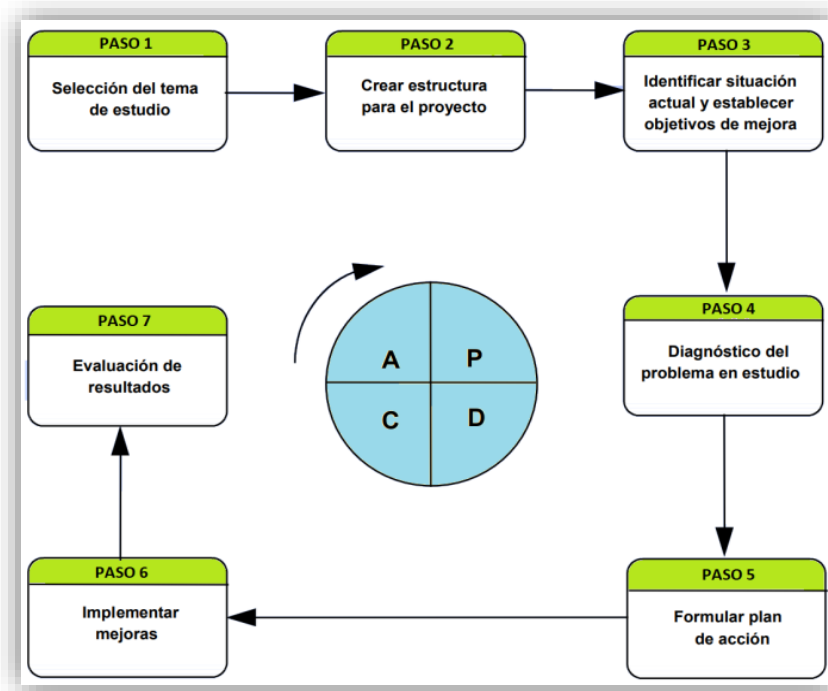
En este pilar del TPM se deben aplicar metodologías de mejora que permitan reducir pérdidas en los procesos de mantenimiento por tiempos y costos, por medio de la formación de grupos multidisciplinarios los cuales tendrán que establecer metas enfocadas en proponer soluciones para los problemas.

Algunas de las mejoras en las que se debe enfocar el área de mantenimiento son:

- La actualización de los carteles de licitación anualmente para el manejo exacto de los costos de mantenimientos correctivos que realiza el departamento.
- La digitalización de datos recopilados de cada uno de los equipos y los mantenimientos realizados para el análisis estadístico.
- Con herramientas como el diagrama de Ishikawa y el de Pareto se puede determinar cuáles son las causas que generan problemas en los equipos y trabajar en acciones de mejora.

En la Figura 38 Metodología ciclo de mejora continua se establecen los pasos por seguir en cada una de las etapas anteriores.

**Figura 37 Metodología ciclo de mejora continua**



**Nota: Página web Calidad total, 2019**

### **Mantenimiento autónomo**

El entrenamiento y el conocimiento del personal operario es importante para el uso eficiente de los equipos con que se opera.

En este caso lo que corresponde al mantenimiento autónomo de los aires acondicionados es un poco más dirigido a recomendaciones que se le pueden hacer al personal del edificio para el uso de los equipos. El personal que labora en los diferentes niveles podría identificar ciertas anomalías y reportarlas al personal de mantenimiento para que acudan inmediatamente ante lo que puede generar problemas mayores.

Algunas inspecciones generales son:

- Audición: ruidos extraños.
- Tacto: Control de temperatura (no enfría).
- Visión: Derrame de agua.

### **Mantenimiento planificado**

Es importante tener en cuenta que antes de realizar el mantenimiento planificado se deben tener en consideración dos etapas como parte de las acciones del mantenimiento preventivo: eliminar el deterioro acumulado en el equipo (MTBF) y eliminar las causas que provocan las fallas.

El departamento realiza mantenimiento preventivo periódicamente pero no se lleva un control de la planificación que se hace para eso. Esta se debe reforzar para aplicar un mantenimiento planificado el cual consta de seis etapas para su implantación, que son:

- ✓ Identificar y analizar el estado actual de los equipos. Se debe mejorar la información disponible de los equipos para crear una base histórica para el diagnóstico de los problemas. Estos datos son:
  - Información sobre los equipos: datos de los equipos.
  - Criterios para calificar los equipos
  - Listado priorizado de los equipos
  - Registros de los tipos de fallas potenciales
  - Datos históricos de averías e intervenciones

- Registros de MTBF (tiempo medio entre averías) de los equipos y sistemas
  - Sistema de costos de mantenimiento
  - Registro de mantenimientos rutinarios y periódicos.
- ✓ Eliminar el deterioro de los equipos y mejorarlos. En este paso se deben eliminar los problemas en los equipos mediante acciones rápidas de inspección, restauración y reparación. Deben ser prioridad:
- Eliminación de averías en forma radical
  - Eliminación de fallas en el proceso
  - Acciones para evitar la recurrencia de fallas.
- ✓ Establecer un sistema de información para la gestión. Introducción de un programa informático (software de mantenimiento) que permita el manejo y control de los datos, como fallas y averías en los equipos:
- Sistematización de información necesaria sobre fallas, averías, causas e intervenciones.
  - Información técnica del equipo.
  - Sistema de gestión de mantenimiento que permita controlar todos los recursos de la función: piezas, planos y recambios.
  - Control de presupuesto de mantenimiento.
- ✓ Establecer un sistema de mantenimiento periódico. Se pretende ampliar una gestión de mantenimiento preventivo, sólido y progresivo con el tiempo.
- Selección de equipos o grupos
  - Planificación del mantenimiento
  - Estandarización de las actividades
  - Control de la evolución.
- ✓ Establecer un sistema de mantenimiento predictivo. Este mantenimiento establece los intervalos de las revisiones en función de las condiciones actuales del equipo, determinadas de forma científica por tecnología de diagnóstico de equipos:
- Clase de equipo
  - Temperatura
  - Fugas.

- ✓ Evaluación del mantenimiento planificado. En esta se evalúa a todo el departamento como un conjunto compacto y sincronizado.

El objetivo del mantenimiento planificado será ajustar la programación del equipo para realizar las tareas en el momento menos perjudicial para la producción. Por ello, en la Tabla 74 Cronograma de mantenimiento planificado se elabora un cronograma de mantenimiento planificado:

**Tabla 74 Cronograma de mantenimiento planificado**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO												
NIVELES	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SÓTANO				X						X		
NIVEL 1	X						X					
NIVEL 2		X						X				
NIVEL 3				X						X		
NIVEL 4					X						X	
NIVEL 5			X						X			
NIVEL 6		X						X				
NIVEL 7			X						X			

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Mantenimiento de calidad

El mantenimiento de calidad está orientado al cuidado del equipo, a medir y verificar las condiciones básicas para “cero defectos” con el objetivo de que no se generen defectos de calidad.

El mantenimiento de calidad se en 10 etapas:

- Etapa 1: Identificación de la situación actual de los equipos.

En esta etapa el departamento no contaba con un análisis de las inspecciones preventivas e intervenciones correctivas de los equipos, las cuales se hicieron en el capítulo anterior de la situación actual.

- Etapa 2: Investigación de la forma cómo se generan los defectos

En el capítulo anterior de esta investigación se realizó el análisis de recurrencia de fallas lo cual sirve de base a esta etapa para tomar decisiones y emprender acciones.

- Etapa 3: Identificación y análisis de las condiciones 3 M (materiales, máquina y mano de obra)

En esta etapa se deben analizar las condiciones del equipo mediante la herramienta de causa y efecto (Ishikawa), con el fin de determinar cuál es la suma de inconvenientes en relación con insumos, equipos y operarios que generan el problema.

- Etapa 4: Estudiar las acciones correctivas para eliminar las anomalías.

El coordinador debe estudiar las acciones correctivas para eliminar las causas de anomalías con el objetivo de prevenir la recurrencia del hecho generador. Se deben revisar las fallas y determinar las causas, evaluar nuevas medidas, implementar acciones, documentar los resultados y revisar la eficacia de las medidas.

- Etapa 5: Analizar las condiciones del equipo para productos sin defectos y comparar los resultados.

En esta etapa se analizan los elementos de los equipos que presentan alta incidencia en sus características de calidad.

- Etapa 6: Realizar acciones y mejorar las condiciones 3 M.

Se deben evaluar nuevas medidas e implementar acciones para mejorar las condiciones existentes y adelantarse para prevenir futuras situaciones de anomalía.

- Etapa 7: Definir las condiciones y estándares de las 3 M.

En esta etapa se establecen valores estándar para las características de los factores del equipo y para valorar los resultados por medio de un proceso de medición.

- Etapa 8: Reforzar el método de inspección.

El departamento realiza constantemente inspecciones preventivas a los equipos pero, como se evidenció en el análisis de la situación actual, no a todos los equipos se les realizan las inspecciones preventivas periódicamente, por lo que reforzar y mejorar este método debe ser indispensable, además de la implementación de otros como, por ejemplo, el mantenimiento autónomo y programado.

- Etapa 9: Valorar los estándares utilizados

Se valoran los resultados estándar de la etapa siete y se toman medidas de corrección y mejora de ellos.

- Etapa 10: Revisar los estándares establecidos.

Revisar y controlar que la gestión de actividades de mantenimiento se realice diariamente.

En la Tabla 77 Cronograma de mantenimiento de calidad se muestran los meses en los que se realizará el mantenimiento de calidad siguiendo las etapas anteriormente detalladas. El mantenimiento se llevará a cabo cada tres meses en cada uno de los niveles. En el mes uno se inicia el mantenimiento en los niveles 1, 6 y 7 a 76 equipos; en el mes dos nivel 3 y nivel 5 a 66 equipos, y en el mes tres al sótano, nivel 2 y nivel 4 a 61 equipos.

Con la realización de estas actividades se pretende obtener información para programar los mantenimientos preventivos y planificados, controlar las condiciones de cada uno de los equipos y lograr el principal objetivo, el de eliminar las fallas.

**Tabla 75 Cronograma de mantenimiento de calidad**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE CALIDAD												
NIVELES	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SÓTANO			X			X			X			X
NIVEL 1	X			X			X			X		
NIVEL 2			X			X			X			X
NIVEL 3		X			X			X			X	
NIVEL 4			X			X			X			X
NIVEL 5		X			X			X			X	
NIVEL 6	X			X			X			X		
NIVEL 7	X			X			X			X		

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### **Prevención del mantenimiento**

En el departamento a los equipos se les vienen realizando mantenimientos preventivos; sin embargo, no con todos los equipos se cumple con la frecuencia que se requiere.

En la prevención del mantenimiento el historial de comportamiento de cada equipo es importante para identificar mejoras en el diseño y reducir las causas de averías. Por ello es importante tener

documentado cada uno de los trabajos realizados, tanto preventivos como correctivos, y realizar análisis de frecuencia de fallas, costos de mantenimiento, etc.

Para este paso se elaboró un cronograma para todo un año según el cual cada tres meses se deberán realizar mantenimientos preventivos a los equipos.

A continuación se presenta la Tabla 78 Cronograma de mantenimiento preventivo:

**Tabla 76 Cronograma de mantenimiento preventivo**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO												
NIVELES	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SÓTANO	x			x			x			x		
NIVEL 1		x			x			x			x	
NIVEL 2	x			x			x			x		
NIVEL 3		x			x			x			x	
NIVEL 4	x			x			x			x		
NIVEL 5		x			x			x			x	
NIVEL 6	x			x			x			x		
NIVEL 7		x			x			x			x	

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Dada la importancia de llevar un control de las intervenciones se presenta el siguiente formato en la Figura 39 Hoja de vida del equipo, que permite saber y conocer datos del equipo.

En este documento se identifican las características del equipo, además de incluir la información del historial de los mantenimientos que se le han hecho a este, ya sean correctivos o preventivos. Este documento también puede garantizar una forma correcta de realización del inventario del equipo y así es más fácil su manejo.





### **Actividades de departamentos administrativos y de apoyo**

En este pilar la comunicación y la coordinación son parte fundamental del proceso. En el departamento se realizan trabajos de mantenimiento correctivo y no existe un registro de lo que se le hace a los equipos y esto acarrea fallas operativas.

El coordinador del área debe mantener una línea de comunicación en la que no se le haga ningún trabajo a los equipos sin ser comunicado a los otros, y es en eso en lo que radica la importancia de llevar un control y seguimiento de los mantenimientos que se realizan.

Se puede trabajar con las órdenes de los trabajos que se realizaron en la semana por medio de un mensaje de correo electrónico en el que se rinda un informe de cuáles equipos recibieron mantenimiento.

