



Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Mecánica

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Propuestas de Mantenimiento a los sistemas de climatización en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos

Autor: Osiris José García Lima

Tutores: Dr. Sergio Montelier Hernández

Msc. José Félix Fernández Pizat

Cienfuegos 2019

Resumen.

Este trabajo consiste en la propuesta de un protocolo de mantenimiento para los sistemas de climatización en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos con el objetivo de mejorar los parámetros de funcionamiento del equipamiento, reduciendo los consumos eléctricos y como consecuencia el gasto de energía. Igualmente se reduce la cantidad de CO₂ que se emite a la atmósfera producto de la quema del combustible fósil en las termoeléctricas del país.

Para ello se realiza una investigación sobre el mantenimiento en el mundo, en Cuba y específicamente en ETECSA. Se caracteriza la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos y se determinan los equipos de climatización a los cuales se les aplica el protocolo de mantenimiento. Por último se evalúan los parámetros termodinámicos, eléctricos, así como el ambiental asociado en los casos de estudio antes y después de aplicada la propuesta de mantenimiento.

Los resultados obtenidos evidencian las ventajas de aplicar el protocolo de mantenimiento a los sistemas de climatización de ETECSA. En el caso de estudio se logró reducir el trabajo de compresión en más de un 35 % y el consumo de energía en un 14 %, lo que conlleva a un ahorro de más de 3000 USD al año y se dejan de emitir a la atmósfera más de 13 toneladas de CO₂ al año por la quema de combustible fósil en las termoeléctricas del país.

Palabras claves: sistemas de climatización, mantenimiento, ahorro.

Summary

This work consists of the proposal of a maintenance protocol for the air conditioning systems in the Territorial Division of ETECSA in Cienfuegos with the aim of improving the operating parameters of the equipment, reducing electrical consumption and consequently the energy expenditure. The amount of CO₂ emitted into the atmosphere from the burning of fossil fuel in the country's thermoelectric plants is also reduced.

To this end, an investigation is carried out on maintenance in the world, in Cuba and specifically in ETECSA. The Territorial Division of ETECSA in Cienfuegos is characterized and the air conditioning equipment to which the maintenance protocol is applied is determined. Finally, the thermodynamic and electrical parameters are evaluated, as well as the associated environmental in the case studies before and after the maintenance proposal is applied.

The results obtained show the advantages of applying the maintenance protocol to the ETECSA air conditioning systems. In the case of the study, it was possible to reduce the compression work by more than 35% and the energy consumption by 14%, which leads to a saving of more than 3000 USD per year and no longer emits more into the atmosphere. of 13 tons of CO₂ per year due to the burning of fossil fuel in the country's thermoelectric plants.

Keywords: air conditioning systems, maintenance, saving.

• Introducción	1
✓ Capítulo I. Búsqueda Bibliográfica. Estado del Arte	4
✓ 1.1 Introducción.....	4
✓ 1.2 Objetivos del Mantenimiento.....	5
✓ 1.3 Tipos de Mantenimiento.....	6
1.3.1 Mantenimiento rutinario.....	6
➤ 1.3.2 Mantenimiento programado.....	6
➤ 1.3.3 Mantenimiento por Avería o Reparación.....	7
➤ 1.3.4 Mantenimiento Correctivo.....	7
➤ 1.3.5 Mantenimiento Circunstancial.....	8
➤ 1.3.6 Mantenimiento Preventivo.....	8
➤ 1.3.7 Mantenimiento Predictivo.....	9
➤ 1.3.8 Mantenimiento Productivo Total.....	12
➤ 1.3.9 Mantenimiento Operacional.....	12
➤ 1.3.10 Mantenimiento paliativo o de campo (de arreglo).....	12
✓ 1.4 Estructura de mantenimiento.....	12
➤ 1.4.1 Mantenimiento de Área.....	12
➤ 1.4.2 Mantenimiento Centralizado.....	13
➤ 1.4.3 Mantenimiento Área Central.....	13
✓ 1.5 Niveles Jerárquicos de una Organización de Mantenimiento.....	14
✓ 1.6 Planificación del Mantenimiento.....	14
➤ 1.6.1 Plan Estratégico.....	15
➤ 1.6.2 Plan de Mantenimiento.....	15
➤ 1.6.3 Evaluación y Control del Plan de Mantenimiento.....	15
✓ 1.7 Evaluación del Mantenimiento.....	16
➤ 1.7.1 Evaluación Interna.....	17
➤ 1.7.2 Evaluación Externa.....	17
✓ 1.8 Ejecución del Plan de Mantenimiento.....	18
✓ 1.9 Fases Del Mantenimiento.....	19
✓ 1.10 Programa de Mantenimiento.....	20

✓ 1.11 Gestión del mantenimiento en sistemas de climatización de edificaciones comerciales.....	21
➤ 1.11.1 Gestión del mantenimiento en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.....	22
• Capítulo II. Caracterización de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos. Propuesta de Programa de Mantenimiento a los Sistemas de Climatización.....	24
✓ 2.1 Caracterización de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.....	24
✓ 2.2 Impacto de los portadores energéticos en el presupuesto de ETECSA en la provincia de Cienfuegos.....	26
✓ 2.3 Estado del mantenimiento a los equipos de climatización.....	28
✓ 2.4 Metodología de mantenimiento que se emplea en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.....	29
✓ 2.5 Sistemas de climatización en la División de ETECSA de Cienfuegos. Estado técnico en que se encuentran.....	29
✓ 2.6 Metodología de mantenimiento que se propone para los equipos de climatización de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.....	33
• Capítulo III. Implementación del Programa de Mantenimiento a los Sistemas de Climatización en la División Territorial de ETECSA Cienfuegos. Estudio de caso. Valoración de impactos.....	34
✓ 3.1. Implementación del Programa de Mantenimiento a los Sistemas de Climatización en la División Territorial de ETECSA Cienfuegos.....	37
➤ 3.1.1 Protocolo de mediciones.....	38
✓ 3.2. Metodología utilizada para la toma de mediciones en los locales de estudio.....	39
✓ 3.3 Resultados de las mediciones antes y después de aplicar el protocolo de mantenimiento.....	40

✓ 3.4 Evaluación de los parámetros termodinámicos, eléctricos y el impacto ambiental asociado.....	41
➤ 3.4.1 Evaluación de los parámetros termodinámicos en el funcionamiento del ciclo.....	42
➤ 3.4.2 Evaluación del consumo eléctrico.....	44
➤ 3.4.3 Cálculo de la energía que se ahorra al año la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.....	45
➤ 3.4.4 Ahorro monetario debido a la potencia dejada de consumir luego de la implementación del mantenimiento.....	45
• 3.4.5 Evaluación del impacto ambiental asociado por la reducción del consumo eléctrico.....	46
• Conclusiones Generales	48
• Recomendaciones	49
• Referencias Bibliográficas	50
• Bibliografía	50
• Anexos	52

Introducción.

“El mantenimiento es una disciplina integradora que garantiza la disponibilidad, funcionalidad y conservación del equipamiento tecnológico, siempre que se aplique correctamente, a un costo competitivo. En la actualidad, el mantenimiento está destinado a ser uno de los pilares fundamentales de toda empresa que se respete y que considere ser competitiva. Dentro de las diversas formas de conceptualizar el mantenimiento, la que al parecer presenta mayor vigencia y al mismo tiempo resulta más abarcadora, es aquella que lo define como “el conjunto de actividades dirigidas a garantizar, al menor costo posible, la máxima disponibilidad del equipamiento tecnológico para la producción; visto esto a través de la prevención de la ocurrencia de fallos y de la identificación y señalamiento de las causas del funcionamiento deficiente del equipamiento tecnológico”(Tavares, 1999). A nivel mundial, puede definirse como; “Todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar acabo alguna función requerida, combinando las acciones técnicas y administrativas correspondientes” (Conceptos Básicos de Mantenimiento, 2014).

Para cualquier organización el mantenimiento es considerado un factor estratégico en la búsqueda de incrementar los niveles de productividad, calidad, seguridad y eficiencia en una empresa. El desempeño de un sistema de mantenimiento implica un constante y eficiente manejo de información, lo cual permite a la gerencia integrar las acciones de la empresa durante el desarrollo de los procesos y actividades correspondientes a su entorno productivo.

Actualmente las Mejores Prácticas de Mantenimiento son definidas en dos categorías separadas. Estas son: los Estándares, que son los niveles de rendimiento medibles para la ejecución del mantenimiento; así como los Métodos y Estrategias que se deben poner en práctica en orden a alcanzar los Estándares. Juntos, la combinación de estándares, métodos y estrategias son elementos de un Sistema de Mantenimiento Integrado y Planificado.

En Cuba, la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA (ETECSA), es una entidad lucrativa que aporta altos dividendos al presupuesto del estado.

Esta empresa se caracteriza por su elevado consumo energético, destacándose la energía eléctrica como el principal portador en la estructura de gastos de la empresa.

La Dirección Territorial de ETECSA en Cienfuegos, es una organización cubana que tiene como objeto social prestar los servicios públicos de telecomunicaciones, mediante la operación, instalación, explotación, comercialización y mantenimiento de redes públicas de telecomunicaciones, en el territorio de la provincia de Cienfuegos. Para ello tiene bien definida su misión y visión:

Misión: Proporcionar servicios y soluciones integrales de Telecomunicaciones a los clientes, usuarios y a la sociedad en la Provincia de Cienfuegos, mediante una gestión enfocada hacia la calidad total, un continuo desarrollo de nuestro capital humano y el empleo de redes de adecuada tecnología, con efectividad en todos los procesos.

Visión: Ser una División Territorial que avanza en la obtención de estándares internacionales, caracterizada por una buena atención a sus clientes y usuarios, que basa su gestión en adecuadas tecnologías y un enfoque hacia la búsqueda de la calidad total, con amplio apoyo al desarrollo socio-económico de la Provincia y un elevado reconocimiento social.

En la Dirección Territorial de ETECSA en Cienfuegos, el clima representa el 69 % de la estructura de consumo de los portadores de electricidad, debido fundamentalmente, a las condiciones climáticas características de las regiones tropicales y a las condiciones que exige el equipamiento instalado en las centrales telefónicas.

Este trabajo estudia las posibilidades para hacer un plan de mantenimiento diferenciado, de los equipos más consumidores de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos, con el objetivo de disminuir los consumos de energía eléctrica, teniendo en cuenta que el mantenimiento es un proceso estratégico e influyente en la fiabilidad del equipamiento y el consumo energético.

Problema Científico.

La necesidad de establecer un programa de mantenimiento que conduzca a disminuir el consumo de energía asociado de los sistemas de climatización en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.

Hipótesis.

La organización del mantenimiento de los sistemas de climatización en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos, contribuirá a la disminución del consumo de energía y a la durabilidad de los mismos.

Objetivo general.

Establecer un programa de mantenimiento de los equipos de climatización en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos que conduzca a la reducción del consumo de energía y valorar los impactos asociados.

Objetivos específicos

1. Búsqueda bibliográfica sobre los sistemas de mantenimiento en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.
2. Caracterizar los sistemas de climatización de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.
3. Proponer el sistema de mantenimiento a los equipos de climatización más consumidores de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos que garantice la disminución del consumo de energía eléctrica.
4. Aplicar el procedimiento de mantenimiento a un caso de estudio de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.
5. Valorar los impactos derivados de la aplicación del procedimiento de mantenimiento al estudio de caso.

Capítulo I: Búsqueda bibliográfica. Estado del arte.

1.1 Introducción.

El mantenimiento normalmente se ha visto como la actividad, dentro de la Explotación Técnica, que se encarga de realizar las acciones encaminadas a mantener o restablecer el estado técnico de un artículo, o asegurar el funcionamiento adecuado de un servicio concreto. Esto, unido a que muchas Empresas ven al mantenimiento como un departamento que marcha detrás de los acontecimientos, casi siempre subsanando averías, hacen que esta actividad siga manteniendo un carácter pasivo, y en muchos casos, no se le dé la importancia que él tiene, no cumpliendo entonces con sus funciones como departamento rector de la actividad de la Empresa.

En aquellas Empresas donde la presencia y abnegación tengan más importancia que los resultados, y donde se permita y fomente que el Departamento de Producción conozca y controle a las personas pero no a las máquinas ni los productos, que el Departamento de Calidad conozca los productos pero no las máquinas ni a las personas y que el Departamento de Mantenimiento conozca las máquinas pero no los productos ni quienes lo fabrican, no es justo hacer recaer la responsabilidad de la producción solo al Departamento de Mantenimiento. En estos casos no se aprovechan todas las potencialidades y oportunidades que dicho departamento puede ofrecer para el bien de la Empresa.

El desarrollo del mantenimiento ha estado condicionado por el desarrollo social, tecnológico, económico y de protección al medio ambiente. Importantes cambios han venido ocurriendo en cuanto al papel del mantenimiento en las Empresas y en la forma de enfocar y poner en práctica las actividades correspondientes para resolver los problemas que se presentan, los cuales son cada día más complejos y diversos. Esto ha condicionado que se hayan desarrollado nuevas políticas en esta esfera, y por tanto se amplía la gama de posibilidades de actuación de las Empresas.

Si analizamos la evolución de los requerimientos del mantenimiento en la industria en general vemos que desde sus inicios hasta aproximadamente 1950 prácticamente solo se

esperaba del mantenimiento la función de reparación. En este período el mantenimiento surge como una necesidad para restablecer el estado técnico de los equipos, máquinas e instalaciones, después de haberse producido una avería, motivado tal vez por la simplicidad de los mismos y por la poca cultura que hasta ese entonces existía al respecto. Las averías y la baja disponibilidad de los equipos eran poco importantes, ya que la producción no dependía tanto de ellos como hoy en día. En la mayoría de los casos los desperfectos eran solucionados por los propios operarios, ya que la mayoría de los equipos eran de sencilla construcción.

El hecho de actuar después de haberse producido la avería daba lugar, a menudo, a accidentes y daños secundarios, y en el mejor de los casos, a inoportunas pérdidas de producción o de servicios. Este tipo se conoce hoy día con el nombre de Mantenimiento Correctivo.

1.2 Objetivos del Mantenimiento:

Mantener un Sistema Productivo en forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, para lograr una producción esperada en empresas de producción y una calidad de servicios exigidas en empresas de servicio, a un costo global óptimo. Son los resultados específicos que pretende alcanzar la organización de mantenimiento a mediano y largo plazo mediante el cumplimiento de su misión básica. Los objetivos son esenciales para el éxito de la organización de mantenimiento porque establecen un curso, ayudan a la evaluación, producen sinergia, revelan prioridades, permiten la coordinación y establecen las bases para planificar, organizar, motivar y controlar con eficacia.

Los objetivos deben incluir un plazo de ejecución, ser concisos y claros, ser dinámicos, es decir, que puedan ser evaluados a medida que el entorno y las oportunidades cambian, y, por último, pueden ser formulados en términos que permitan cuantificarlos y medirlos o en términos cualitativos. Normalmente las organizaciones utilizan una combinación de objetivos cuantitativos y cualitativos. Los objetivos deben convertir la misión de la organización de mantenimiento en medidas específicas de desempeño y representar un compromiso de la

gerencia a conseguir resultados concretos mediante las estrategias de la empresa a la cual pertenece la organización de mantenimiento.

Política del Mantenimiento: Son lineamientos para lograr los objetivos de mantenimiento.

Son las líneas directrices específicas, los métodos, los procedimientos, las reglas, las formas y las prácticas administrativas que se establecen para implementar las estrategias y respaldar y fomentar los trabajos que llevarán a alcanzar los objetivos enunciados.

Las políticas comunican a los empleados y gerentes lo que se espera de ellos y, por tanto, aumentan las probabilidades de la debida ejecución de las estrategias. Sientan las bases para el control administrativo, permiten la coordinación a lo largo y a lo ancho de las unidades de la organización y disminuyen la cantidad de tiempo en que los gerentes dedican a tomar decisiones. Aclaran quien hará qué trabajo, propiciando que se delegue la toma de decisiones a los niveles administrativos adecuados.

1.3 Tipos de Mantenimiento

1.3.1 Mantenimiento Rutinario:

Es el que comprende actividades tales como: Lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es hasta periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los sistemas productivos y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de dichos sistemas productivos evitando su desgaste.

1.3.2 Mantenimiento Programado:

Toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un sistema productivo a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal hasta generalmente periodos de un año. Es ejecutado por

las cuadrillas de la organización de mantenimiento que se dirigen al sitio para realizar las labores incorporadas en un calendario anual.

1.3.3 Mantenimiento por Avería o Reparación:

Se define como la atención a un sistema productivo cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada. Es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento. La atención a la falla debe ser inmediata y por tanto no da tiempo a ser programada pues implica el aumento en costos y de paradas innecesarias de personal y equipos.

1.3.4 Mantenimiento Correctivo:

Comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo. Las acciones más comunes que se realizan son: modificación de elementos de máquinas, modificación de alternativas de proceso, cambios de especificaciones, ampliaciones, revisión de elementos básicos de mantenimiento y conservación. Este tipo de actividades es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento y/o por entes foráneos, dependiendo de la magnitud, costos, especialización necesaria u otros, su intervención tiene que ser planificada y programada en el tiempo para que su ataque evite paradas injustificadas.

Ventajas del sistema de Mantenimiento Correctivo.

- La vida útil de los elementos se aprovecha al máximo.
- No son necesarias las acciones de arme y desarme que pueden deteriorar los mecanismos.
- No requiere de técnicos e ingenieros altamente calificados.

Desventajas del sistema de Mantenimiento Correctivo

- La rotura puede ser peligrosa.
- No se sabe cuándo fallará o paralizará, ni en qué grado puede perjudicar la producción.
- Estadíos largos.

1.3.5 Mantenimiento Circunstancial:

Este tipo de Mantenimiento es una mezcla entre rutinario, programado, avería y correctivo ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna, se ejecutan acciones que están programadas en un calendario anual pero que tampoco tienen un punto fijo de inicio por la razón anterior, se entiende averías cuando el sistema se detiene, existiendo por supuesto otro sistema que cumpla su función, y el estudio de la falla permite la programación de su corrección eliminando dicha avería a mediano plazo. La función de los sistemas productivos en este tipo de mantenimiento depende no de la organización de mantenimiento que tiene a dichos sistemas productivos dentro de sus planes y programas, sino de otros entes de la organización del sistema productivo, los cuales sugieren aumento de capacidad de producción, cambios de procesos, disminución de ventas, reducción de personal y/o turnos de trabajo.

1.3.6 Mantenimiento Preventivo:

El estudio de falla de un sistema productivo deriva dos tipos de averías; aquellas que generan resultados que obliguen a la atención de los sistemas productivos mediante mantenimiento correctivo y las que se presentan con cierta regularidad y que ameritan su prevención. El mantenimiento preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de las fallas.

Ventajas del sistema de Mantenimiento Preventivo.

- Menor tiempo ocioso como consecuencia de menos paros imprevistos por fallas.
- Mejor planificación administrativa.
- Incremento en la vida útil de las propiedades físicas.
- Uniformidad de la carga de trabajo y consecuentemente disminución en costo por concepto de horas extraordinarias.

- Menor número de reparaciones en gran escala y menor número de reparaciones repetitivas. Posible reducción en costos por conceptos de reparaciones mayores.
- Incremento en la calidad del servicio como producto de una mejor condición general de los equipos y maquinarias.
- Identificación de las partidas con altos costos de mantenimientos.
- Menor necesidad de equipos en operación reduciendo con ello la inversión de capital.
- Reducción de los costos de inventario, ya que se determina en forma más precisa los materiales de mayor consumo y los que se usan poco.
- Mejores condiciones de seguridad.

Desventajas del Mantenimiento Preventivo.

- No se aprovecha al máximo la vida útil de los agregados del equipo. (Durabilidad).
- El accionar puede provocar deterioros prematuros.
- Los costos de las acciones a veces son bastante altos.

1.3.7 Mantenimiento Predictivo:

Al igual que el preventivo, tiene un carácter profiláctico y planificado, pero que no se apoya en una programación rígida de intervenciones, sino en el conocimiento real del estado técnico del artículo, a través de controles sistemáticos.