El coordinador y los supervisores de mantenimiento deben establecer esta la comunicación como una labor en este pilar y para que de esa manera se lleve un respaldo de la información en caso de ser requerida por el área

### **Formación y adiestramiento**

Para este pilar es importante la asistencia puntual para las diferentes capacitaciones que se impartirán por módulos durante el proceso de implementación del TPM. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo. Son habilidades que permiten interpretar y actuar. El TPM requiere un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

- ✓ Identificar y detectar problemas en los equipos.
- ✓ Comprender el funcionamiento de los equipos.
- ✓ Capacidad para conservar el conocimiento y enseñarle a otros compañeros.

La formación y el compromiso de los integrantes de los equipos o grupos es fundamental para que el desarrollo sea integral y para que los cambios sean percibidos como un beneficio para sí mismos.

## **Gestión de seguridad y entorno**

En este pilar del TPM las 5 S y el mantenimiento autónomo juegan un papel muy importante, ya que son la base de la seguridad. La formación de los operarios en habilidades y cumplimiento de reglamentos y estándares crea sentido de la responsabilidad por su salud y su seguridad.

El Kobetsu Kaizen del pilar de mejoras enfocadas es el instrumento para reducir pérdidas y eliminar riesgos en los equipos por eventuales accidentes.

El cumplimiento de estas prácticas de procesos de TPM le permitirá al departamento mantener un entorno seguro y libre de accidentes.

### **Fase de introducción**

#### **Etapas 1-5: Preparación del TPM**

El “disparo de salida” es el primer paso para la implantación al comienzo de la batalla contra las seis grandes pérdidas.

Durante la fase de preparación (etapas 1-5) la dirección y los coordinadores juegan el rol dominante. Sin embargo, a partir de este punto los técnicos individuales deben cambiar desde sus rutinas de trabajo diario tradicionales y empezar a practicar el TPM. Cada colaborador juega ahora un rol crucial. Por esta razón cada trabajador debe apoyar la política en el TPM de la alta dirección por medio de actividades para eliminar las seis grandes pérdidas.

### **Fase de implementación**

#### **Etapas 6-7: Mejorar la efectividad del equipo**

El TPM se implementa por medio de los cinco pilares de desarrollo básicos del TPM, el primero de las cuales es mejorar la efectividad de cada pieza del equipo que experimenta una pérdida. Ingeniería y mantenimiento, los supervisores y los miembros de los grupos se deben organizar en equipos de proyecto para hacer mejoras y eliminar las pérdidas. Estas mejoras producirán resultados positivos dentro del departamento.

Durante las fases tempranas de la implantación puede haber personas que duden del potencial del TPM. Por ello es importante reforzar el entrenamiento, crear un entorno favorable de trabajo y evaluar los resultados.

### **Etapa 8: Desarrollar un plan de mantenimiento autónomo**

La segunda de las cinco actividades de desarrollo del TPM, el mantenimiento autónomo, es el paso octavo del programa de desarrollo.

En lo que respecta a esta actividad y a los usuarios de los aires acondicionados, las inspecciones que debe realizar el personal que se encuentra en cada nivel es muy básico, sin embargo, es valioso para el departamento toda aquella alerta temprana de anomalías que se evidencien mediante ruidos, observaciones y habilidades tácticas.

### **Etapa 9: Desarrollar un programa de mantenimiento planificado**

El noveno paso en el programa de desarrollo es también una de las cinco actividades básicas TPM.

En este paso es importante la aplicación del programa de mantenimiento periódico en el departamento. El mantenimiento programado, el mantenimiento autónomo, el correctivo, el preventivo y el de calidad deben coordinarse y ejecutarse de forma que puedan funcionar con los cronogramas establecidos para cada uno.

### **Etapa 10: Formación para evaluar capacidades de operación y mantenimiento**

La cuarta actividad de desarrollo del TPM y el décimo paso del programa de desarrollo del TPM es la mejora de las capacidades de operación y mantenimiento.

La inversión en educación y entrenamiento son inversiones que traen grandes beneficios. Una compañía que implante el TPM debe invertir en entrenamiento que les permita a los empleados utilizar apropiadamente el equipo. Además del entrenamiento en técnicas de mantenimiento los operarios deben afinar también sus capacidades en operación.

### **Etapa 11: Gestión temprana de equipos**

La última categoría de las actividades de desarrollo del TPM es la gestión anticipada del equipo.

Cuando se instala el nuevo equipo a menudo aparecen problemas durante las operaciones de test y arranque, aunque durante el diseño, la fabricación y la instalación todo parece marchar con normalidad. Puede que los ingenieros de mantenimiento tengan que hacer muchas mejoras antes de que comience la operación normal. Incluso, entonces se necesitan reparaciones en el período inicial, inspección, ajuste y lubricación y limpieza iniciales para evitar el deterioro y las averías

que a menudo son tan difíciles de reparar y que con ellas hasta los supervisores se desmoralizan completamente.

## **Fase de consolidación**

### **Etapas 12: Consolidación del TPM y evaluación de metas**

El paso final en el programa de desarrollo del TPM es perfeccionar la implantación del TPM y fijar metas futuras aún más elevadas. Durante este período de estabilización cada uno trabaja continuamente para mejorar los resultados TPM, de forma que puede esperarse que dure algún tiempo.

#### **2. Actualización del contrato de licitación vigente**

En el departamento se evidencian inconsistencias que perjudican la gestión de los procesos, por lo que es necesario considerar llegar a la raíz de estos problemas y encontrar soluciones que permitan erradicarlos para mejorar. Como siguiente propuesta se deben tomar medidas para los problemas internos por:

- Falta de cultura. La cultura organizacional en una empresa es muy importante. Para ello se recomienda una cultura abierta, una comunicación fluida entre la dirección, el coordinador y los técnicos, por lo que se debe capacitar en este caso al coordinador a cargo del departamento.
- Documentación no específica. Se debe solicitar al nivel superior actualizar el contrato vigente para mejorar los servicios de mantenimiento que brinda el departamento.

#### **Falta de cultura**

Como primer punto, el cambio cultural es de gran importancia en un departamento y en toda organización en general, aunque dicha transformación es un proceso complejo, pues requiere abatir las percepciones actuales y actitudes de los miembros de la organización.

En la organización se pueden presentar resistencias al cambio en cuanto al modelo propuesto en este proyecto, ya que en el nivel jerárquico pueden darse discrepancias entre los niveles para la implementación de propuestas que requieren de presupuesto, lo que limita el desarrollo de cambios que permitirían el mejoramiento de los procesos.

Por tal motivo es necesario mostrar en el corto plazo los resultados de todas las nuevas prácticas que se vayan a implementar y también los beneficios, tanto para el departamento como para la organización.

### **Documentación no específica**

La actualización del contrato vigente es necesaria para tener un control eficiente de gastos. Dicha actualización representa la incorporación de nuevas líneas; sin embargo, en lo administrativo actualmente existe la limitante presupuestaria que no lo permite. Ante esta situación, según el coordinador la solución podría ser escalar la propuesta de este proyecto a la alta gerencia de telecomunicaciones, para evidenciar los problemas presupuestarios existentes en el departamento, que no permiten actualizar el contrato para la adquisición de servicios de mantenimiento.

### **3. Software de mantenimiento**

Para el control de la gestión del mantenimiento de equipos existen en la actualidad sistemas de información que facilitan dicha gestión y permiten la mejorara de los procesos en las empresas.

En esta investigación se proponen diferentes softwares de mantenimiento que permitirán al departamento administrar, mantener y hacer un mejor seguimiento de sus activos, así como fomentar mejores decisiones para el mantenimiento, el tiempo de funcionamiento, la gestión de riesgos y el planeamiento estratégico. Con esto se da solución a problemas como:

- Ausencia de procesos de control
- Falta de datos estadísticos
- Ausencia de un sistema de control y de almacenamiento de facturas.

Actualmente el departamento no cuenta con una herramienta digital para la gestión del mantenimiento y no se recopila información en una base de datos para realizar análisis y para optimizar los procesos, por lo que efectivamente un software de gestión del mantenimiento es una inversión, no un gasto, al igual que el mantenimiento en sí, que permite aumentar la productividad de los equipos.

El software de gestión facilitará el análisis porque, utilizará los datos con agilidad, facilitará la toma de decisiones y disminuirá el tiempo, que representa dinero.

Algunas ventajas de un software para el departamento después del análisis actual son:

- Disposición de los datos en tiempo real, por lo que la toma de decisiones será más rápida y flexible y con criterios objetivos.
- Facilita la planificación y asignación de las tareas al poder consultarse de forma inmediata los trabajos pendientes.
- Facilita el análisis de las averías para detectar más fácilmente las averías repetitivas y de esta forma atacar la causa raíz, algo que habitualmente no es posible debido a la falta de tiempo. Con el análisis de los resultados se puede ver qué funciona y qué no, al reducir unas tareas y potenciar otras.
- Disposición de un histórico de averías y reparaciones, documentación de las anomalías y actuaciones en los equipos, de forma que posteriormente puedan aparecer dichas anotaciones en las órdenes de trabajo.
- Disminuye el uso de papel y de hojas de cálculo para tener acceso a la información que se requiere de forma inmediata y en donde se necesite.
- Mejor control de la documentación, ya que se permite asignar a un equipo la documentación necesaria y los repuestos adecuados. De forma sencilla se puede conocer el *stock* del repuesto y realizar un seguimiento de los pedidos.

Para determinar qué software se ajusta más a las necesidades del departamento se cotiza en tres diferentes empresas y se obtiene información referente al precio, lo que incluye y lo que se requiere para la implementación.

La primera empresa es Gerinir, S.A, especializada en el desarrollo de software y tecnología para el sector del mantenimiento de equipos industriales, con una experiencia previa de 25 años en los mercados nacional y extranjero. (Ver en el apéndice la Figura 43 Cotización Software de mantenimiento PROMAT)

### **PROMAT3**

Las características de este software, en relación con lo que el departamento requiere para la gestión del mantenimiento en el área, son:

Flexibilidad:

- ✓ Infinita cantidad de perfiles de equipos y combinaciones de partes.
- ✓ Frecuencias de mantenimiento flexible (tiempo, contadores, sensores, etc.).

- ✓ Personalización de permisos y accesos por grupos de usuarios.

#### Automatización:

- ✓ Servicio de funcionamiento continuo que se instala en un servidor o equipo que permanece encendido 24/7 y se encarga de ejecutar tareas automáticas programadas sin requerir intervención de un usuario.
- ✓ Recopilación de datos.
- ✓ Generación de órdenes de trabajo para inspecciones.
- ✓ Notificaciones programadas sobre eventos críticos dentro del proceso.
- ✓ Generación de estadística.

#### Control y monitoreo:

- ✓ Generación de mantenimiento preventivo basado en criterios de selección (filtros), por grupo de partes, equipo, frecuencia, responsable, etc.
- ✓ Control de mantenimientos preventivos, reasignación de fechas de ejecución, cambio de responsables, anulación, generación de órdenes de trabajo por criterio de selección y rangos de fechas.
- ✓ Ingreso de mano de obra, facturas de terceros, movimientos de inventario (salidas y devoluciones de repuestos/suministros), distribución de costos por sistema funcional.
- ✓ Confirmación de labores realizadas, comentarios, archivos adjuntos (fotografías, vídeos, documentación en pdf, etc.), reporte de fallos según catálogo controlado de fallas y causas (correctivo).
- ✓ Asignación de presupuesto a costos de orden, inclusión de autorizaciones de sobregiro de presupuesto, análisis de utilización de presupuesto.
- ✓ Control de fechas de avance y ejecución.
- ✓ Reclamación de órdenes de trabajo sin asignar.
- ✓ Históricos de órdenes de trabajo: estadísticos, costos detallados, índices de mantenimiento, mano de obra, gráficos de Pareto, presupuestos, etc.

En la Figura 41 Software Promat se muestra la pantalla inicial de acceso al sistema Promat.

**Figura 40 Software Promat**



**Nota: Promat**

La siguiente empresa a la que se le solicita información del software de mantenimiento es Tecnología para el Mantenimiento, S.A, dedicada al desarrollo de software para la gestión del mantenimiento en industrias y flotillas. (Ver el apéndice Figura 44 Cotización software de mantenimiento TRICOM)

**TRICOM**

Es un programa para computadoras tipo PC basado en Windows, diseñado para programación y control del mantenimiento preventivo.

Para el departamento de electromecánica este software podría ajustarse a sus necesidades y dar solución a los causas de problemas por falta de manejo de la información.

Las características de esta herramienta son:

- ✓ Datos generales de los equipos instalados: equipos instalados en la planta y a los que se les debe realizar mantenimiento preventivo o correctivo. Se pueden subdividir las áreas en donde se encuentran estos ubicados en niveles o pisos.
- ✓ Mantenimiento correctivo. Se programan todas las actividades de mantenimiento imprevistas mediante órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo.
- ✓ Mantenimiento preventivo. Puede realizarse la programación del mantenimiento preventivo de la planta automáticamente y asignarle a cada equipo y parte de

mantenimiento los datos de frecuencia, tiempo de duración de cada actividad y la fecha del último mantenimiento creados en los planes de mantenimiento.