Este tipo de mantenimiento permite detectar cuando la avería está a punto de producirse, y de esta forma aprovechar las emergencias correctivas, ni tampoco aplicar vida útil del artículo, sin incurrir en actividades preventivas innecesarias. Asimismo, evita los elevados costos de la reparación, pero no permite tan buena planificación como en el mantenimiento preventivo puro. Comprende todos los métodos encaminados a conocer el estado de las máquinas mediante el uso de procedimientos y técnicas de inspección no destructivas, y otras que miden el desgaste progresivo a lo largo del tiempo y predicen los puntos de posibles fallos, de forma más acertada que una estimación estadística sobre el momento de recambio, como lo hace el mantenimiento preventivo.

El mantenimiento predictivo permite investigar las causas de los fallos, así como facilita y ayuda a su prevención, a fin de lograr mejoras en la tecnología de los sistemas y

componentes de un equipo. Para ello, es necesario recurrir a métodos de diagnóstico que puedan reflejar el estado del sistema y predecir el fallo antes de llegar al colapso, evitando así los incrementos significativos de las horas de parada y los costos de operación del equipo.

Ventajas del mantenimiento predictivo.

- Disminuye la eventualidad del fallo.
- Se logra un máximo aprovechamiento de las piezas y materiales.
- El fallo se elimina cerca del estado límite, por lo que la vida útil de los elementos aumenta en comparación con el sistema preventivo.
- Evita los elevados costos de reparación.
- Existe máxima disponibilidad de los equipos durante la explotación.

Desventajas del mantenimiento predictivo.

- Elevado costo debido a la adquisición de los equipos de diagnóstico.
- Es necesaria la formación especializada del personal.

Este tipo de mantenimiento puede establecerse de dos formas, a saber:

- Por control de parámetros.
- Por control de niveles de fiabilidad.

Como el mantenimiento predictivo necesita necesariamente de métodos de diagnóstico se abordará este tema.

Se denomina **DIAGNÓSTICO TÉCNICO** a la rama de la ciencia que estudia los síntomas de los desperfectos de los artículos, los métodos, medios y algoritmos para la determinación del estado técnico sin tener que desarmar, así como la tecnología y organización de la utilización del diagnóstico en los procesos de explotación.

Entonces, el diagnóstico técnico consiste, en primer lugar, en el proceso de descubrimiento de los desperfectos ocultos y sus causas, así como en el análisis de los resultados

obtenidos, sobre cuya base es posible establecer si el mecanismo o grupo diagnosticado necesita o no alguna operación de mantenimiento.

Con frecuencia se identifica el concepto de diagnóstico con el de "control" o "revisión" del estado técnico. El diagnóstico técnico se diferencia del control en que el proceso de detección de desperfectos no se limita a la constatación del hecho en sí, sino que además, es acompañado de un análisis objetivo del mismo, que permite pronosticar el recurso de trabajo sin fallos del objeto diagnosticado. Este recurso consiste en determinar las posibilidades reales que existen para que el artículo prosiga con su trabajo sin necesidad de interrupciones para la reparación o el mantenimiento, hasta la siguiente ejecución programada de su diagnóstico.

Los objetivos generales del diagnóstico técnico son:

1. Elevación de la fiabilidad y la seguridad de funcionamiento del artículo durante la explotación, gracias a la detección oportuna de los desperfectos y a la prevención de los fallos de sus mecanismos, sistemas o piezas.
2. Aumento de la durabilidad y reducción del consumo de piezas de repuesto, por la disminución de los casos de desmontaje prematuro de los elementos para ser reparados y por la reducción del ritmo del desgaste debido a que no trabajarán con desperfectos.
3. Reducción de los gastos laborales para ejecutar el mantenimiento, gracias a la disminución del volumen de reparaciones eventuales y operaciones innecesarias del mantenimiento planificado.
4. Disminución del consumo de materiales de explotación (combustibles, lubricantes, agua, líquidos técnicos, etc.) gracias a la posibilidad de descubrir y eliminar todos los defectos difíciles de detectar en los sistemas que influyen en dichos consumos.
5. Elevación de la calidad del mantenimiento y, consecuentemente, la reducción de los costos de explotación.

Además de la reducción de los gastos en mantenimiento, el efecto por la utilización del diagnóstico, es decir, por la valoración individual del estado técnico y las propiedades de los artículos, se manifiesta en una mayor utilización de la capacidad de trabajo de ellos debido a un abastecimiento más exacto de información, planificación y organización de las diferentes

actividades del servicio técnico. La experiencia demuestra que como resultado de la introducción del diagnóstico después de algún tiempo de utilización de los artículos disminuye el coeficiente de variación de los recursos. Esto demuestra que el diagnóstico representa uno de los factores fundamentales para el desarrollo del mantenimiento.

1.3.8 Mantenimiento Productivo Total:

Es un Sistema de Organización donde la responsabilidad no recae solo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la Empresa. El buen funcionamiento de las maquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos. El Objetivo del Sistema está orientado a lograr: cero accidentes, cero defectos y cero fallas.

1.3.9 Mantenimiento Operacional:

Se define como la acción de mantenimiento aplicada a un equipo o sistema a fin de mantener su continuidad operacional, el mismo es ejecutado en la mayoría de los casos con el activo en servicio sin afectar su operación natural.

1.3.10 Mantenimiento paliativo o de campo (de arreglo):

Este se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provoco la falla.

1.4 Estructura de mantenimiento:

Es la composición, localización y arreglos de los recursos para hacer frente de la mejor manera a una carga de trabajo esperada.

1.4.1 Mantenimiento de Área:

Subdivide a Sistema Productivo en varias partes geográficas y a cada una de ellas se asignan cuadrillas de personal para ejecutar las acciones de mantenimiento.

Su objetivo es aumentar la eficiencia operativa, ya que estas pequeñas organizaciones se sitúan en las proximidades de los sistemas a los cuales sirven. Se caracteriza por:

- Mayor y mejor control de personal por área.
- Personal especializado en el área de trabajo.
- Aumento de costos por especialización funcional.
- Mayor fuerza laboral.
- Programación y prevenciones más ajustadas a la realidad.
- Sistemas de información más complejos y recomendables para el Sistema Productivo suficientemente grandes en distribución geográfica, diversidad de procesos y de personal.

1.4.2 Mantenimiento Centralizado:

Es la concentración de los recursos de mantenimiento en una localización central. Se caracteriza por: Transferencia de personal de un lugar a otro donde exista necesidad de mantenimiento, personal con conocimiento del sistema productivo a mantener, bajo nivel de especialización en general comparado con el de área, reducción de costos por la poca especialización funcional; en emergencia se ha de contar con todo el personal y se recomienda para sistemas productivos medianos a pequeños y con poca diversidad de procesos.

1.4.3 Mantenimiento Área Central:

Se aplica en macro sistemas productivos, los cuales tienen organizaciones en situaciones geográficas alejadas, cantidades elevadas de personal y diversidad de procesos. En este tipo de entes organizacionales cada área tiene su organización de mantenimiento, pero todas manejadas bajo una administración central.

Independientemente del tipo de estructura de organización de mantenimiento requerida, se deben tener en cuenta como principios fundamentales el factor costo implicado, tipo de persona necesario y diversidad de procesos.

1.5 Niveles Jerárquicos de una Organización de Mantenimiento:

- Nivel 1: Dirección y Gerencia
- Nivel 2: Supervisión y Apoyo.
 - ✓ Nivel 2.1: Supervisión y Control de ejecución de acciones de mantenimiento
 - ✓ Nivel 2.2: Apoyo logístico a la función de mantenimiento: Planificación, Diseño, Programación, Almacén, Automatización entre otros.
 - ✓ Nivel 2.3: Mantenimiento de Taller
- Nivel 3: Supervisión y Ejecución de acciones de mantenimiento para cada área específica.
- Nivel 4: Ejecución propiamente dicha de acciones de mantenimiento.

1.6 Planificación del Mantenimiento:

Planificar es un proceso dirigido a producir un determinado estado futuro al cual se desea llegar y que no se puede conseguir a menos que previamente se emprendan las acciones precisas y adecuadas.

Por tanto, planificar exigiría:

- Que se tomen decisiones anticipadamente, determinando lo que se hará y como se hará antes que llegue el momento de la ejecución.
- Un cabal conocimiento de la organización o unidad responsable de la ejecución y una adecuada comunicación y coordinación entre los distintos niveles.
- Que exista una dirección que guíe el cambio de las situaciones y tome decisiones mediante un proceso continuo y sistemático de análisis y discusión.
- Un análisis permanente, tanto del ambiente interno como del medio externo, de la organización para adaptarla a situaciones futuras. Esto implica, identificar fortalezas y debilidades, visualizar nuevas oportunidades y amenazas, enfocar la razón de ser (misión) de la organización y orientar su rumbo (visión) de una manera efectiva, mediante una acción innovadora de dirección y liderazgo.

1.6.1 Plan Estratégico.

Es la definición teórica del que hacer, del futuro deseable de la organización de mantenimiento para orientar los esfuerzos, el uso de los recursos y la relación del entorno, a mediano y largo plazo.

La tarea de analizar el ambiente interno y externo de la organización para luego seleccionar las estrategias apropiadas, por lo general, se llama formulación. En contarte como la implementación involucra el diseño de estructuras organizacionales apropiadas (plan operativo) que permiten poner en operación las estrategias y los respectivos sistemas de evaluación y control.

1.6.2 Plan de Mantenimiento.

El plan de mantenimiento es el elemento de referencia básico que, de forma sistemática y ordenada, establece las bases sobre las cuales se ejecutarán las actividades de mantenimiento establecidas en su programación.

1.6.3 Evaluación y Control del Plan de Mantenimiento.

La evaluación y control del plan de mantenimiento se refiere al conjunto de actividades que permiten identificar y analizar las desviaciones de los resultados, tanto de la gestión de mantenimiento como del desempeño real del sistema productivo, versus las metas operativas.

Se inicia apenas concluirse la elaboración del plan anual de mantenimiento con la definición de las metas e indicadores de evaluación y control (operativos) y se extiende durante todo el proceso administrativo lo que le da un carácter dinámico y continuo.

La evaluación y control permite orientar la gestión de mantenimiento y definir alternativas de mejora técnica y optimizar costos. Por otra parte, contribuye a darle un carácter sistémico al

mantenimiento, lo cual garantiza la continuidad operativa de los procesos dentro de las exigencias de efectividad del sistema productivo.