- ✓ Registro de datos técnicos de los equipos. Manejo de todo lo referente al historial de lo que se le ha hecho a los equipos, inclusión de los comentarios de los trabajos realizados, fallas que presentó el equipo, orden de trabajo, tiempo de respuesta del departamento de mantenimiento y costo por tiempo de paro del equipo, personal que realizó el trabajo y costos.
- ✓ Presupuestos de mantenimiento
- ✓ Índices de mantenimiento. Tiempo promedio entre fallas, tiempo promedio entre reparaciones, disponibilidad de los equipos y desempeño de los equipos.

En la Figura 42 Software Tricom se muestra la pantalla inicial de acceso al sistema Tricom.

**Figura 41 Software Tricom**



**Nota: Tricom**

Como tercera opción se presenta una última cotización de la empresa MP Software que es la marca registrada de Técnica Aplicada Internacional, S.A de C.V, con más de 25 años de experiencia. El MP Software es un programa computarizado que ayuda a tener organizada toda la información que requiere el departamento para el control y la administración del mantenimiento.

**MP SOFTWARE**

Características importantes de este software que coincide con las necesidades del departamento son:

- ✓ Documenta toda la información de los equipos. Descripción completa de los equipos, fotografías, especificaciones técnicas, manuales técnicos, localización, repuestos etc.
- ✓ Localización de equipos. Representa la estructura por niveles del edificio en donde se encuentran los equipos.
- ✓ Documentación de planes de mantenimiento. Se indican las actividades de mantenimiento preventivo que se le deben realizar a los equipos en forma rutinaria, frecuencia con que se realizan las actividades, establecimiento de frecuencias en fechas y lecturas las cuales se registran periódicamente. Genera automáticamente los calendarios. Muestra las fechas para cada actividad y registra trabajos no rutinarios, como los mantenimientos correctivos.
- ✓ Generación de órdenes de trabajo. Muestra listados de trabajos rutinarios y no rutinarios y también por prioridad. Se asignan responsables, imprime las OT, consulta OT abiertas y cerradas y actualiza trabajos realizados.
- ✓ Comparativo de actividades programadas contra actividades realizadas.
- ✓ Registro de repuestos y servicios externos. Analiza costos de mantenimiento, horas-hombre registradas, cantidad de órdenes de trabajo y análisis de horas extras.
- ✓ Repuestos y consumibles. Documenta incluso marcas de cada repuesto y existencias en *stock*.
- ✓ Entradas y salidas. Costos.
- ✓ Flujo de recursos. Calcula cantidades de repuestos y costos presupuestados.
- ✓ Consulta de historiales de equipos, empleados y trabajos.
- ✓ Índices de mantenimiento.
- ✓ MP Mobile. Aplicación para técnicos de mantenimiento en campo.

En la Figura 43 Software MP Software se muestra la pantalla inicial de acceso al sistema MP Software.

Figura 42 Software MP Software






### Nota: MP Software

En la Tabla 77 Matriz de comparación de software se muestra una matriz en la que se comparan los tres softwares de los cuales se detallaron anteriormente sus principales características en relación con las necesidades del departamento.

Los criterios tomados en consideración fueron: costos, tecnología, funcionalidad, experiencia y soporte técnico, con una valoración porcentual según la importancia de cada uno. Con respecto a la calificación para A, B y C recibieron una puntuación de 1 a 5 en que 1 es lo más bajo y 5 lo más alto. Para obtener la calificación se divide el porcentaje de valoración entre 5 (puntuación más alta) por la puntuación obtenida en cada criterio.

Tabla 77 Matriz de comparación de software

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE SOFTWARE DE MANTENIMIENTO								
CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES		ALTERNATIVAS						
		PROMAT3 		TRICOM 		MP SOFTWARE 		
		A		B		C		
Elección de software de mantenimiento	VALORACIÓN	PUNTUACIÓN	CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN	CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN	CALIFICACIÓN	
Costes	35%	3	21%	2	14%	4	28%	
Tecnología	20%	4	16%	4	16%	4	16%	
Funcionalidad	25%	4	20%	4	20%	4	20%	
Experiencia	10%	5	10%	2	4%	5	10%	
Soporte Técnico	10%	5	10%	4	8%	4	8%	
	<b>100%</b>		<b>77%</b>		<b>62%</b>		<b>82%</b>	

Nota: Katherine Chavarría Castro

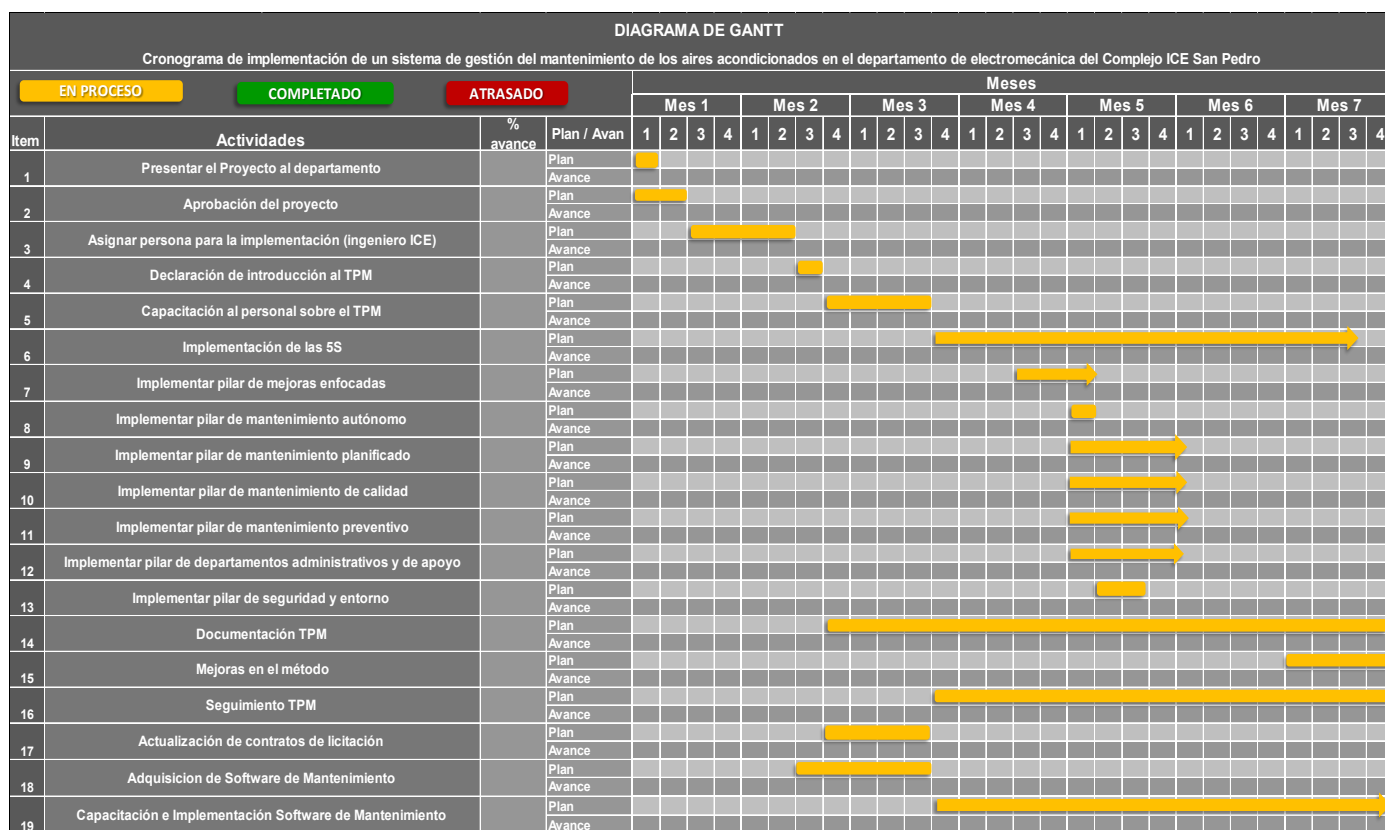
Según el análisis anterior uno de los criterios más importantes es el de costos y el software C es el que menor precio tiene de los tres. Por ello obtiene la más alta puntuación. Otro aspecto relevante es la funcionalidad de la herramienta como tal, y todos cumplen con lo que requiere el departamento. En conclusión, el software C obtiene la mayor calificación, por lo que se propone contemplar la posibilidad de implantarlo como una herramienta útil y practica para la gestión del mantenimiento en el departamento. (Ver el apéndice de cotización en la Figura 45 Cotización Software de mantenimiento MP SOFTWARE)

### **Plan de implementación**

Con el fin de lograr una implementación adecuada de la Metodología TPM, la actualización de los contratos de licitación y la implementación de un software de mantenimiento, se propone un cronograma de actividades que busca ofrecer una guía del tiempo requerido para todo el proceso del proyecto. El plan de implementación contempla a todo el departamento de electromecánica con la participación directa en el proyecto de la dirección, el coordinador y los integrantes de los equipos.

En el cronograma se estableció un tiempo de siete meses para implementar cada una de las propuestas, debido a la tramitología que se requiere de previo a iniciar como, por ejemplo, la asignación de la persona encargada para este trabajo. A continuación se indican en la Tabla 78 Cronograma de Implementación todas las actividades con la duración de cada una de ellas.

**Tabla 78 Cronograma de implementación**



**Nota: Katherine Chavarría Castro**

El TPM es un proceso que puede llevar de 3 a 5 años para llegar a la culturización. Se necesita tiempo para que el cambio de cultura se manifieste en todo el personal; no obstante, para iniciar este proyecto se establece un tiempo de 7 meses, incluida la implementación del software y la actualización de los contratos de licitación. Lo importante es concluir cada actividad de implementación correctamente y tratar de evitar avanzar por avanzar.

Con los resultados obtenidos de cada etapa de la implementación se espera en el corto plazo fortalecer las bases desarrolladas en cada actividad. En el mediano plazo es una fase de consolidación, cuando se empiezan a ver resultados en el área con la disminución de averías y costos. En el largo plazo se espera que el logro de los resultados sea positivo y haya disciplina en el cumplimiento de los procedimientos establecidos para estandarizar y uniformizar criterios en todo el personal. Continúan los procesos de mejoramiento continuo para superar las metas alcanzadas.

### Análisis económico

A continuación se presenta el análisis económico que abarca los costos necesarios para lograr la implementación del mantenimiento productivo total TPM en el departamento de electromecánica del Complejo ICE San Pedro. A su vez incluye los costos de capacitaciones, implementación de software y contratación de personal profesional.

Respecto a las capacitaciones y de acuerdo con el cronograma de la Tabla 79 Horario de capacitaciones por grupo, cada curso se llevará a cabo dos veces por semana por cuatro semanas, en dos horarios: martes y jueves de 8:00 am a 11:00 am un grupo y de 1:00 pm a 4:00 pm otro grupo. Dado que el departamento está conformado por seis funcionarios, dichos grupos serán de tres personas cada uno, ya que debe mantenerse la continuidad de las labores de mantenimiento.

**Tabla 79 Horario de capacitaciones por grupo**

Horario de capacitaciones por grupo								
DETALLE	SEMANAS							
	1		2		3		4	
Capacitación campaña de educación en el TPM	Grupo 1 Turno mañana Lunes y Viernes de 8am-11am	Grupo 2 Turno tarde Lunes y Viernes de 1pm-4pm						
Capacitación en la metodología de las 5S	Grupo 1 Turno mañana Martes y Jueves de 8am-11am	Grupo 2 Turno tarde Lunes y Viernes de 1pm-4pm						
Capacitación de los Pilares del TPM			Grupo 1 Turno mañana Lunes y Viernes de 8am-11am	Grupo 2 Turno tarde Lunes y Viernes de 1pm-4pm				
Capacitación mejora del rendimiento de los equipos (OEE)					Grupo 1 Turno mañana Lunes y Viernes de 8am-11am	Grupo 2 Turno tarde Lunes y Viernes de 1pm-4pm		
Capacitación Mantenimiento autónomo					Grupo 1 Turno mañana Martes y Jueves de 8am-11am	Grupo 2 Turno tarde Lunes y Viernes de 1pm-4pm		
Capacitación calidad en el mantenimiento							Grupo 1 Turno mañana Lunes y Viernes de 8am-11am	Grupo 2 Turno tarde Lunes y Viernes de 1pm-4pm
Capacitación en prevención del mantenimiento							Grupo 1 Turno mañana Martes y Jueves de 8am-11am	Grupo 2 Turno tarde Lunes y Viernes de 1pm-4pm

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Para cada capacitación será un total de 252 horas en cuatro meses, 42 horas para cada funcionario, con un costo total por capacitaciones de ¢736.257,08, como se detalla a continuación en la Tabla 80 Costo por capacitaciones:

**Tabla 80 Costo por capacitaciones**

Costo por capacitaciones / 4 semanas					
Perfil	Tiempo de capacitación en horas / 4 semanas	Cantidad de funcionarios	Total de horas / 4 semanas	Salario / hora	Total
Técnico 1 de negocio telecomunicaciones 2	42	3	126	¢2.638,61	¢332.465,00
Técnico 1 de negocio telecomunicaciones 3	42	1	42	¢3.168,58	¢133.080,21
Auxiliar de construcción y mantenimiento	42	1	42	¢1.708,16	¢71.742,71
Profesional de negocio junior	42	1	42	¢4.737,36	¢198.969,17
<b>Total</b>			<b>252</b>		<b>¢736.257,08</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Además, se consideran el tiempo y el costo del profesional que llevará a cabo la implementación del proyecto. Deberá estar dentro de un perfil de ingeniero industrial que labore en el ICE. En el lapso de implementación se solicitará prestado al profesional de otro departamento, ya que en la organización se puede dar este tipo de permutas con anuencia de las jefaturas.

Para obtener el costo del profesional se toma como referencia el salario de un profesional 1 (profesional de negocio junior), equivalente al salario mensual de ¢1.381.047,28 con cargas sociales.

En la Tabla 81 Salario ingeniero industrial con cargas sociales se muestra el desglose de las cargas sociales tanto del trabajador como el del empleador.

**Tabla 81 Salario ingeniero industrial con cargas sociales**

TABLA DEL SALARIO MENSUAL DEL PROFESIONAL INGENIERO INDUSTRIAL CON DESGLOSE DE CARGAS SOCIALES					
Salario con componentes salariales (Dedicación exclusiva, carrera profesional y anualidades)				COP 1 091 736,98	
CARGAS SOCIALES TRABAJADOR			CARGAS SOCIALES EMPLEADOR		
Descripción	Porcentaje	Monto	Descripción	Porcentaje	Monto
REGIMEN OBLIGATORIO PENSIONES COMPLEMENT-LEY 7983	1,00%	COP 10 917,37	Cuota Patronal Banco Popular	0,25%	COP 2 729,34
SEGURO ENFERMEDAD Y MATERNIDAD - CCSS	5,50%	COP 60 045,53	SEM	9,25%	COP 100 985,67
SEGURO INVALIDEZ, VEJEZ Y MUERTE - CCSS	4,00%	COP 43 669,48	IVM	5,25%	COP 57 316,19
Subtotal deducciones:		COP 114 632,38	Asignaciones Familiares	5,00%	COP 54 586,85
<b>TOTAL</b>	<b>10,50%</b>	<b>COP 114 632,38</b>	IMAS	0,50%	COP 5 458,68
			INA	1,50%	COP 16 376,05
			Aporte Patrono Banco Popular	0,25%	COP 2 729,34
			Fondo de Capitalización Laboral	1,50%	COP 16 376,05
			Fondo de Pensiones Complementarias	2,00%	COP 21 834,74
			INS	1,00%	COP 10 917,37
			<b>TOTAL</b>	<b>26,50%</b>	<b>COP 289 310,30</b>
			<b>Salario mensual con cargas sociales</b>		

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Para la adquisición de software de mantenimiento el costo para su implementación es de USD\$6.370,00 al tipo de cambio de €615,43, que equivale a €3.920.289,10, como se puede ver en Figura 45 Cotización Software de mantenimiento MP SOFTWARE del apéndice. Este monto incluye una capacitación que será impartida a 3 funcionarios en 5 sesiones de 2 horas en línea el costo se detalla a continuación en la Tabla 82 Costo por capacitación en línea Software.

**Tabla 82 Costo por capacitación en línea Software**

Costo por capacitación en línea					
Perfil	Tiempo de capacitación en horas	Cantidad de funcionarios	Total de horas	Salario / hora	Total
Técnico 1 de negocio telecomunicaciones 2	10	2	20	COP 2.638,61	COP 52.772,22
Profesional de negocio junior	10	1	10	COP 4.737,36	COP 47.373,61
<b>Total</b>			<b>30</b>		<b>COP 100.145,83</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

## Resumen del análisis económico del plan de implementación

El costo total del proyecto se detalla en la Tabla 83 Costo total de implementación del Proyecto, monto en el que se incluyen todos los gastos que se requieren para desarrollar el proyecto de implementación.

**Tabla 83 Costo total de implementación del Proyecto**

<b>Costo total de implementación del Proyecto</b>	
<b>Perfil</b>	<b>Costo</b>
<b>Ingeniero Industrial</b>	₡ 9 667 330,96
<b>Capacitaciones TPM</b>	₡ 736 257,08
<b>Capacitaciones en línea</b>	₡ 100 145,93
<b>Adquisición de Software</b>	₡ 3 920 289,10
<b>Total</b>	<b>₡ 14 424 023,07</b>

Nota: Tipo de cambio del 4/03/2021 c615,43 Fuente: BCCR (monto en colones de software)

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Beneficios de la implementación

#### Cuantitativos

La presente investigación surge ante la necesidad de mejorar la gestión del mantenimiento de los aires acondicionados en el departamento de electromecánica del Complejo ICE San Pedro, a fin de implementar un sistema de gestión del mantenimiento mediante la metodología TPM, con un costo de ₡14.424.023,07, tal y como se muestra en la Tabla 83 Costo total de implementación del Proyecto. Además, como parte de la propuesta de la implementación se incrementarán las inspecciones de mantenimiento preventivo de la Tabla 84 Costos de mantenimiento preventivo según el cronograma propuesto, tabla en la cual se muestran los costos por nivel y el total anual de los mantenimientos.

**Tabla 84 Costos de mantenimiento preventivo según el cronograma propuesto**

COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CRONOGRAMA PROPUESTO														
NIVELES	CANTIDAD DE INSPECCIONES	MESES											TOTAL	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
SÓTANO	144	€ 396.000,00			€ 396.000,00			€ 396.000,00			€ 396.000,00			€ 1.584.000,00
NIVEL 1	768		€ 2.112.000,00			€ 2.112.000,00			€ 2.112.000,00			€ 2.112.000,00		€ 8.448.000,00
NIVEL 2	352	€ 968.000,00			€ 968.000,00			€ 968.000,00			€ 968.000,00			€ 3.872.000,00
NIVEL 3	464		€ 1.276.000,00			€ 1.276.000,00			€ 1.276.000,00			€ 1.276.000,00		€ 5.104.000,00
NIVEL 4	480	€ 1.320.000,00			€ 1.320.000,00			€ 1.320.000,00			€ 1.320.000,00			€ 5.280.000,00
NIVEL 5	592		€ 1.628.000,00			€ 1.628.000,00			€ 1.628.000,00			€ 1.628.000,00		€ 6.512.000,00
NIVEL 6	352	€ 968.000,00			€ 968.000,00			€ 968.000,00			€ 968.000,00			€ 3.872.000,00
NIVEL 7	96		€ 264.000,00			€ 264.000,00			€ 264.000,00			€ 264.000,00		€ 1.056.000,00
														€ 35.728.000,00

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

El mantenimiento preventivo que se realizó específicamente en el año 2020 demuestra que a pesar de tener identificada la necesidad de realizar los trabajos preventivos cada tres meses a cada equipo, no se logra cumplir, como se muestra en la Tabla 85 Costos de mantenimiento preventivo 2020, en donde se indica la cantidad de inspecciones realizadas en ese año.

**Tabla 85 Costos de mantenimiento preventivo 2020**

COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2020														
NIVELES	CANTIDAD DE INSPECCIONES	MESES											TOTAL	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
SÓTANO	23			€ 352.000,00			€ 352.000,00				€ 308.000,00			€ 1.012.000,00
NIVEL 1	107		€ 88.000,00	€ 1.144.000,00	€ 352.000,00		€ 704.000,00	€ 880.000,00			€ 1.540.000,00			€ 4.708.000,00
NIVEL 2	38			€ 616.000,00		€ 44.000,00	€ 352.000,00	€ 220.000,00		€ 88.000,00	€ 352.000,00			€ 1.672.000,00
NIVEL 3	53		€ 484.000,00	€ 396.000,00		€ 88.000,00	€ 396.000,00	€ 528.000,00		€ 264.000,00	€ 176.000,00			€ 2.332.000,00
NIVEL 4	62		€ 1.144.000,00	€ 44.000,00		€ 132.000,00	€ 484.000,00	€ 396.000,00		€ 528.000,00				€ 2.728.000,00
NIVEL 5	69	€ 836.000,00	€ 616.000,00	€ 44.000,00		€ 440.000,00	€ 132.000,00	€ 528.000,00		€ 440.000,00				€ 3.036.000,00
NIVEL 6	32	€ 880.000,00	€ 44.000,00			€ 220.000,00	€ 44.000,00			€ 220.000,00				€ 1.408.000,00
NIVEL 7	11	€ 176.000,00				€ 132.000,00		€ 132.000,00		€ 44.000,00				€ 484.000,00
														€ 17.380.000,00

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Realizado el análisis comparativo de la Tabla 83 Costos de mantenimiento preventivo según el cronograma propuesto y según la Tabla 84 Costos de mantenimiento preventivo 2020, se logra identificar que se dará un incremento en mantenimientos preventivos respecto de los datos recopilados del año 2020, con una diferencia aproximadamente de €18.348.000,00, lo que permite que se lleven a cabo las inspecciones a cada uno de los equipos en cada nivel cada tres meses.

Los beneficios económicos que se esperan con el tiempo al incrementar las inspecciones preventivas es reducir los costos de los trabajos correctivos que se muestran en la Tabla 66 Costos totales de correctivos por nivel en el 2019-2020, la cual registra un monto de €2.723.000,00 y también los trabajos correctivos no registrados por un monto de €28.800.000,00, como se muestra en la Tabla 86 Costo total aproximado no registrado de mantenimiento

correctivo 2020, cálculos realizados según lo indicado por el coordinador del área de tres averías diarias equivalentes a 720 intervenciones correctivas, con un costo aproximado de €40.000,00 por avería.

**Tabla 86 Costo total aproximado no registrado de mantenimiento correctivo 2020**

<b>COSTO TOTAL APROXIMADO NO REGISTRADO EN MTTTO CORRECTIVO 2020</b>		
<b>TOTAL AVERIAS</b>	<b>COSTO PROMEDIO APROXIMADO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>720</b>	<b>€ 40.000,00</b>	<b>€ 28.800.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

En la siguiente Tabla 87 Costo total de mantenimiento correctivo 2020 se suman los costos totales en mantenimientos correctivos registrados y los no registrados.

**Tabla 87 Costo total de mantenimiento correctivo 2020**

<b>COSTO TOTAL EN MTTTO CORRECTIVO 2020</b>	
<b>CORRECTIVOS</b>	<b>COSTOS</b>
<b>CORRECTIVOS REGISTRADOS</b>	<b>€ 2.723.000,00</b>
<b>CORRECTIVOS NO REGISTRADOS</b>	<b>€ 28.800.000,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>€ 31.523.000,00</b>

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

Para estimar la reducción de costo correctivo anual se consideró un tiempo de cinco años para la consolidación del TPM, tiempo promedio que ha sido efectivo en modelos de gestión como el propuesto en esta investigación.

Para llegar a obtener el cálculo porcentual aproximado en la reducción de costos fue necesaria la colaboración del coordinador del departamento en el diseño y la programación de los cronogramas de mantenimiento preventivo, de tal manera que con la cantidad de inspecciones preventivas propuestas se logrará una reducción inicial de 20%, y se espera que disminuya anualmente hasta llegar a una reducción de 100% al cabo de los cinco años. En la Tabla 88 Beneficios de la implementación se muestra el ahorro porcentual en mantenimientos correctivos

en esos cinco años. La inversión del costo por la implementación de ¢12.398.850,97 se recuperará paulatinamente con el ahorro anual.

**Tabla 88 Beneficios de la implementación**

BENEFICIOS EN AHORRO POR COSTOS EN MTTO CORRECTIVO		
AÑOS	PORCENTAJE	AHORRO
1	20%	¢ 6.304.600,00
2	25%	¢ 7.880.750,00
3	33%	¢ 10.402.590,00
4	50%	¢ 15.761.500,00
5	100%	¢ 31.523.000,00

**Nota: Katherine Chavarría Castro**

### Cualitativos


Los beneficios de implementar las propuestas que se contemplan en este proyecto permitirán fortalecer y mejorar el actual sistema de gestión del mantenimiento del departamento.

Para comprender los beneficios de una mejor forma se presenta el siguiente listado:

- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto de las normas.
- Aprendizaje permanente.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Mejora de la eficiencia general de los equipos.
- Reducción al mínimo la aparición de averías de emergencia.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejora en la organización de la mano de obra e información documentada de mantenimiento.