Los mecanismos de evaluación y control deben ser económicamente aceptables, oportunos, aceptados por la organización de mantenimiento y tener veracidad y claridad. Al terminarse de elaborar el plan de mantenimiento, antes de todo, debe determinarse lo que se necesita controlar de acuerdo con lo que indique la experiencia, el criterio y los hechos observados.

Una vez conocidos los aspectos a controlar es necesario fijar si deben controlarse en cantidad, calidad, tiempo u otros. Con ello se estará en posibilidad de fijar las metas y los indicadores de evaluación y control.

La evaluación y control se realiza en cuatro etapas: captura de los datos necesarios y cálculo de los indicadores, comparación de los resultados versus las metas, análisis de las desviaciones, y acciones correctivas.

1.7 Evaluación del Mantenimiento:

El diagnóstico de la situación de una organización de mantenimiento exige la evaluación exhaustiva de una amplia variedad de factores que, en su conjunto, constituyen los aportes de la organización a la calidad de los servicios prestados. Por ello se debe realizar, anualmente al menos, una evaluación de la organización de mantenimiento para buscar respuestas a interrogantes como las siguientes:

- ¿Se está cumpliendo cabalmente con la misión?
- ¿Se está haciendo realmente lo que se debe hacer?
- ¿Se conoce hasta donde se va y hacia a donde se deberían orientar los recursos?
- ¿Se está alineando las tendencias a nivel nacional y mundial?
- ¿Se está midiendo realmente el grado de éxito?
- ¿Se está preparado para enfrentar las oportunidades y peligros de entorno?

1.7.1 Evaluación Interna:

De la evaluación interna se identifican las fortalezas y debilidades de la organización de mantenimiento en sus funciones características tales como planificación, organización, ingeniería, inspección, mantenimiento preventivo, personal, compras, almacén, contrataciones, presupuestos, control de costos, eficiencia, etc.

Las fortalezas: Son posiciones favorables que posee la organización en algunas de las funciones mencionadas en el párrafo anterior y que la colocan en condiciones de responder eficazmente a las oportunidades y amenazas del ambiente externo.

Las debilidades: Son posiciones desfavorables que tiene la organización con respecto a algunas de sus funciones y que la coloca en condiciones de no poder responder eficazmente a las oportunidades y amenazas del ambiente externo.

1.7.2 Evaluación Externa:

Mediante la evaluación externa se pueden identificar las oportunidades más importantes sobre las cuales debe basarse el futuro de la organización o de los peligros y amenazas que debe constantemente eludir. Tiene como objetivo fundamental, identificar y prever los cambios que se producen en términos de su realidad actual y comportamiento futuro. Esos cambios deben ser identificados en virtud de que ellas puedan producir un impacto favorable (oportunidad) o adverso (amenaza). La organización tiene que prepararse para aprovechar las oportunidades o para debilitar las amenazas.

Las oportunidades: Son situaciones favorables, actuales o futuras, que ofrece el ambiente de la organización, su aprovechamiento adecuado mejoraría su posición de competitividad.

Las amenazas: Son situaciones desfavorables, actuales o futuras que presenta el ambiente de la organización, la cual debe ser enfrentada con la idea de minimizar los daños potenciales sobre el funcionamiento y la supervivencia de la misma.

1.8 Ejecución del Plan de Mantenimiento:

La ejecución del plan anual de mantenimiento busca asegurar la disponibilidad de los objetos de mantenimiento para permitir su continuidad operativa y la del sistema productivo al cual pertenecen.

Es el signo visible del mantenimiento ante los custodios de los objetos y contempla un conjunto de actividades que permite llevar con éxito las actividades previamente programadas, además de aquellas no programadas que son necesarias para corregir fallas imprevistas u otros problemas. Supone la recopilación de información sobre las actividades de mantenimiento en la medida en que se ejecutan.

Esta información conforma la base de todos los reportes estadísticos de resultados de la gestión de mantenimiento e incluye, entre otras actividades, la aplicación de las normas de protección integral, coordinación y utilización efectiva de los recursos, cumplimiento de los lineamientos de calidad y especificaciones técnicas y suministro de información base para la medición de resultados

Existe todo un conjunto de normas que deberán ser consideradas por los ejecutores del mantenimiento a la hora de realizar cualquier procedimiento operativo.

Estas normas pueden agruparse en:

- Normas de protección integral (seguridad e higiene industrial, ambiente).
- Nacionales e internacionales que estandarizan las regulaciones referidas a los procedimientos operativos (COVENIN, API, ANSI, ASTM, DIN, ASA, ISO, NC y otras).
- Especificaciones técnicas que se derivan de la fabricación y que se refieren a las condiciones o restricciones que se originan a partir de las características, ajustes y tolerancias del objeto de mantenimiento.
- Normas internas de la empresa.

1.9 Fases Del Mantenimiento:

Fase 1- Equipo en fase de deterioro forzado.

En esta fase, en el equipo se presenta deterioro forzado debido a que el personal operativo y/o mantenimiento no realiza mantenimiento básico como lubricación, ajuste de pernos y tornillos. La primera fase de mantenimiento consiste en desarrollar acciones de mantenimiento liviano realizado especialmente por el personal que opera el equipo. Son procedimientos fundamentales que permiten desarrollar acciones de reparación necesaria para recuperar el nivel inicial de rendimiento del equipo. Naturalmente, la limpieza de los equipos constituye un requisito previo de toda actividad de mantenimiento.

Fase 2- Deterioro natural.

En la segunda fase, donde solo se genera deterioro natural del equipo, empieza a ser aconsejable la realización de un mantenimiento preventivo teórico. Los equipos se manejan en las condiciones prescritas, y se llevan a cabo tareas de limpieza, inspección, ajuste de pernos, tornillerías y elementos de fijación.

Fase 3- Rediseño del Equipo-mejora en la reparación del deterioro:

En la tercera fase se efectúa en forma continua el trabajo de devolver el equipo a su condición operativa normal. Los operarios participan en la identificación de las condiciones anormales, con objeto de prevenir el deterioro del equipo. El operativo utiliza los cinco sentidos, además del conocimiento que les transmiten los equipos de mantenimiento. Los operarios están capacitados para reparar por su cuenta numerosas condiciones anómalas en el equipo.

Fase 4- Tecnología de diagnóstico mejorada:

En la cuarta fase, tiene lugar un mantenimiento que está en función de las condiciones en que se encuentra el equipo: se examina en forma constante el estado del equipo, para que pueda llevarse a cabo el oportuno trabajo de mantenimiento. Empleando aparatos de diagnóstico, se efectúa una previsión de la vida útil de las piezas del

equipo y del nivel de calidad de los productos que fabrica, reduciendo así los costes de mantenimiento.

1.10 Programa de Mantenimiento:

La programación del mantenimiento consiste en determinar el orden en el cual se deben efectuar los trabajos planificados teniendo en cuenta:

- Los grados de urgencia.
- Los materiales necesarios.
- La disponibilidad del personal.

Los métodos de programación son:

- Programa diario.
- Programa Semanal.
- Métodos gráficos de programación.

Se entiende por mantenimiento la acción o conjunto de acciones que tienden a conservar, preservar o mejorar un Sistema Productivo, sin agregarle valor adicional a éste. Un programa de mantenimiento no es más que el conjunto de gamas de mantenimiento elaboradas para atender un Sistema Productivo. Este plan contiene todas las tareas necesarias para prevenir los principales fallos que puede tener los Sistemas Productivos.

Una gama de mantenimiento es una lista de tareas a realizar en un equipo, en una instalación, en un sistema o incluso en una planta completa. La información básica que debería tener una gama de mantenimiento es la siguiente:

- Equipo en el que hay que realizar la tarea.
- Descripción de la tarea a realizar.
- Resultado de la realización.
- Valor de referencia, en el caso de que la tarea consista en una lectura de parámetros, una medición o una observación.

1.11 Gestión del mantenimiento en sistemas de climatización de edificaciones comerciales.

El mantenimiento integral de edificios, agrupa todo el conjunto de acciones que tienen como finalidad la correcta conservación del edificio a mantener. La adecuada planificación y control de estas acciones es clave a la hora de mantener con calidad y eficiencia el edificio, de esta forma el objetivo principal de este proyecto va a ser definir un método de trabajo idóneo para este tipo de trabajos, facilitando considerablemente la labor del responsable de mantenimiento y creando una dinámica de trabajo que beneficie en diferentes aspectos a la empresa.

Los edificios de oficinas son, hoy en día, el puesto de trabajo de millones de personas. Además es en esta clase de edificios donde se genera un alto porcentaje del Producto Interior Bruto de un país. La gran relevancia en la economía sugiere, que esos puestos de trabajo han de estar en condiciones óptimas para poder sacar el máximo partido a los mismos, procurando que las interrupciones sean mínimas, para que el trabajador no tenga que ausentarse por problemas técnicos o de cierta relevancia en el edificio, y que por el contrario disfrute de unas instalaciones en el puesto de trabajo seguras, confortables, saludables y adecuadas para las tareas que desarrolle. Además deberá cumplir con las condiciones establecidas de ergonomía, nivel de iluminación, etc., de acuerdo con la normativa actual en Prevención de Riesgos Laborales en el puesto de trabajo. El satisfactorio estado de este tipo de recursos, depende principalmente de los siguientes aspectos:

- Adecuado diseño de las instalaciones y equipos.
- Buena ejecución de obra y montaje.
- Eficiente servicio de mantenimiento.

En el aspecto de gestión económica de cualquier sistema, por norma general solamente se contabilizan como gasto del servicio de mantenimiento aquellos que producen un coste, asociado a un desembolso monetario y que son exclusivamente los debidos a mantenimiento y conservación de instalaciones y edificios y a reparación de equipos y mobiliario. Pero hay

otra serie de costes que se originan y que generalmente no se valoran, tales como, los costes de actualización de equipos, coste de parada, gasto energético, etc.

Por tanto la función del servicio de mantenimiento integral de un edificio de oficinas no consiste solamente en mantener una serie de instalaciones en funcionamiento, sino en conservar un cierto nivel de infraestructura técnica que impida un envejecimiento prematuro, tanto del edificio, como de las instalaciones allí presentes. De no realizar un buen servicio de mantenimiento podría llevar a la descapitalización y a un aumento de costes, creando la necesidad de nuevos equipos, infraestructuras e incluso del edificio entero. Conservar esta infraestructura supone para un edificio de oficinas entre un 6 y un 8 por ciento del valor inmovilizado del edificio.