## APÉNDICES

### Figura 43 Cotización Software de mantenimiento PROMAT



GERINIR Sociedad Anónima  
Apartado Postal 127- 4300  
Palmares, Alajuela, Costa Rica

Lunes 25 de enero del 2021

*Katherine Chavarria*

**OFERTA DE GERINIR S.A.**

**SOFTWARE PROMAT<sup>3</sup> V.2021.000.xxx**

Estimado señora:

Nos complace presentar esta oferta en relación con la adquisición del software PROMAT<sup>3</sup>.

**PERFIL DE NUESTRA EMPRESA**

¿Qué es GERINIR S.A.?  
Es una empresa costarricense especializada en el desarrollo de software y tecnología para el sector de mantenimiento de equipos industriales, médicos, automotrices, edificios, hospitalarios y hoteleros, entre otros.

Con una experiencia de más de 25 años en el mercado nacional y extranjero, nos posicionamos como una de las empresas más experimentadas en desarrollo de soluciones de software para las áreas de mantenimiento preventivo, correctivo y afines.

Contamos con un equipo humano caracterizado por su creatividad y dedicación, amante de los retos y de nuevas ideas, comprometidos con la satisfacción de nuestros clientes y con el crecimiento sostenible.

**NUESTRA MISIÓN**


Brindar nuestros clientes una herramienta de clase mundial que permita la toma de decisiones respaldadas por información certera y óptima.

**NUESTRA VISIÓN**

Mantenernos siempre al día con las últimas tecnologías disponibles en el mercado para asegurar que el usuario final siempre obtenga el mejor producto para realizar sus tareas de forma satisfactoria.

GERINIR S.A

Página 1 de 10





GERINIR Sociedad Anónima  
Apartado Postal 127- 4300  
Palmares, Alajuela, Costa Rica

## NUESTRO PRODUCTO

Nuestro producto **PROMAT<sup>3</sup>** ha sido desarrollado como una herramienta integral para la gestión de mantenimiento por computadora (CMMS) ofreciendo un modelo completo para la administración de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

La efectividad de **PROMAT<sup>3</sup>** ha sido probada en áreas tales como: procesos industriales, manufactura de bienes y productos alimenticios, gestión de flotillas automotrices, hotelería y hospitales, administración de obras civiles, mantenimiento como servicio, entre otros.

**PROMAT<sup>3</sup>** ha sido desarrollado con las siguientes características:

- Lenguajes de programación: C# / Java / Javascript / HTML5 / CSS.
- Versión de .NET Framework: 4.0 (Windows XP) / 4.5+.
- Framework de Conexión: ADO.Net 4 / FluentData++.
- Framework de Reporteo basado en especificación RDL con add-ons (XML).
- Base de Datos Soportadas: Oracle DBMS, Microsoft SQL Server, Sybase ASE, MySQL, MariaDB, PostgreSQL, IBM DB2.
- Sistemas Operativos Compatibles: Windows XP\*, Windows Vista, Windows 7, Windows 8/8.1, Windows 10.

\* En el caso de Windows XP la compatibilidad de actualizaciones del programa se mantendrá hasta el segundo semestre del año 2020, después de este periodo se discontinuará el soporte para esta versión del sistema operativo.

El ecosistema de **PROMAT<sup>3</sup>** se encuentra formado por 3 partes:

### PROMAT MANAGER

Es un aplicativo para sistema operativo Windows, su objetivo es la administración de bases maestras de información, gestión de mantenimiento correctivo y preventivo, monitoreo de ciclo de vida de las órdenes de trabajo, generación de reportes y consultas de información, entre otros.

### PROMAT WEB

Consiste en un portal web creado utilizando lógica "responsive", esto lo hace apto para ser visualizado tanto en computadoras de escritorio como en dispositivos móviles como tabletas y teléfonos celulares inteligentes, desde PROMAT WEB es posible crear y dar seguimiento a solicitudes y ordenes de trabajo, calificar y asignar el visto bueno a órdenes de trabajo, realizar aprobación de solicitudes por parte de jefaturas, realizar reporte de trabajo, etc.

### PROMAT SVC

Es un servicio de funcionamiento continuo que corre sobre instancias de Windows Server, su objetivo es la recopilación de información de contadores, sensores, PLCs y otros tipos de dispositivos externos para la generación de eventos de mantenimiento, esto se logra mediante un modelo plugin que permite extender la funcionalidad del servicio de manera fácil y transparente.



GERINIR Sociedad Anónima  
Apartado Postal 127- 4300  
Palmares, Alajuela, Costa Rica



## REQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PROMAT<sup>3</sup>

### REQUISITOS COMUNES

Es necesaria una instancia de base de datos de tipo transaccional soportada por el modelo ADO.Net / Fluentdata, se recomiendan las siguientes opciones:

- ORACLE Database 9i+
- Microsoft SQL Server 2005+
- PostgreSQL 8+
- MySQL 5.5+ / MariaDB 10+ (Con motor InnoDB/XtraDB habilitado)
- IBM DB2 9.5+

### PROMAT MANAGER

Al ser un aplicativo para sistema operativo Windows requiere una de las siguientes versiones:

- Windows XP / XP Embedded (Soportado hasta el 2020)
- Windows 7 / Vista / Server 2008
- Windows 8 / 8.1 / Server 2012
- Windows 10 / Server 2016

El sistema operativo seleccionado debe tener instalado el .NET Framework versión 4.0 o superior, siendo recomendada la versión 4.5.

La aplicación requiere al menos 60 MB de almacenamiento en disco para su instalación, 1 GB de memoria RAM es el mínimo recomendado pero se aconseja que el equipo tenga al menos 2 GB.

Para el acceso base de datos se recomienda una conexión física Megabit Ethernet, sin embargo en el caso de utilizar red inalámbrica esta no debe ser inferior a 802.11G para no afectar la experiencia de usuario.

Para la óptima visualización de la interfaz gráfica del programa se recomienda un monitor con una resolución mínima de 1024 x 768 pixeles

### PROMAT WEB

PROMAT WEB se encuentra desarrollado utilizando ASP.Net Framework principalmente, sin embargo también integra otras tecnologías como JQuery, Bootstrap, HTML5 y Ajax.

A nivel de servidor se requiere una versión reciente de Microsoft IIS, la versión 7 es la mínima recomendada, (7.5 si se desea utilizar TLS 1.1/1.2).

En el caso de los clientes cualquier navegador web reciente debería ser adecuado, versiones actuales de Chrome / Firefox / Safari para escritorio son recomendadas, Internet Explorer 9+ y Opera funcionan pero



GERINIR Sociedad Anónima  
Apartado Postal 127- 4300  
Palmares, Alajuela, Costa Rica



presentan algunos problemas visuales menores con versiones recientes de Bootstrap. En dispositivos móviles se recomienda Firefox / Chrome.

#### PROMAT SVC

Al ser un servicio de Windows los requerimientos de software y hardware son similares a los de PROMAT Manager, sin embargo, se recomienda que se instale en una versión de Windows Server.

El equipo donde se instala debe encontrarse en un dominio de red que le permita interactuar con la base de datos (una conexión a través de NAT es funcional), también debe tener acceso a un servidor de correo SMTP si se configura la funcionalidad para el envío de notificaciones por este mecanismo.

#### DETALLES DEL PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN

El proyecto de implementación de PROMAT<sup>®</sup>, incluye:

- A) Montaje de las bases de datos, preparación de la información en las estructuras básicas para la iniciación de la carga de datos, instalación del ejecutable del software Promat en el servidor indicado por T.I.
- B) Se subirá la información que la compañía posea en sus registros locales y bitácoras, estos registros deben de ser suministrados por la compañía en las plantillas proporcionadas por GERINIR S.A. para dicho objetivo.
- C) Se configuran las siguientes funciones
  - Carga y configuración de bases maestras: Estructura Organizacional, Grupos y Familias de Partes, Frecuencias, Áreas de Trabajo, Usuarios, Tareas de Trabajo Preventivo, Inspecciones, Equipos, etc...
  - Configuración de Centros de Gestión, notificaciones y formatos para envío de notificaciones por correo electrónico.
  - Configuración de permisología, grupos de usuarios y niveles de acceso.
  - Configuración de PROMAT WEB según funciones requeridas.
  - Configuración de generación de estadísticas, índices de mantenimiento y ajustes de reportes básicos.
  - Creación y ajustes de reportes a la medida.



GERINIR Sociedad Anónima  
Apartado Postal 127- 4300  
Palmares, Alajuela, Costa Rica



#### D) Capacitación

- Capacitación a los usuarios del sistema a Nivel de: Solicitantes, Operarios y Administradores
- Solicitante: se impartirá un entrenamiento de Cuatro horas diarias por un período de un día
- Operarios: se impartirá un entrenamiento de Cuatro horas diarias por un período de dos días.
- Administrador del Sistema: se impartirá un entrenamiento de 4 horas diarias por un periodo de cinco días.

E) Integración con fuentes de datos externas: para la obtención de los datos de consumos de inventario, facturas de terceros, costo de mano de obra, etc., Se requiere la creación de una serie de vistas de datos que puedan ser accesibles por los módulos de PROMAT, estas vistas deberán ser proporcionadas por los personeros de T.I. de la compañía.

**Nota: Si la compañía se encuentra fuera del área de GAM o bien fuera de las fronteras de Costa Rica, la compañía contratante cubrirá los costos de traslado, viáticos, hospedaje e impuestos aeroportuarios entre otros.**

#### GARANTÍA

Se otorgará una garantía de un año, partiendo de la fecha la orden de compra, ésta cubrirá cualquier mal funcionamiento del producto en su operación.

Se excluyen de esta garantía los problemas ocasionados por mal funcionamiento de hardware, problemas con el sistema operativo del equipo u operación inadecuada por el usuario.

#### DOCUMENTACIÓN Y MEDIOS

Se hará entrega de un disco compacto o dispositivo de memoria flash con los instaladores para las terminales y servidores y con las especificaciones de configuración definidas durante el proyecto de implementación.

#### PUESTA EN MARCHA

La entrega y puesta en marcha del software PROMAT<sup>3</sup> en su versión básica se realizará en un plazo máximo de UN MES NATURAL a partir de la fecha de aceptación de la propuesta, más UN MES NATURAL para la carga de la información que nos suministren los encargados o líderes del proyecto, iniciando dicho periodo la fecha de entrega de la información según plantillas que les daremos con posterioridad para su respectiva carga.

Al momento de la puesta en marcha se utilizara la última versión disponible de cada uno de los módulos más las adecuaciones realizadas durante el proceso de implementación.



GERINIR Sociedad Anónima  
Apartado Postal 127- 4300  
Palmares, Alajuela, Costa Rica



### AJUSTES AL SOFTWARE PREVIOS A LA IMPLEMENTACIÓN

De ser necesario, GERINIR S.A. pondrá a disposición 2 analistas/programadores para realizar los ajustes al software según los requerimientos específicos establecidos antes del proyecto de implementación.

Durante este proceso es el D.B.A. o administrador de T.I. del contratante deberá proporcionar los permisos / privilegios requeridos para que estos puedan desempeñar sus funciones.

Los requerimientos para ajustes y similares deberán ser presentados en el formato proporcionado por GERINIR S.A. para su respectiva documentación y cronograma de trabajo.

### VINCULACIONES CON SOFTWARE DE TERCEROS

Con respecto a las vinculaciones desde los módulos de PROMAT<sup>3</sup> con software de terceros que la compañía posea:

- La intención de vinculación deberá ser expuesta ante los responsables del proyecto de implementación en un periodo de tiempo no menor a 1 mes natural antes de la finalización del proyecto.
- Las propuestas de vinculación deberán ser analizadas por los analistas de GERINIR S.A. para determinar la viabilidad y tiempo proyectado de realización (si son validadas).
- La compañía deberá proporcionar la documentación sobre APIs / Interfaces / Protocolos necesarios para realizar las vinculaciones solicitadas.
- Cualquier negociación requerida con los proveedores de los servicios o software de terceros será responsabilidad de la compañía contratante.



GERINIR Sociedad Anónima  
Apartado Postal 127- 4300  
Palmares, Alajuela, Costa Rica



## MODELO DE INVERSIÓN: **ADQUISICION LICENCIA**

### SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PROMAT<sup>3</sup>

La inversión del aplicativo **PROMAT<sup>3</sup>** VS 2021-001-xxx es de \$ 12,000 (Doce mil Dólares) + I.V.A.

La licencia de usuarios y solicitantes que utilicen el aplicativo es LIBRE (abierta), siempre que se encuentren dichos usuarios dentro de las empresas autorizadas.

Si la contratante se encuentra fuera del GM, los gastos de traslado, hospedaje y alimentación para una o dos personas durante el periodo del montaje son suministrados por la compañía contratante, no impactando el costo final convenido en esta propuesta

El módulo básico está compuesto por los siguientes:

Mantenimiento Preventivo / Predictivo.	Incluido
Mantenimiento Correctivo.	Incluido
Mantenimiento por Paros Programados.	Incluido
Reportes (Reportes básicos: Catálogos, Costos, Estadísticas, Bitácoras, Recurrencias entre otros)	Incluido
Índices de clase mundial	Incluido
Presupuestos (integración)	Incluido
Inventarios (integración)	Incluido
Planillas (integración)	Incluido
Cuentas por Pagar "facturas terceros" (integración)	Incluido
Módulo Control de Herramientas	No Incluido

PROMAT<sup>3</sup> ofrece tres paquetes de soporte después del año de garantía sobre el montaje:

- 1 - Paquete Soporte Básico Anual:
  - Soporte remoto inmediato en caso de emergencias (Teamviewer, AnyDesk, Remote Desktop).
  - Soporte presencial con tiempo máximo de respuesta de 24 horas en el área metropolitana o 48 horas fuera del área metropolitana, \$50.00 la hora y \$150 por la visita.
  - Actualizaciones semestrales de la versión y componentes de PROMAT<sup>3</sup>

Paquete Soporte Básico Anual	\$ 1,500.00
------------------------------	-------------



GERINIR Sociedad Anónima  
Apartado Postal 127- 4300  
Palmares, Alajuela, Costa Rica



## 2 - Paquete Soporte ORO Anual:

- Soporte remoto inmediato en caso de emergencias (Teamviewer, AnyDesk, Remote Desktop).
- Soporte presencial con tiempo máximo de respuesta de 24 horas en el área metropolitana o 48 horas fuera del área metropolitana
- Creación y configuración de nuevos reportes sin costo adicional.
- Sesiones de capacitación extraordinarias. \$50.00 la hora y \$150 por la visita
- Creación de Indicadores para Dashboard (Dashbits) a la medida \$50.00 la hora y \$150 por la visita.
- Actualizaciones semestrales de la versión y componentes de PROMAT<sup>3</sup>

Paquete Soporte Plus ORO Anual	\$ 2,500.00
--------------------------------	-------------

## 3 - Paquete Soporte Premium Anual:

- Soporte remoto inmediato en caso de emergencias (Teamviewer, AnyDesk, Remote Desktop).
- Soporte presencial con tiempo máximo de respuesta de 24 horas en el área metropolitana o 48 horas fuera del área metropolitana
- Creación y configuración de nuevos reportes sin costo adicional.
- Sesiones de capacitación extraordinarias.
- Creación de Indicadores para Dashboard (Dashbits) a la medida **sin costo adicional**.
- Actualizaciones semestrales de la versión y componentes de PROMAT<sup>3</sup>

Paquete Soporte Premium Anual	\$ 3,500.00
-------------------------------	-------------

**Nota:** En cualquiera de los soportes antes mencionados, si la compañía se encuentra fuera de Costa Rica o fuera del GAM y se requiera soporte presencial, se programara una visita a más tardar tres días después del acontecimiento, cubriendo los costos de traslado, viáticos, hospedaje e impuestos aeroportuarios la compañía contratante.



GERINIR Sociedad Anónima  
Apartado Postal 127- 4300  
Palmares, Alajuela, Costa Rica



#### Formas de Pago sobre la inversión del licenciamiento de PROMAT<sup>®</sup>:

Un 50% a la firma del contrato, un 40% con la puesta en marca y el 10% un mes después de darlo por recibido a conformidad sobre lo estipulado en el contrato y cronograma del plan de trabajo

Cuenta Dólares	
Cuenta Banco Nacional de Costa Rica	
Cuenta.....	200-02-019-002401-1
Cuenta Cliente.....	15101920020024013
ABA.....	019462
SWIFT.....	BNCRCSJ
IBAN.....	CR35-0151-0192-0020-0240-13
Nombre Compañía.....	GERINIR S.A
Cedula Jurídica.....	3-101-082810

Nuestro equipo queda en la disposición para adecuar el aplicativo a las necesidades que surjan con el pasar de tiempo, brindando de esta manera una herramienta 100% a la medida en concordancia con las necesidades de su operación

Agradeciendo su valiosa atención, quedan a su disposición nuestros números telefónicos y correos para aclarar cualquier inquietud al respecto:

Validez de la oferta: 60 días naturales a partir de la fecha de la presente oferta

#### Teléfonos

- Oficina: (506) 2453 0985
- Celular: (506) 8827 9907
- Fax: (506) 2453 0986

#### Correo Electrónico

- [vgarro@promat.co.cr](mailto:vgarro@promat.co.cr)
- [ejimenez@promat.co.cr](mailto:ejimenez@promat.co.cr)
- [servicioalcliente@promat.co.cr](mailto:servicioalcliente@promat.co.cr)

Se despide cordialmente:



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Víctor M. Garro Vargas".

**Víctor M. Garro Vargas**  
Gerente General, GERINIR S.A.

GERINIR Sociedad Anónima  
Apartado Postal 127- 4300  
Palmares, Alajuela, Costa Rica



**GERINIR S.A.**

Apartado postal 127- 4300.  
Palmares, Alajuela, Costa Rica  
[servicioalcliente@promat.co.cr](mailto:servicioalcliente@promat.co.cr)



**Nota: Promat**

**Figura 44 Cotización Software de mantenimiento TRICOM**



Tecnología Para el Mantenimiento S.A.  
 C.J..# 3-101-194548  
 Tel: (506) 8895-4378 / 8393-6550 Fax: (506) 2453-0214  
 Palmares, Costa Rica  
[www.tmsa.com](http://www.tmsa.com)  
 e.mail: [tricom@tmsa.com](mailto:tricom@tmsa.com)

Palmares, 25 de Enero del 2021

Señor:  
**Ing. Katherine Chavarría Castro**

Estimado señor(a)(ita):

Sirva la presente para saludarlo(a) y a la vez presentarle el Sistema para Control del Mantenimiento TRICOM.

TRICOM es un programa para computadoras tipo PC, basado en Windows, diseñado para cubrir las necesidades del manejo, programación y control del Mantenimiento Preventivo en cualquier tipo de industria. Este se encuentra dividido en siete módulos como lo son:

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Preventivo
- Registro de Datos Técnicos de los Equipos
- Historiales de los Equipos
- Presupuesto de Mantenimiento
- Manejo de Imágenes (Dibujos de los Equipos y Componentes)
- Manejo y Control de Bodega de Repuestos y Herramientas
- Índices de Mantenimiento de Clase Mundial

► **Datos Generales de los Equipos Instalados:**

**Tipos de Mto. Preventivo:**

Se pueden manejar hasta 1000 Tipos de Mantenimiento Preventivo los cuales se pueden denominar como: Lubricación, Mantenimiento Mecánico, Mantenimiento Eléctrico, Inspecciones, Mantenimiento Automotriz, etc.

**Secciones y Áreas:**

También se les puede denominar como Departamento, Piso o cualquier otro nombre que se posea para subdividir la Planta. Son divisiones y sub-divisiones de la ubicación física de los equipos o división de los costos.

**Equipos:**

Equipos instalados en la planta y que deben de realizarse Mantenimiento Preventivo o Correctivo, el software se encuentra en capacidad de manejar más de 10.000.000 equipos en total.

**Partes de Mantenimiento:**

Son todos los componentes de los equipos instalados tales como motores, reductores, bombas, acoples, etc. Cada una de estas Partes se le pueden asignar múltiples Planes de Mantenimiento.

**Planes de Mantenimiento:**

Son los planes de Mantenimiento Preventivo designados por el Departamento de Mantenimiento para cada una de las Partes de los Equipos. Estos se subdividen en Puntos y Sub-Puntos de Mantenimiento, siendo el Punto el título del Plan, y los Sub-Puntos las actividades a realizarse. A cada uno de estos Sub-Puntos se le puede asignar sus frecuencias, instrucciones, personal y repuestos asignados, tiempo de duración de la actividad, etc.

► **Mantenimiento Correctivo:**

Es donde se programan todas las actividades de Mantenimiento Imprevistas mediante Ordenes de Trabajo de Mantenimiento Correctivo. Cada Orden lleva un consecutivo así como la información necesaria para realizar el correctivo incluyendo los repuestos a utilizar, personal adicional a la orden, servicios a contratar y herramientas a utilizar. Dichas ordenes deben de confirmarse luego de que son realizadas, en el momento de la confirmación se pueden incluir al Historial de Mantenimiento lo que se realizó en la actividad programada.





Tecnología Para el Mantenimiento S.A.  
 C I # 3-101-19454R  
 Tel: (506) 8895-4378 / 8393-6550 Fax: (506) 2453-0214  
 Palmares, Costa Rica  
[www.tpsa.com](http://www.tpsa.com)  
 e.mail: [tricom@tpsma.com](mailto:tricom@tpsma.com)

www.TPMSA.com

Tricom Software

Dentro del mantenimiento correctivo, se incluye la opción de que los usuarios del software o del Departamento de Mantenimiento puedan crear Solicitudes de Trabajo, dicho departamento se encargará de modificarlas, borrarlas o convertirlas a Orden de Trabajo. Además cada usuario puede programar para que TRICOM se mantenga revisando cada X tiempo cuantas Solicitudes se encuentran pendientes de convertir a Orden de Trabajo.

► **Mantenimiento Preventivo:**

TRICOM puede realizar la programación del Mantenimiento Preventivo de su Planta automáticamente con solo asignarle a cada equipo y parte de mantenimiento los datos de Frecuencia, Tiempo de duración de cada actividad y la fecha del último Mantenimiento creadas en los Planes de Mantenimiento.

La forma de Programación es por Frecuencias (Días) o Lecturas (Horas, Kilómetros, Millas, etc.), en donde se le confirma al software las actividades de preventivo que se realizaron, para que así se reprogramen para la próxima fecha de mantenimiento. Por este método se pueden arrastrar las actividades que no se realizaron y reprogramarlas, en caso de no ser ni confirmadas ni reprogramadas el software se encargará de recordarle las actividades atrasadas de mantenimiento cada semana hasta que las mismas se realicen. También se tiene la Programación por Lecturas, la cual se aplica a equipos a los que el control del mantenimiento se les lleva por horas o kilómetros u otro tipo de odómetro como Vehículos, Plantas Eléctricas o Montacargas.

En cada tipo de programación se pueden obtener los reportes semanales de lo que se encuentra programado y que se debe hacer para cumplir con el Mantenimiento Preventivo incluyendo repuestos a utilizar o cambiar, así como Gráficos Gantt de lo que se encuentra programado para todo el año.

► **Registro de Datos Técnicos de los Equipos:**

Es donde se incluyen todos los datos técnicos de los equipos y sus componentes con toda la información referente, como por ejemplo a un Motor Eléctrico se le pueden asignar los datos de Potencia, Amperaje, Voltaje, Número de Fases, Tipos de Roles, Tipos de Sellos, etc. y así para cada uno de los Tipos de equipos instalados. Se pueden almacenar datos de: Motores Eléctricos, Reductores, Instrumentación Eléctrica, Cadenas, Acoples, Poleas, Bombas, Engranajes Abiertos, Válvulas y Repuesto requeridos para cada Equipo. Estos datos pueden ser consultados individual, parcial o totalmente ya sea por cada Sección, Área, o Equipo. Además se puede realizar un filtrado de cada dato perteneciente a cada Tipo de Equipo como por ejemplo: consultar cuales motores eléctricos utilizan un determinado tipo de Rodamiento o cuales se encuentran con potencias de un dato determinado, etc..

► **Historiales de los Equipos:**

TRICOM maneja todo lo referente al historial de lo que se le ha realizado a los equipos. Dentro de las opciones se tiene la Inclusión de los Comentarios de los trabajos realizados, Fallas que presentó el equipo para que se realizara el mantenimiento, Orden de Trabajo, Tiempo de Respuesta del Departamento de Mantenimiento y Costo por Tiempo de Paro del Equipo, además se incluye el Personal que realizó el trabajo con los datos de tiempo y costos por cada turno de trabajo así como la Inclusión de Repuestos y Servicios Contratados con los costos de cada uno, en estas opciones se pueden realizar el cargo automático del gasto a una Cuenta Presupuestaria designada en donde se actualizan automáticamente los Presupuestos mensuales y anuales, además de incluir imágenes de la reparación del equipo.

Dentro del Historial se tiene la opción de múltiples reportes en un rango de fechas que el usuario designa, y haciendo combinaciones dentro de los datos almacenados, tales como: Historial, Resumen de Costos por Sección, Área o Equipo, Repuestos utilizados por un equipo, Equipos que utilizan un Repuesto, Personal involucrado en cada equipo, Equipo en el que han trabajado los operarios de mantenimiento, Fallas por cada equipo e Índice de fallas en los equipos, este reporte permite saber al usuario cuales son las fallas que se han presentado más frecuentemente en cada equipo y cual es su promedio en días entre cada falla para poder evaluar el Mantenimiento Preventivo que se esta realizando y poder hacer las correcciones que se requieran. La mayoría de estos reportes permiten crear gráficos de los datos reportados.