1.11.1 Gestión del mantenimiento en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.

El mantenimiento en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos normalmente se ha visto como una actividad, dentro del área de Explotación Técnica, que se encarga de realizar las acciones encaminadas a mantener o restablecer el estado técnico de todo el equipamiento que se explota en todo el territorio de la provincia.

En el caso del mantenimiento a los equipamientos de climatización, tiene un carácter pasivo, pues casi siempre es subsanando averías. Es ejecutado por el personal de la empresa cuando ocurre la avería, por lo que la misma no es programada.

El mantenimiento que se aplica a los equipamientos de climatización en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos se denomina Mantenimiento por Avería o Reparación, el cual tiene como principal desventaja que en numerosas ocasiones no existe en el almacén la pieza para sustituir la dañada, lo que incide en el tiempo de paralización del sistema. Igualmente al no existir mantenimiento planificado a los sistemas de climatización, estos operan lejos de las condiciones de rendimiento óptimo, incrementándose el consumo de energía eléctrica y por ende el gasto monetario que desembolsa la empresa.

Conclusiones Parciales.

1. Los resultados de la revisión bibliográfica evidencian que la aplicación del mantenimiento posee una serie de ventajas, en cuanto a prevención de roturas, cuya solución posterior casi siempre resulta más costosa.
2. El mantenimiento ha experimentado una evolución con el decursar del tiempo y actualmente se han introducido nuevos conceptos: mantener, prevenir, predecir, y hoy día se habla de mejora continua.
3. En la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos no existe una política clara de mantenimiento a los sistemas de climatización, que tribute a un funcionamiento eficiente de los mismos.

Capítulo II: Caracterización de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos. Propuesta de Programa de Mantenimiento a los Sistemas de Climatización.

Se caracteriza la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos, evaluando el impacto que tienen los portadores energéticos en la estructura de gastos. Se determinaron los sistemas de climatización que más impactan en el consumo de energía, a partir de la confección de la estructura de consumo (diagrama de Pareto) y la estratificación de los equipos consumidores de energía eléctrica. Se elabora una propuesta de mantenimiento para cada sistema de climatización que existe en explotación en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.

2.1 Caracterización de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.

La División Territorial Cienfuegos, de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba ETECSA, es una organización cubana de capital mixto y tiene como objeto social prestar los servicios públicos de telecomunicaciones, mediante la operación, instalación, explotación, comercialización y mantenimiento de redes públicas de telecomunicaciones, en nuestro caso particular, en el territorio de la provincia de Cienfuegos. Los servicios concesionados, incluyendo su evolución tecnológica, se detallan a continuación:

1. Servicio telefónico básico, nacional e internacional.
2. Servicio de conducción de señales, nacional e internacional.
3. Servicio de transmisión de datos, nacional e internacional.
4. Servicio de cabinas y estaciones telefónicas públicas.
5. Servicio de telecomunicaciones de valor agregado.
6. Servicio de radiocomunicación móvil troncalizada.
7. Servicio de télex, nacional e internacional.
8. Servicio celular de telecomunicaciones móviles terrestres.
9. Servicio telefonía virtual.
10. Servicio de acceso a internet.
11. Servicio de provisión de aplicaciones en entorno internet.

La División Territorial tiene una alta responsabilidad en el desarrollo socio-económico de la provincia y en especial, en la informatización de la sociedad, garantizando una efectiva conectividad. En el gráfico de la figura 2.1 aparece el organigrama de la entidad.

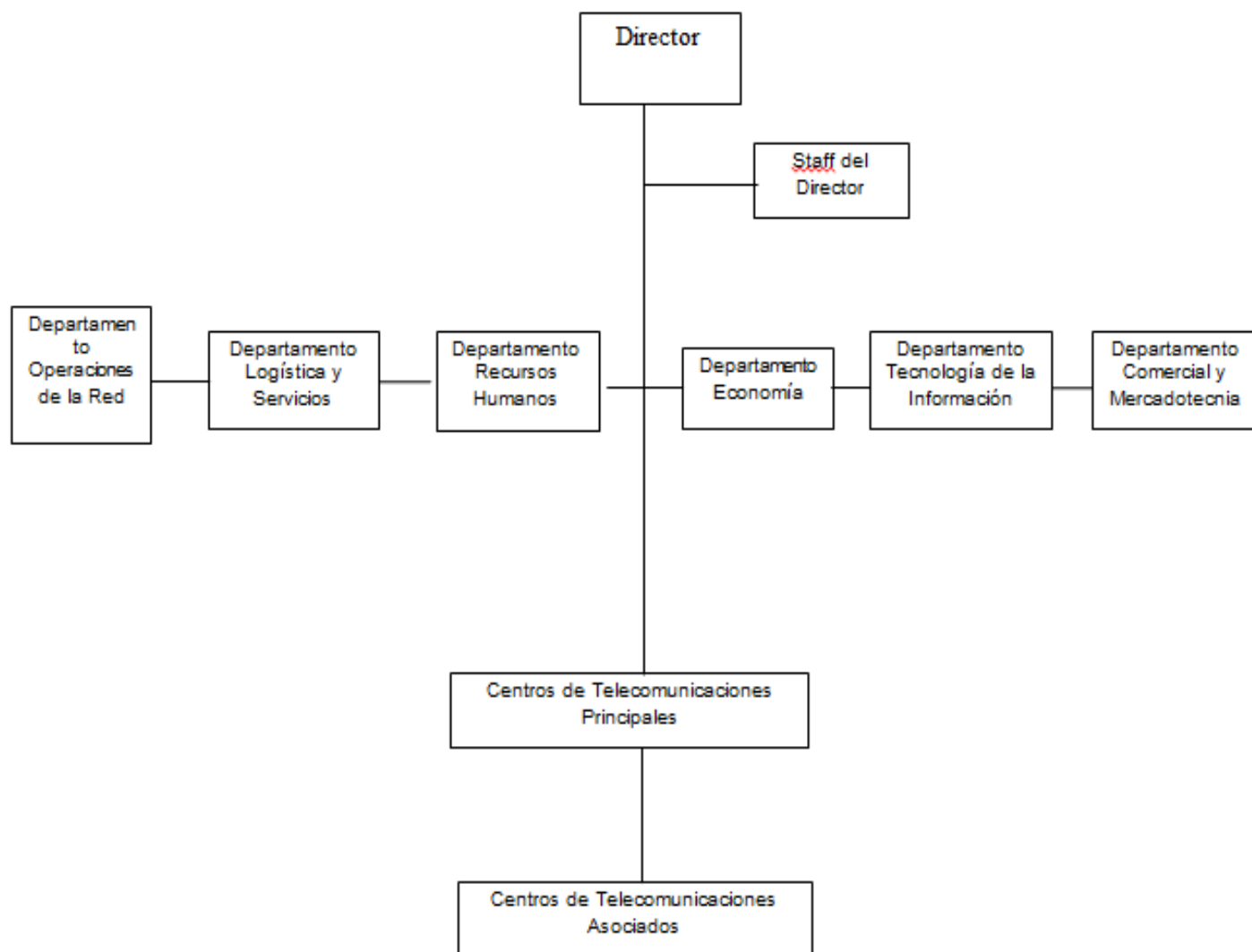


Figura 2.1 Organigrama de la División Territorial de ETECSA Cienfuegos

2.2 Impacto de los portadores energéticos en el presupuesto de ETECSA en la provincia de Cienfuegos.

Los portadores energéticos en el año 2018 representaron el 16.24 % de los gastos totales de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos, como se detalla en la tabla 2.1 que se muestra a continuación:

Tabla 2.1 Gastos de los portadores energéticos. Año 2018.

Año 2018. Gastos portadores Energéticos	
Portadores Energéticos	Gastos (\$)
Grasas y lubricantes	7528.32
Diesel	162721.28
Gasolina Regular	2845
Gasolina Especial	49587.36
Diesel Energético	8825.63
Electricidad	479254.95
Gas	102.36
Agua	9854.21
Total Portadores	720719.11
Gasto Total Gerencia	4437925.55
Por ciento Portadores	16.24 %

Con el objetivo de mostrar la influencia de cada portador energético con respecto al consumo, se realiza la estratificación de ellos aplicando los beneficios de los diagramas de Pareto al lograr identificar cual es el 20% de los portadores energéticos que producen el 80% del consumo total equivalente. Los resultados para el año 2018 se muestran en la figura 2.2

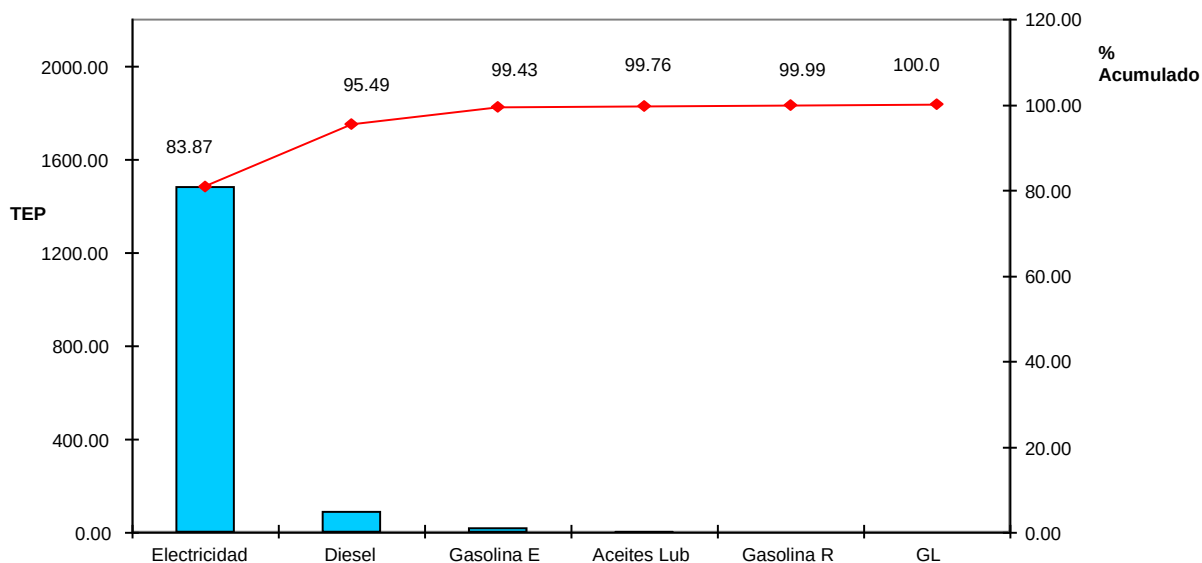


Figura 2.2 Estructura de consumo en toneladas de combustible convencional (TCC) de los portadores energéticos en el año 2018.