► **Presupuestos de Mantenimiento:**

Es donde se asignan las Cuentas Presupuestarias destinadas para mantenimiento y los montos asignados a cada una de ellas mensual y anualmente. Dentro del Presupuesto se obtienen reportes del Presupuesto asignado, Estado Actual del Presupuesto para saber cuanto se dispone en cada cuenta y los gastos asignados a





Tecnología Para el Mantenimiento S.A.  
 C.J..# 3-101-194548  
 Tel: (506) 8895-4378 / 8393-6550 Fax: (506) 2453-0214  
 Palmares, Costa Rica  
[www.tpmsa.com](http://www.tpmsa.com)  
 e.mail: [tricom@tpmsa.com](mailto:tricom@tpmsa.com)

cada cuenta en lo que respecta a Mano de Obra, Repuestos y Servicios durante el lapso de tiempo que requiera el usuario.

Además, cada vez que se incluyen repuestos, servicios o mano de obra en el historial, o si en la bodega descargan un repuesto, el costo de cada uno es asignado a una cuenta presupuestaria y descargado en el mes que corresponde a la fecha digitada, por lo cual permite llevar un control instantáneo del presupuesto para mantenimiento. Además permite estar verificando el contenido económico de cada cuenta y poder realizar movimientos de dineros dentro de las mismas.

➤ **Consumos:**

Es donde se maneja toda la información referente a consumos de los equipos móviles como Combustibles y sus rendimientos, Control de la Bodega de Llantas y Control de la Bodega de Baterías. Todos ellos con sus reportes de consumos, ubicación actual y rendimientos.

➤ **Manejo de Imágenes de los Equipos:**

Se puede llevar un control de los planos o fotografías de cada equipo dentro del software en formatos que maneje su computadora tales como BMP, GIF, JPG, DWG, AVI, MPG, PDF, etc, así como visualizar e imprimir los mismos para control o consultas.

➤ **Manejo y Control de la Bodega de Repuestos:**

Dentro de TRICOM se incluye un módulo para manejo de la Bodega de Repuestos con control de las ubicaciones de los repuestos, máximos, mínimos, consumos anuales, últimos costos de adquisición, proveedores y contactos, así como el manejo general de la Bodega de Repuestos con entradas, salidas y devoluciones de repuestos al inventario, solicitudes y consultas de repuestos, reportes de faltantes al inventario, sobre inventarios, repuestos por equipo, etc. Además Tricom maneja múltiples Bodegas en donde se puede contener la información de repuestos en diferentes ubicaciones de la planta. La descarga de repuestos del inventario queda también registrada en los movimientos del presupuesto.

➤ **Manejo y Control de la Bodega de Herramientas:**

Se tiene también el módulo para manejar la Bodega de Herramientas (TOOLROOM) en donde se codifican las herramientas existentes y su cantidad, se realizan las salidas de cada herramienta y se le asignan a cada empleado o solicitante. Se pueden obtener reportes de quien tiene una herramienta específica o de las herramientas que tiene asignadas un empleado.

**Reportes:**

Aquí se puede consultar o imprimir toda la información referente a los que se tiene instalado y a los programas creados para preventivo. Existen más de 150 reportes diferentes de toda la información, con opción de generar gráficos de la información o exportarlos a archivos como Word, Excel o HTML. Dichos reportes pueden ser modificados por el usuario para personalizarlos a sus necesidades.

**Índices de Mantenimiento:**

Reportes de los Índices de Clase Mundial de acuerdo a los datos contenidos en el Historial de Equipos. Estos reportes son: Tiempo promedio entre fallas, Tiempo promedio entre reparaciones, Disponibilidad de los Equipos, Desempeño de los Equipos, Índice de Reposición de Equipos, Costo vrs Producción, Tiempos Improductivos y No Planeados vrs Improductivos.

**Utilitarios:**

Son las herramientas que dispone TRICOM para el manejo general del Programa de Mantenimiento, en donde se tienen las opciones de Asignar fechas de inicio de las Actividades de Mantenimiento, crear las claves y niveles de acceso, Editar o Borrar Bases de Datos y una opción sumamente útil, la **Modificación de los Reportes** de todo el software, lo cual permite al usuario modificar la forma de presentación, los tipos de letras y los datos que desee que salgan en cada uno de los reportes que se tienen a disposición.





Tecnología Para el Mantenimiento S.A.  
 C.J..# 3-101-194548  
 Tel:(506) 8895-4378 / 8393-6550 Fax:(506) 2453-0214  
 Palmares, Costa Rica  
[www.tpsa.com](http://www.tpsa.com)  
 e.mail: [tricom@tpsma.com](mailto:tricom@tpsma.com)

**Equipo de Computo Requerido:**

El equipo de computo necesario para el buen funcionamiento de **TRICOM** debe tener lo siguiente:

1. Red interna tipo Windows Server 2008 o superior
2. Computadora tipo PC o compatible modelo Intel Dual Core 1800 Mhz o superior.
3. Windows XP o superior.
4. Mínimo de 2 Gigabytes de memoria RAM.
5. Mínimo 600 megabytes de capacidad en disco duro.

**Personal Requerido:**

El personal requerido para el manejo de Tricom debe ser de al menos un digitador con experiencia en Mantenimiento Preventivo, así como un ingeniero a cargo del software de mantenimiento y el personal designado por la empresa para mantenimiento preventivo y correctivo.

Con **TRICOM** se ofrece servicio profesional de consultoría y rediseño del software a medida del cliente, además del servicio requerido en cuanto a instalación, manuales, entrenamiento del personal involucrado en el manejo, y actualización constante del mismo con nuevas ideas para ayudarle a mejorar cada día más en el control total del mantenimiento de su planta.

Con cada oferta se entrega un demostrativo del mismo para que usted pueda verificar y comprobar el rendimiento y beneficios que usted puede obtener de **TRICOM** en su empresa.

www.TPMSA.com

Tricom Software





Tecnología Para el Mantenimiento S.A.  
 C.J..# 3-101-194548  
 Tel: (506) 8895-4378 / 8393-6550 Fax: (506) 2453-0214  
 Palmares, Costa Rica  
[www.tpmsa.com](http://www.tpmsa.com)  
 e.mail: [tricom@tpmsa.com](mailto:tricom@tpmsa.com)

www.TPMSA.com

Tricom Software

<b>USUARIOS ACTUALES</b>			
<b>VERSION INDUSTRIA</b>		<b>VERSION FLOTILLAS</b>	
AERIS Aeropuerto Juan Santamaría	Ing. Ingrid Barahona	América Concretos	Ing. Juan Diego Rosales
Acueductos y Alcantarillados	Ing. Rodrigo Meneses	Autobuses Barrantes Araya	Ing. Roy Vindas
Acueductos y Alcantarillados	Ing. Luis Carlos Durán	Coopemontecillos R.L.	Ing. Jhonny Picado
CORIPORT Aeropuerto Daniel Oduber		Corporación Pedregal	Ing. Alejandro Zamora
Boston Scientific Coyoil		Grupo JHR S.A.	Ing. Olivier Mendoza
CCL Envasa	Ing. Cristian Rojas	H Tzanetatos Panamá	Ing. Constantino Caloniatis
Centenario Internacional S.A.	Ing. Gustavo Monge	MATRA S.A.	Ing. Jose Andrés Acosta
Coopesca R.L.	Ing. Jairo Ramirez	Municipalidad de San José	Ing. Gustavo Araya
Corrugados Belén	Ing. Arturo Angulo	Pinturas Sur Flota	Ing. Mauricio Fournier
Corrugados del Atlántico	Ing. Jorge Campos	Prodec Panamá	
CSI Cartago	Geovanny Hernandez	PROLUSA (CASTROL)	Ing. Juan Tapia
Del Oro S.A.	Ing. Luis Rodríguez	Tractores Escazú	Ing. Rodolfo Donde
Eléctricas Matamoros Planta	Juan José Brenes	Transportes TOC	Ing. Carlos Fallas
Energy Internat. Caldera	Ing. Irma Quesada		
Energy Internat. Colombia	Ing. Jhon Hernández		
Energy Internat. Ecuador	Ing. Diego Acosta		
Energy Internat. Elcatex	Ing. Oscar Abott		
Energy Internat. Guapiles	Ing. Jose Cubillo		
Energy Internat. Perú	Ing. Salomón Rivera		
Envaco Limon	Ing. David Benavidez		
Envases Comerciales	Ing. Cristian Rojas		
ESCOSA	Ing. Giovanni Díaz		
Extralum S.A.	Ing. Alfredo Mendez		
Filtrotecnica Chile (Chuquicamata)	Ing. Juan C. Riquelme		
Florida Products S.A.	Ing. Francisco Paniagua		
Gallito Industrial S.A.	Ing. Diego Salas		
Galvatica Caldera S.A.	Ing. Rubier Rojas		
Hidromantenimiento S.A.	Ing. Erick Martinez		
Hules Técnicos	Ing. Arturo Araya		
ICE Geotérmico de Miravalles	Ing. Joel Jimenez		
Ingenio TABOGA S.A.	Ing. Esteban Castro		
Instituto Tecnológico de Costa Rica	Ing. Manuel Centeno		
L.A.I.C.A.	Ing. Juan Carlos Loaiza		
Laboratorios LISAN S.A.	Ing. Cristian Escobedo		
Laminas JPM S.A.	Ing. Yuri Darwich		
PIMA	Ing. Francisco Anet		
Pinturas SUR S.A.	Ing. Mauricio Fournier		
PREINSA	Viviana Irola		
Quebrador La Roca (Grupo HOLCIM)	Ing. Jhon Retana		
RECOPE Moin	Ing. Alfredo Ellis		
Resintech S.A.	Ing. Francisco Sancho		
Tubotico Caldera S.A.	Ing. Victor González		
Universidad Nacional	Ing. Ulises Walters		





Tecnología Para el Mantenimiento S.A.  
 C.J..# 3-101-194548  
 Tel: (506) 8895-4378 / 8393-6550 Fax: (506) 2453-0214  
 Palmares, Costa Rica  
[www.tpmsa.com](http://www.tpmsa.com)  
 e.mail: [tricom@tpmsa.com](mailto:tricom@tpmsa.com)

Palmares, 25 de Enero del 2021

Señor:  
 Ing. Katherine Chavarría Castro

### COTIZACION

1 Licencia de Software TRICOM Ver 8.2 para Industria Web..... \$12.000.00 + iva

#### CONDICIONES:

- El costo incluye:
  - 1 copias del software para su instalación con **todos los módulos comentados** para un servidor de la empresa.
  - Sin límite de usuarios concurrentes
  - 1 Manual del Usuario.
  - 20 horas de entrenamiento del personal involucrado con su uso en Costa Rica, otros países se cotizada por separado.
  - Licencia para uso en red Multiusuario de un solo Departamento de Mantenimiento de una Empresa.
  - Módulo de Solicitudes vía web desarrollado en PHP
  - Este costo NO incluye los Programas Fuentes.
- La garantía sobre el software es de 1 año a partir de la fecha de instalación, la cual incluye soporte.
- Luego del periodo de garantía, el costo de mantenimiento es de \$150 mensuales e incluye actualizaciones y 3 horas de servicio por mes.
- La plataforma del software es PHP (se requiere servidor Apache). La plataforma se conecta con Base de Datos ORACLE o SQL.; además se pueden realizar importaciones y exportaciones de los datos que ustedes requieran.
- Cualquier modificación extra que se desee realizar al software o cualquier variación en lo referente a la lógica del programa, el costo de la misma se negociará previamente y no se incluye dentro de lo cotizado.
- El costo de las futuras actualizaciones será de un 30% del valor del mercado.
- Validez de la Oferta: 30 días
- **Forma de Pago:** 180 días con pagos parciales cada 30 días

Sin más por el momento y en espera de poder servirle prontamente, se despide de usted.

Atentamente

Ing. Osvaldo Morera A.  
 T.P.M.



Nota: Promat

Figura 45 Cotización Software de mantenimiento MP SOFTWARE



## Cotización

Folio: 3429

Fecha de cotización: 2021-02-18

De:

CMMS SOLUTIONS INC.