El mayor peso en el consumo de electricidad en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos lo constituyen los equipos de climatización, que en el 2018 representaron el 69% del consumo de energía eléctrica. Según se puede apreciar en la estratificación por tipo de equipos que se muestra en la figura 2.3

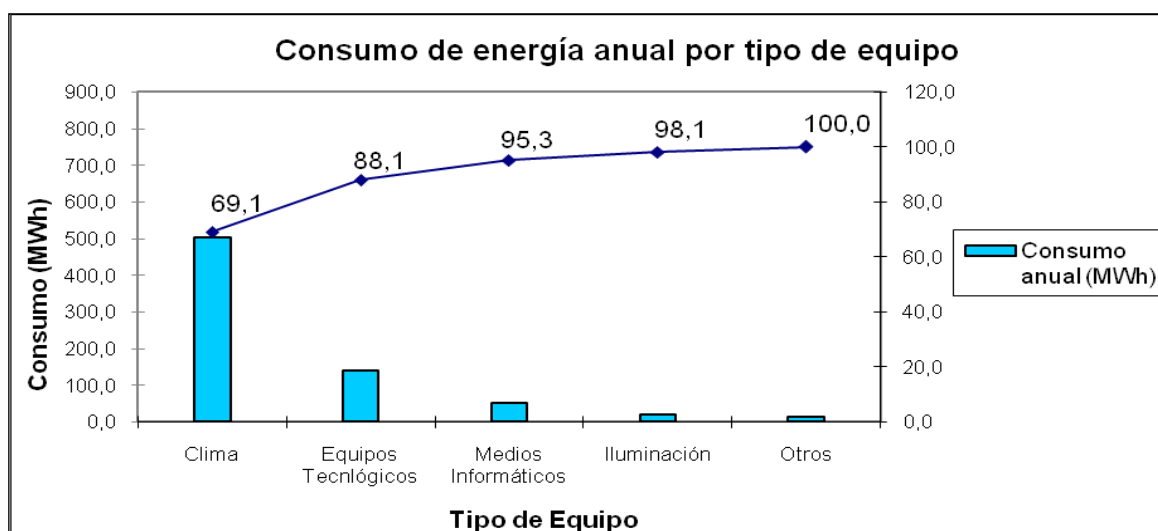


Figura 2.3 Estratificación de La División Territorial por tipo de equipos.

2.3 Estado del mantenimiento a los equipos de climatización.

Históricamente el mantenimiento a los equipos de climatización de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos ha sido errática.

En los inicios de la creación de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A (ETECSA), se previó una empresa enfocada en su actividad fundamental que es la de prestar los servicios públicos de telecomunicaciones, mediante la operación, instalación, explotación, comercialización y mantenimiento de redes públicas de telecomunicaciones. Los servicios suplementarios se contratarían a otras entidades. Los servicios concebidos a la contratación con terceros eran:

- Servicio de alimentación.
- Servicio de hospedaje.
- Servicio de mantenimiento y reparación a los medios de cómputo e impresoras y faxes.
- Servicio de mantenimiento y reparación al transporte.
- Servicio de mantenimiento y reparación a los sistemas de climatización.
- Servicio de arrendamiento de almacenes.
- Servicio de arrendamiento de transporte de cargas.

Teniendo en cuenta esto, la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A, solo dispuso de un mínimo de personal que servía de contrapartida, o se encargaban de reparaciones menores.

En el caso de los servicios de mantenimiento y reparaciones a los sistemas de climatización, se contrataron en un inicio a COPEXTEL y posteriormente a la empresa FRIOVENT, pero Ante la imposibilidad de ambas entidades de asumir eficientemente el volumen de trabajo y las continuas quejas de ETECSA por la mala calidad del servicio, se decidió por parte de la junta de accionistas de la empresa, asumir el mantenimiento y reparación de estos sistemas con medios propios. Acción esta que tampoco ha logrado solucionar el problema del mantenimiento efectivo a los sistemas de climatización.

2.4 Metodología de mantenimiento que se emplea en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.

El mantenimiento en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos normalmente se ha visto como una actividad, dentro de la Explotación Técnica, que se encarga de realizar las acciones encaminadas a mantener o restablecer el estado técnico de un artículo, o asegurar el funcionamiento adecuado de un servicio concreto.

En el caso del mantenimiento a los equipamientos de climatización, tiene un carácter pasivo, pues casi siempre es subsanando averías. Es ejecutado por el personal de la empresa cuando ocurre la avería, por lo que la misma no es programada.

El mantenimiento que se aplica a los equipamientos de climatización en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos se denomina Mantenimiento por Avería o Reparación, el cual tiene como principal desventaja que en numerosas ocasiones no existe en el almacén la pieza para sustituir la dañada, lo que incide en el tiempo de paralización del sistema. Igualmente al no existir mantenimiento planificado a los sistemas de climatización, estos operan lejos de las condiciones de rendimiento óptimo, incrementándose el consumo de energía eléctrica y por ende el gasto monetario que desembolsa la empresa.

2.5 Sistemas de climatización en la División de ETECSA de Cienfuegos. Estado técnico en que se encuentran.

Actualmente en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos existen 365 equipos de climatización de diversas marcas y fabricantes. De ellos 89 aires de ventana, 267 sistemas splits y 9 consolas.

En total existen 266 equipos en buen estado técnico, 91 en regular estado y 8 en mal estado técnico. Esto sumado a la casi inexistencia de un programa de mantenimiento efectivo a los sistemas de climatización, incide en la baja eficiencia en la operación de los mismos y en el incremento de los gastos de reparación y en la factura por consumo de energía eléctrica.

En las tablas a continuación se detalla el levantamiento para los aires de ventana, splits y consolas por capacidad de refrigeración.

Tabla 2.2 Levantamiento de los aires acondicionados de ventana en la División Territorial de ETECSA Cienfuegos. Año 2019.

Capacidad de refrigeración	Cantidad de equipos
0.5 Ton	12
0.75 Ton	25
1 Ton	34
1.08 Ton	4
1.5 Ton	11
2 Ton	3

Tabla 2.3 Levantamiento de los aires acondicionados tipo Consola en la División Territorial de ETECSA Cienfuegos. Año 2019.

Capacidad de refrigeración	Cantidad de equipos
5 Ton	6
10 Ton	1
15 Ton	2

Tabla 2.4 Levantamiento de los aires acondicionados Splits en la División Territorial de ETECSA Cienfuegos. Año 2019.

Capacidad de refrigeración	Cantidad de equipos
0.75 Ton	55
1 Ton	66
1.5 Ton	63
2 Ton	39
2.5 Ton	5
3 Ton	31
3.5 Ton	1
5 Ton	7

Un criterio significativo en el consumo de energía es el uso de los equipos de climatización de uso tecnológico, los que representan casi el 60 % de la energía que consumen la totalidad de los equipos de climatización instalados en el edificio de la Dirección Territorial. Figura 2.4

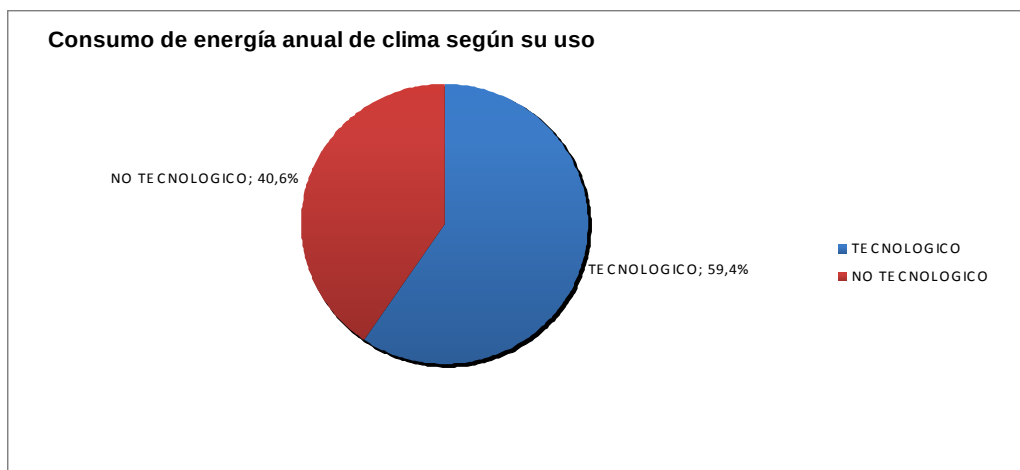
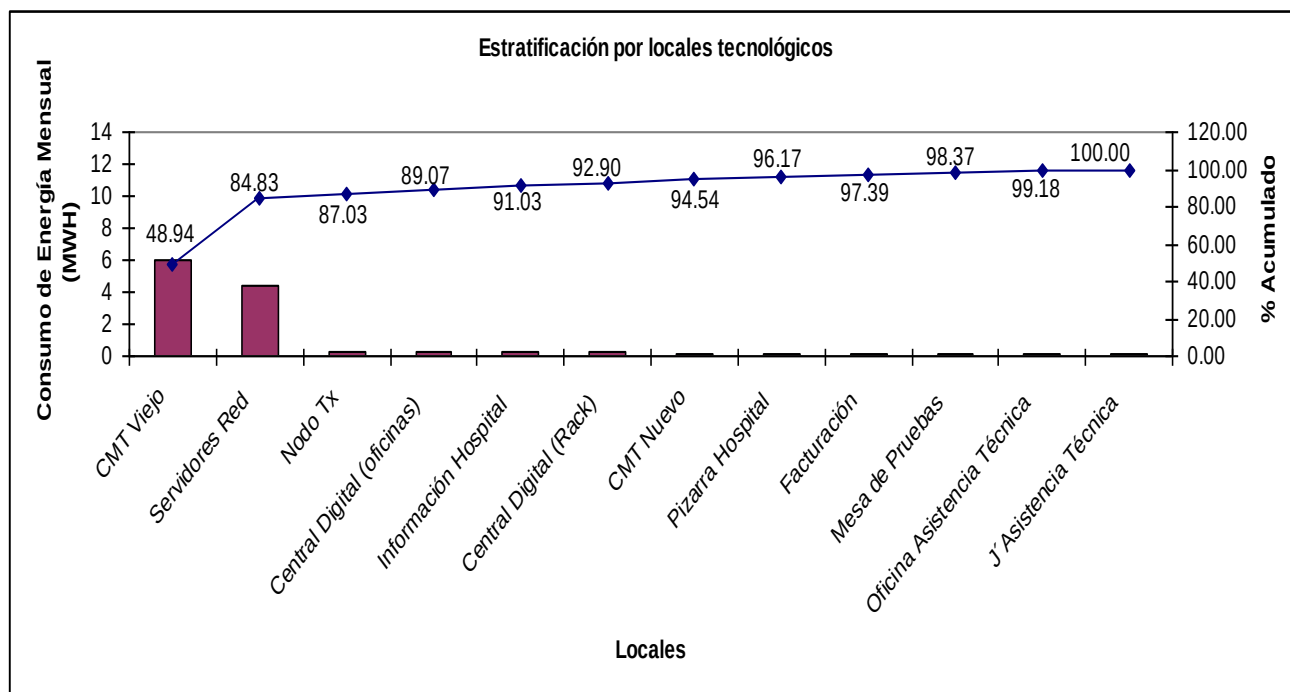


Figura 2.4. Consumo anual del clima según su uso

La influencia del equipamiento de climatización tecnológico del edificio de la Dirección Territorial nos indica la necesidad de estratificar esta área, para determinar los de mayor incidencia y aplicar en ellos el estudio de caso. Figura 2.6.

Figura 2.5. Estratificación del Clima Tecnológico en el Edificio de la Dirección Territorial.



Como se observa en el gráfico anterior se identifican dos locales climatizados que mayor incidencia presentan en el consumo de energía eléctrica, estos son:

- Centro de Mantenimiento de la Transmisión (CMT) Viejo
- Servidores de la Red

Estos dos locales serán los considerados casos de estudio para la aplicación de la metodología de gestión de mantenimiento que se propondrá.

2.6 Metodología de mantenimiento que se propone para los equipos de climatización de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.

Teniendo en cuenta que actualmente en la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos existen 365 equipos de climatización de diversa procedencia y marcas. De ellos 89 aires de ventana, 267 sistemas splits y 9 consolas, se propone una metodología de mantenimiento para cada tipo de sistema de climatización. Para ello se tuvo en cuenta el estado técnico de los mismos, así como las tendencias de mantenimiento a estos sistemas tanto en empresas del país como a nivel internacional, así como los requerimientos informativos y técnicos que necesita la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.

Tabla 2.6 Metodología de mantenimiento a los Aires Acondicionados de Ventana

ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		No. Orden de trabajo							
		Tipo de trabajo							
		EMISIÓN			EJECUCIÓN				
		D	M	A	D	M	A		
DIRECCIÓN TERRITORIAL:		CENTRO:						OBJETIVO:	
Aires Acondicionados de Ventana		Tipo:						Valores Nominales: Tlocal= _____ kW= _____ V= _____ Iant= _____ Itrab= _____	
		Modelo							
		Estado Técnico <u>B</u> <u>R</u> <u>M</u>							
Periodicidad y acciones a realizar							Ejecución de las tareas		Observaciones
T	A	Tareas a ejecutar					SI	NO	
☒		1. Lectura inicial de los parámetros eléctricos.							Vent= _____ V Ient= _____ A
☒		2. Limpieza del filtro de aire, careta, bandeja y serpentines.							
☒		3. Limpieza y ajuste de soportes, aspas, motor eléctrico, mueble y revisión de posibles salideros.							
☒		4. Verificar operación y regulación de las protecciones de línea y termostato.							
☒		5. Lectura final de parámetros eléctricos (compresor y ventilador).							Vcomp= _____ V Icomp= _____ A Vvent= _____ V Ivent= _____ A
☒		6. Medición de temperatura y velocidad da la salida del fan del evaporador.							Temp= _____ Veloc= _____
☒		7. Medición de la temperatura y humedad del local, ajuste de la temperatura si es necesario (24 +/- 2 oC)							Tlocal= _____ Humedad= _____
☒		8. Prueba, ajuste y limpieza del panel de rotación o panel eléctrico.							
☒		9. Revisión de hermeticidad del local.							
☒		10. Prueba de alarma local y remota.							
☒		11. Inspección, limpieza y ajuste de conexiones en los cuadros de distribución de DC y AC.							
	☒	12. Engrase del motor del ventilador o cambios de rodamientos de ser necesario.							
	☒	13. Pintura de bandeja y cubierta de ser necesario.							
Periodicidad		T: Trimestral A: Anual							
MATERIALES CONSUMIDOS EN EL MANTENIMIENTO									
CÓDIGO		DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO				UM	CANTIDAD		
Observaciones						ACTIVIDAD		TOTALES	
						PROGRAMADAS			
						EJECUTADAS			
Nombre del Operario		Firma		Nombre y Cargo del Responsable		Firma			
				Nombre y firma del 3° Taller					

Tabla 2.7 Metodología de mantenimiento a los Minisplit y Split.

ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	No. Orden de trabajo						
	Tipo de trabajo						
	EMISIÓN			EJECUCIÓN			
	D	M	A	D	M	A	
DIRECCIÓN TERRITORIAL:	CENTRO:						OBJETIVO:
Minisplit y Split	Tipo:			Valores Nominales: Ttotal= kW=			
	Modelo			V= Itrab=			
	Estado Técnico <u>B</u> <u>R</u> <u>M</u>						
Periodicidad y acciones a realizar						Ejecución de las tareas	Observaciones
T	A	Tareas a ejecutar				SI NO	
<u>X</u>		1. Lectura inicial de los parámetros eléctricos.					Vrs= Vst= Vtr= I1= I2= I3=
<u>X</u>		2. Limpieza del filtro de aire, drenaje, exterior de la unidad evaporadora y unidad condensadora.					
<u>X</u>		3. Engrase de bujes (unidad evaporadora)					
<u>X</u>		4. Engrase o cambio de bujes o rodamientos (unidad condensadora)					
<u>X</u>		5. Ajuste de partes mecánicas, soportes, ventiladores y mueble.					
<u>X</u>		6. Revisión y reparación de aislamiento térmico de tuberías.					
<u>X</u>		7. Lectura de presiones de alta, baja y solución de posibles salideros.					Palta= Pbaja=
<u>X</u>		8. Verificar operación y regulación de las protecciones de línea y del termostato.					
<u>X</u>		9. Lectura de los voltajes.					Vrs= Vst= Vtr=
<u>X</u>		10. Lectura del consumo eléctrico del compresor.					I1= I2= I3=
<u>X</u>		11. Lectura del consumo eléctrico del fan del condensador.					I1= I2=
<u>X</u>		12. Lectura del consumo eléctrico del fan del evaporador.					I1= I2=
<u>X</u>		13. Prueba, ajuste y limpieza del panel de rotación o panel eléctrico.					
<u>X</u>		14. Medición de la temperatura y humedad del local. Ajuste de la temperatura si es necesario (24+2 oC)					Ttotal= Humedad=
<u>X</u>		15. Prueba de alarma local y remota.					
<u>X</u>		16. Revisión de hermeticidad del local.					
<u>X</u>		17. Inspección, limpieza y ajuste de conexiones en los cuadros de distribución de DC y AC.					
	<u>X</u>	18. Desmonte y limpieza de unidad interior y bandeja de drenaje.					
	<u>X</u>	19. Engrase del motor del ventilador o cambio de rodamientos de ser necesario.					
	<u>X</u>	20. Pintura de la unidad condensadora					
Periodicidad <u>T</u> : Trimestral <u>A</u> : Anual							
MATERIALES CONSUMIDOS EN EL MANTENIMIENTO							
CÓDIGO		DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO				UM	CANTIDAD
Observaciones						ACTIVIDAD	TOTALES
						PROGRAMADAS	
						EJECUTADAS	
Nombre del Operario		Firma	Nombre y Cargo del Responsable			Firma	
		Nombre y firma del J' Taller					

Tabla 2.8 Metodología de mantenimiento a las Consolas.

ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	No. Orden de trabajo						
	Tipo de trabajo						
	EMISIÓN			EJECUCIÓN			
	D	M	A	D	M	A	
DIRECCIÓN TERRITORIAL:	CENTRO:						OBJETIVO:
Consolas	Tipo:			Valores Nominales: Ttotal= kW=			
	Modelo			V= Iam= ITrab=			
	Estado Técnico <u>B</u> <u>R</u> <u>M</u>						
Periodicidad y acciones a realizar						Ejecución de las tareas	Observaciones
T	A	Tareas a ejecutar				SI NO	
<u>X</u>		1. Lectura inicial de los parámetros eléctricos.					Vrs= Vst= Vtr=
<u>X</u>		2. Limpieza del filtro de aire, serpentines, drenaje, unidades interior y exterior.					I1= I2= I3=
<u>X</u>		3. Ajuste de partes mecánicas, soportes ventiladores y mueble.					
<u>X</u>		4. Revisión y ajuste de correa si procede.					
<u>X</u>		5. Revisión del aceite del compresor.					
<u>X</u>		6. Revisión del aislamiento térmico de tuberías.					
<u>X</u>		7. Revisión de los conductos y limpieza de rejillas.					
<u>X</u>		8. Verificar operación y regulación de las protecciones de línea, del termostato y <u>presostato</u> .					
<u>X</u>		9. Lectura de los voltajes.					Vrs= Vst= Vtr=
<u>X</u>		10. Lectura del consumo eléctrico del compresor.					I1= I2= I3=
<u>X</u>		11. Lectura del consumo eléctrico del <u>Iam</u> del condensador.					I1= I2=
<u>X</u>		12. Lectura del consumo eléctrico del <u>Iam</u> del evaporador.					I1= I2=
<u>X</u>		13. Prueba y ajuste del panel de rotación o panel eléctrico.					
<u>X</u>		14. Medición de la temperatura y humedad del local, ajuste la temperatura si es necesario (24±2 °C)					Ttotal= Humedad=
<u>X</u>		15. Prueba de alarma local y remota.					
<u>X</u>		16. Revisión de hermeticidad del local.					
<u>X</u>		17. Inspección, limpieza y ajuste de conexiones en los cuadros de distribución de <u>DC</u> y <u>AC</u> .					
	<u>X</u>	18. Engrase o cambio de bujes o rodamientos y pedestales (unidad evaporadora)					
	<u>X</u>	18. Engrase o cambio de bujes o rodamientos (unidad condensadora)					
	<u>X</u>	20. Pintura de la unidad condensadora.					
	<u>X</u>	21. Pintura de bandeja y cubierta de la unidad evaporadora de ser necesario.					
Periodicidad <u>T</u> : Trimestral <u>A</u> : Anual							
MATERIALES CONSUMIDOS EN EL MANTENIMIENTO							
CÓDIGO		DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO				UM	CANTIDAD
Observaciones						ACTIVIDAD PROGRAMADA	TOTALES
						EJECUTADAS	
Nombre del Operario		Firma	Nombre y Cargo del Responsable			Firma	
			Nombre y firma del J° Taller				

Conclusiones Parciales.