Para:

ICE

Katherine Chavarria

San Jose, Costa Rica

k.pame07@hotmail.com

Descripción de producto	Precio
<p>MP Profesional versión 10 para 6 Usuario(s) con acceso total. *</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pago único</li> <li>• La licencia de uso te pertenece de por vida</li> <li>• Usuarios técnicos ilimitados</li> <li>• Usuarios sólo consulta ilimitados</li> <li>• Usuarios para reportar solicitudes ilimitados****</li> <li>• Incluye soporte técnico gratuito vía teléfono, correo, chat y skype</li> <li>• Incluye centro de aprendizaje documentado con videos y diagramas de implementación</li> </ul>	USD\$ 5,880.00
<p>5 SESIONES DE 2 HORAS EN LÍNEA***</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluye viáticos</li> <li>• Agenda tus sesiones como más te convenga en un plazo de un mes. Tú eliges un temario preestablecido o temario abierto conforme a tópicos particulares de tu interés. Se asigna un asesor dedicado para tu empresa. Hasta 8 participantes. Horarios sujetos a disponibilidad en la agenda del instructor.</li> </ul>	USD\$ 490.00
Subtotal	USD\$6,370.00
Total	<b>USD\$6,370.00</b>

-PRECIOS EN DÓLARES AMERICANOS (USD). -

**FORMA DE PAGO:**

Contado.

**DATOS BANCARIOS:**

LOS PRECIOS MOSTRADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PAGANDO MEDIANTE TRANSFERENCIA INTERNACIONAL A CMMS SOLUTIONS INC. EN LA CIUDAD DE PANAMÁ, PANAMÁ.

Para pagos en bancos y moneda local en otros países, los precios pueden variar en función de los impuestos locales que apliquen en cada país. Consulte a su distribuidor autorizado.

Instrucciones para transferir fondos a la cuenta de CMMS Solutions Inc. en CREDICORP BANK en Panamá:

Banco intermediario: CITIBANK, New York, USA | ABA: 021000089 | SWIFT: CITIUS33

Banco beneficiario: CREDICORP BANK, Panamá, Panamá | SWIFT: CRLDPAPA | Cuenta con banco intermediario: 36026827

Beneficiario final: CMMS SOLUTIONS, INC. | Número de cuenta en CREDICORP BANK: 4021103935

**REFERENCIA: 518022021075858**

IMPORTANTE: Favor de indicar la referencia al momento de realizar su pago y reportarlo a [ventas@mpsoftware.com.mx](mailto:ventas@mpsoftware.com.mx)

**VIGENCIA:**

Esta cotización tiene una vigencia de 30 días.

**NOTAS:**

\*La descarga del programa es vía Internet. Una vez confirmado su pago con el número de referencia, le enviaremos un correo electrónico con la liga de descarga del programa y su clave de activación.

\*\*Al contratar el servicio MPhosting o MPcloud enviaremos a su correo los datos de acceso a la nube. Favor de contactar a nuestro centro de soporte técnico para guiarlo y asesorarlo durante el proceso de conexión.

\*\*\*Las fechas de los cursos se establecen por común acuerdo. Favor de contactar al distribuidor local en los teléfonos que aparecen al calce de esta cotización.

\*\*\*\*El servicio de solicitudes de mantenimiento sólo está disponible en la versión Empresarial.

CMMS SOLUTIONS INC.

PANAMA, PANAMA

R.U.C.: 2508047-1-819943

Para más información consulte: [mpsoftware.com.mx](http://mpsoftware.com.mx)

**Nota: MP Software**

## REFERENCIAS

- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España.
- Acuña, D., López, D., & Romero, C. (2016). Sistema integral de gestión de calidad en la Universidad de la Guajira, Colombia. *Telos*, 18(3), 474-491.
- Acuña, J. (2012). *Control de calidad*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Ardila Marín, J. G., Ardila Marín, M. I., & Rodríguez Gaviria, D. &. (Diciembre de 2016). LA GERENCIA DEL MANTENIMIENTO: UNA REVISIÓN. *Dimensión Empresarial*, 14(2), 127-142.
- Arredondo, A. (8 de Noviembre de 2011). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/72016291/CONCEPTO-DE-FALLA>
- Asociación Española para la Calidad. (2019). *Asociación Española para la Calidad* . Obtenido de Asociación Española para la Calidad : [www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc](http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc)
- Ayala Graciano, D. E. (2018). *Estudio del trabajo en el proceso de instalación y mantenimiento de aires acondicionados en la empresa AJL Mantenimiento*. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali: Repositorio Institucional UAO.
- Becerra, F., Andrade, A., & Díaz, L. (2019). Sistema de gestión de la calidad para el proceso de investigación: Universidad de Otavalo, Ecuador. *Actualidades Investigativas en Educación*., 19(1), 1-32.
- Betancourt, D. (2016). *Ingenio Empresa*. Obtenido de [https://ingenioempresa.com/7-herramientas-de-calidad/#Diagrama\\_de\\_Ishikawa](https://ingenioempresa.com/7-herramientas-de-calidad/#Diagrama_de_Ishikawa)
- Betancourt, D. (2016). *Ingenio Empresa*. Obtenido de [https://ingenioempresa.com/7-herramientas-de-calidad/#Diagrama\\_de\\_Ishikawa](https://ingenioempresa.com/7-herramientas-de-calidad/#Diagrama_de_Ishikawa)
- Bravo Carrasco, J. (2011). *Gestión de procesos*. Santiago de Chile.

- Calidad, A. E. (2019). Obtenido de Asociación Española para la Calidad: [www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc](http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc)
- Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. España: Pearson Educación, S. A. Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55866751/gestion-de-la-calidad.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DGestion\\_de\\_la\\_calidad\\_Conceptos\\_enfoques.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55866751/gestion-de-la-calidad.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DGestion_de_la_calidad_Conceptos_enfoques.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20)
- Carlos, R., & Ancasi Flores, R. (2018). *Implementación de un Sistema de Gestión ISO 9001-2015 y mejora de la Calidad de Servicio en las Boticas de Lima Sur en el periodo 2018*. Obtenido de Universidad Norbert Wiener: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/1769>
- Duffuaa, S., Raouf, A., & Campbell, J. (2000). *Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control*. Mexico, DF.
- Duque, D. (2017). Modelo teórico para un sistema integrado de gestión (seguridad, calidad y ambiente). *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 5(18), 115-130.
- Escalante, A., & González, J. (2016). *Ingeniería Industrial*. México DF: Alfaomega Grupo Editor.
- Escalante, A., & González, J. F. (2016). *Ingeniería Industrial*. México DF: Alfaomega Grupo Editor.
- Espinoza Tarrillo, J. E. (2018). *Plan de gestión de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para incrementar la disponibilidad de equipos en la Empresa Cenfomin Educacion SAC*. TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, Universidad César Vallejo, CHICLAYO – PERÚ.
- García Alcaraz, J. L. (Setiembre de 2011). Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*(60), 129-140.
- García Palencia, O. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial Principios fundamentales*. Bogotá, Colombia : Ediciones de la U.

- García, C., & Espinel, J. (2016). *Diseño de un sistema de gestión de calidad basado en los requisitos de la NTC ISO 9001:2015 para el proyecto curricular de administración ambiental de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas con fines de acreditación (Tesis de Licenciatura)*. Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Colombia.
- Grupo ICE. (26 de Noviembre de 2019). Obtenido de Grupo ICE: [www.grupoice.com](http://www.grupoice.com)
- Guerrero Zambrano, M. F., & Mora Bayas, C. G. (2019). *Propuesta de un plan de mantenimiento proactivo en los aires acondicionados de la Universidad Estatal de Milagro*. UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO. Ecuador: Repositorio de la Universidad Estatal de Milagro.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Obtenido de [http://iindustrialitp.com.mx/msamuel.lopezr/Control\\_Eestadistico\\_de\\_la\\_Calidad\\_y\\_Seis\\_Sigma\\_Humberto\\_Gutierrez\\_Pulido.pdf](http://iindustrialitp.com.mx/msamuel.lopezr/Control_Eestadistico_de_la_Calidad_y_Seis_Sigma_Humberto_Gutierrez_Pulido.pdf)
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad*. México DF: Interamericana Editores.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Información* (6ta edición ed.). México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Hernández, G. (2017). *Calidad y ADR*. Obtenido de <https://aprendiendocalidadyadr.com/diagrama-de-pareto/>
- Herrera-Galán, M., & Duany-Alfonzo, Y. (Abril de 2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. *Ingeniería Industrial*, 37 (1), 2-13.
- Integra Markets Escuela de Gestión Empresarial. (2018). *Integra Markets*. Obtenido de [www.Integra Markets.com](http://www.Integra Markets.com)
- Ishikawa, K. (1994). *Introducción al Control de Calidad*. España: Ediciones Díaz de Santos,.
- ISO. (2015). *Sistema de Gestión de Calidad - Requisitos*. Suiza: Secretaría Central de ISO.
- Lizarzaburu Bolaños, E. R. (2015). La gestión de la calidad en Perú: un estudio de la norma ISO 9001, sus beneficios y los principales cambios en la versión 2015. *Universidad & Empresa*, 18(30), 33-54.

- López, T. (2016). *Costos ABC y presupuestos: herramientas para la productividad*. Colombia: Ecoe Ediciones.
- López, T. (2016). *Costos ABC y presupuestos: Herramientas para la productividad*. Colombia: Eco Ediciones.
- Miranda Barreras , Á. L., & Doménech , M. (2012). *ABC del aire acondicionado*. Barcelona, España.
- Miranda, F., Chamorro, A., & Rubio, S. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad*. España: Delta Publicaciones.
- Montañez, D. (2017). *Diseño y documentación del sistema de gestión de calidad en la empresa Euro Networks & Technologies S.A.S bajo la norma ISO 9001:2015 (Tesis de Licenciatura)*. Universidad Distrital Francisco José De Caldas., Colombia.
- Mora Gutiérrez, L. A. (2009). *Mantenimiento. Planeación, Ejecución y Control*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.
- Narváez, L. (2016). *Diseño de un sistema de gestión de calidad con la norma ISO 9001:2015 para el área de tecnologías de la información de la Universidad Politécnica Salesiana (Tesis de Licenciatura)*. Universidad Politécnica Salesiana., Ecuador.
- Niebel , B., & Freivalds , A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México D.F.
- Noguez, V. (s.f.). *ISO 9001:2015 El futuro de la calidad*. Obtenido de ISOTools Excellence: <http://info.isotools.org/iso-9001-2015-futuro-calidad>
- Organización Internacional de Normalización. (2015). ISO 9000.
- Polo, D. (2014). *Diagrama de flujo: Organiza información tu empresa*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/mantenimiento/>
- Portal Arribasplata, E., & Salazar Alza, P. C. (2016). *Propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad operativa de los equipos de movimiento de tierras en la empresa*

*Multiservicios Punre SRL, Cajamarca 2016.* Universidad Privada del Norte. Cajamarca – Perú: Repositorio internancional UPNBOX.

Portelles, D., Rodríguez, A., Leyva, E., & Ochoa, K. (2016). Metodología para el diseño de un Sistema de Gestión de Calidad en la Universidad de Ciencias Médicas de Holguín. *SciELO Cuba*, 20(1), 1-7.

Real Academia Española. (2019). *RAE.ES.* Obtenido de <https://dle.rae.es/inspecci%C3%B3n?m=form2>

Rincón Alonso, L. M. (2019). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO GENERAL PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN Y AIRES ACONDICIONADOS CON LA EMPRESA KRYOTEC SERVICIOS S.A.S. EN BUCARAMANGA, SANTANDER.* Tesis , UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA, Ocaña, Colombia.

Riquelme, M. (2016). *Analisisfoda.* Obtenido de [www.analisisfoda.com/](http://www.analisisfoda.com/)

Riquelme, M. (2016). *Analisisfoda.* Obtenido de [www.analisisfoda.com/](http://www.analisisfoda.com/)

Rodríguez Araújo , J. (2008). *ES.SCRIBD.* Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/7497765/Gestion-del-mantenimiento>

Ruiz, A., & Rojas, F. (2009). *Herramientas de Calidad.* Universidad Pontificia.

Sacristán, F. R. (2005). *Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo.* Madrid, España.

Sánchez, R., & Montero, T. (2016). *Proyecto de Implantación de un Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2015 en la Empresa Pinatar Arena Football Center S.L (Tesis de Licenciatura).* Universidad Politécnica De Cartagena, Cartagena.

Sejzer, R. (7 de Enero de 2019). *Calidad Total.* Obtenido de <http://ctcalidad.blogspot.com/2019/01/kobetsu-kaizen-que-son-las-mejoras.html>

Solano Sanabria, L. (2015). *Implementación y evaluación de un sistema de gestión de calidad según ISO 9001:2008 en una empresa constructora (Tesis de Licenciatura)* . Universidad de Costa Rica, San José.

Suárez Fragas, Y., Medina Peña, D., & Hernández Alfonso, P. M. (diciembre de 2015). Sistema automatizado para la gestión del mantenimiento de equipos (módulos administración y solicitud de servicio). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1010-2760), 85-90.

- Tavares, L. A. (2000). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil.
- Torres, M., & Vásquez, C. (2010). La Calidad: Evolución de su significado y aplicación en servicios. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 4(2), 25-32.
- Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (Abril de 2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 21(1), 125-138.