- Se caracterizó la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos, donde se evidenció que los consumos de energía eléctrica representan el mayor peso en la estructura de consumo de los portadores energéticos.
- Se estratificó los equipos consumidores de energía eléctrica, demostrándose que los sistemas de climatización son responsables del 69 % del consumo de energía entre todos los equipos eléctricos.
- Se propone una metodología de mantenimiento para los sistemas de climatización con los que cuenta la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.

Capítulo III: Implementación del Programa de Mantenimiento a los Sistemas de Climatización en la División Territorial de ETECSA Cienfuegos. Estudio de caso. Valoración de impactos.

Se realiza un estudio en la Dirección Territorial de ETECSA de Cienfuegos a partir de la estratificación de los sistemas de climatización y se aplica el programa de mantenimiento propuesto. Se valoran los impactos termodinámicos, energéticos y ambientales asociados a la aplicación del programa de mantenimiento.

3.1 Implementación del Programa de Mantenimiento a los Sistemas de Climatización en la División Territorial de ETECSA Cienfuegos.

A partir de la estratificación de los equipos de climatización tecnológicos, se determinó que los de mayor impacto en la estructura de consumo son:

- Centro de Mantenimiento de la Transmisión (CMT) Viejo
- Servidores de la Red

Estos dos locales serán los considerados casos de estudio para la aplicación de la metodología de gestión de mantenimiento que se propone.

En el CMT existen tres Split marca Carrier, de 5 toneladas de capacidad y compresor trifásico de 21 A y 208/230 V cada uno según datos de chapa. El sistema de trabajo es paralelo, o sea dos trabajando y uno de reserva, con control automático de la conmutación.

Por su parte en el local de los servidores están instalados dos Split marca Carrier, de 1.5 toneladas de capacidad y compresor monofásico de 13 A y 208/230 V cada uno, según datos de chapa. Trabajan dos en el local del equipamiento bajo el sistema uno en funcionamiento y otro en reserva y uno en el local de los administradores de la red.

3.1.1 Protocolo de mediciones.

Para el presente trabajo se planifican mediciones de consumo de energía y temperatura interior y exterior de los locales con un analizador de redes y un termohigrómetro portátil respectivamente, ambos de la marca CHAUVIN ARNOUX.

Igualmente se medirán las presiones de alta y baja de los sistemas de refrigeración objetos de estudio. Para ello se utilizaron manómetros para refrigeración de la marca ARTICA certificados por la Oficina Territorial de Normalización

Las características de los instrumentos utilizados para las mediciones se reflejan a continuación:

TERMOHIGRÓMETRO PORTÁTIL

Marca: CHAUVIN ARNOUX

Captador: De temperatura: Pt 1000 Ω

De Humedad Relativa: Capacitiva

Rango de medida: Temperatura de – 20 °c a 60 °c

Humedad Relativa de 0% a 100 % HR

Precisión: $\pm$ 0.5 °c de 0°c a 60 °c

$\pm$ 1 °c de -20°c a 0 °c

$\pm$ 2.5 % HR de 10% a 90% HR

$\pm$ 5 % HR de menor que 10% y mayor que 90% HR

Compatibilidad electromagnética: Emisión según EN 50081 – 1 Ed. 1992

Inmunidad según EN 50081-1 Ed. 1992

ANALIZADOR DE REDES ELÉCTRICAS

Marca: CHAUVIN ARNOUX

Modelo: C.A 8334 B

Tensión F – N: 600 Vrms

Precisión: $\pm 0.5\%$ L +2 cuentas

Intensidad: 3 canales de entrada hasta 6500 A AC o AC + DC

Frecuencia de muestreo: 12.8 kHz

Frecuencia: 45 – 65 Hz

Medidas de potencia: A, Min, Máx. W, VAR, VA, FP, $\cos \varphi$, frecuencia, total y por fase.

Energía: Aportada y consumida: activa, reactiva, capacitiva e inductiva.

Armónicos: Hasta orden 50 en U, I y VA, sentido de los armónicos.

Perturbaciones: Disparo sobre umbrales, informes EN50160

Flicker: Pst

Desequilibrio: Desfase, desequilibrio global.

Transitorios: Captura durante varios días.

Memoria: 4MB

MANÓMETROS.

Marca: ARTICA

Rango de medición: 0 a 35 kg/cm²

Resolución: 0.2 kg/cm²

Selección de diferentes unidades: PSI, Kg/cm²

Incl. Certificado de calibración ISO

3.2 Metodología utilizada para la toma de mediciones en los locales de estudio.

Se realizaron las mediciones de consumo, presiones de alta y baja, temperatura interior y exterior durante 15 días en los sistemas de climatización objeto de estudio sin haber recibido mantenimiento alguno. Las mismas fueron tomadas en tres horarios distintos del día, 8:00 AM, 12:00 PM y 5:00 PM.

Luego se le aplicó el mantenimiento según la metodología propuesta y se procedió a medir nuevamente los mismos parámetros en días con características de temperatura exterior y

humedad relativa similares en aras de poder comparar los consumos registrados en ambas etapas y así evaluar la efectividad del mantenimiento a los sistemas de climatización objetos de estudio.

3.3 Resultados de las mediciones antes y después de aplicar el protocolo de mantenimiento.

Los locales de estudio a cuyos sistemas de climatización se aplicó el estudio son: el CMT y el local de servidores.

En el CMT se realizaron las mediciones a dos Splits, teniendo en cuenta que a pesar de que hay tres equipos instalados, solo trabajan dos pues el otro es de reserva. Ambos equipos de climatización son de la marca Carrier, de 5 toneladas de capacidad de refrigeración y compresor trifásico de 21 A y 208/230 V cada uno según datos de chapa.

En el local de los servidores se realizaron las mediciones a un Split marca Carrier, de 1.5 toneladas de capacidad y compresor monofásico de 13 A y 208/230 V, según datos de chapa. Al igual que en el CMT existen dos equipos que trabajan bajo el régimen de uno en funcionamiento y otro de reserva.

Los resultados de las mediciones se pueden ver en los Anexos. A continuación, en las tablas 3.1 y 3.2 se muestran los valores promedios de las mismas, para las dos condiciones, o sea antes y después de aplicado el protocolo de mantenimiento propuesto.

Tabla 3.1. Resultados de las mediciones en los locales de estudio antes de aplicar el protocolo de mantenimiento.

Local	No. Split	Temp interior (°c)	Temp exterior (°c)	Consumo (A)	Voltaje (V)	Presión baja (kg/cm ²)	Presión alta (kg/cm ²)
CMT	Consola 1	24.6	29.3	15.2	210.8	4.65	19.1
	Consola 2	24.6	29.3	16.4	210.8	4.73	19.26
Servidores	Consola 1	24.3	29.3	9.0	211.4	4.41	19.32

Tabla 3.2. Resultados de las mediciones en los locales de estudio después de aplicar el protocolo de mantenimiento.

Local	No. Split	Temp interior (°c)	Temp exterior (°c)	Consumo (A)	Voltaje (V)	Presión baja (kg/cm ²)	Presión alta (kg/cm ²)
CMT	Consola 1	24.5	30	12.9	212	5.07	18.54
	Consola 2	24.5	30	14.4	212	5.05	18.5
Servidores	Consola 1	24.4	30	7.4	212.4	5.13	18.67

Como se aprecia al analizar ambas tablas, el efecto del mantenimiento en los equipos de climatización se traduce en una disminución del consumo eléctrico, como consecuencia de un incremento de la presión de baja y disminución de la presión de alta. Esto está dado a que mejora el coeficiente de conductividad térmica en los serpentines de las unidades evaporadoras y condensadoras, una vez que le fueron removidas las incrustaciones de polvo, suciedades y partículas en sentido general.

3.4 Evaluación de los parámetros termodinámicos, eléctricos y el impacto ambiental asociado.

Partiendo del resultado experimental, de las mediciones obtenidas en las tablas 3.1 y 3.2, se procede a evaluar los parámetros termodinámicos, eléctricos y el impacto ambiental asociado con el fin de determinar las mejoras que ofrece el mantenimiento a los sistemas de climatización.

3.4.1 Evaluación de los parámetros termodinámicos en el funcionamiento del ciclo.

Se analiza el funcionamiento del ciclo de refrigeración en las condiciones antes y después del mantenimiento para cada Split objeto de estudio, a partir del diagrama presión vs entalpía del Freón 22 y se determina la variación del trabajo de compresión.

Con los valores de presiones de alta y baja se traza el ciclo estándar en el diagrama P-h y se obtienen los valores de entalpía al inicio y final del proceso de compresión.

La fórmula del trabajo de compresión se determina por la diferencia de entalpía del refrigerante a la salida (h_2) y la entrada del compresor (h_1)

En la tabla 3.3 y 3.4 se aprecian los valores de entalpía antes y después del mantenimiento respectivamente.

Tabla 3.3. Valores de la entalpía del refrigerante antes del mantenimiento.

Local	No. Split	Antes del mantenimiento			
		Presión baja (kg/cm ²)	Presión alta (kg/cm ²)	Entalpía h_1 (kcal/Kg)	Entalpía h_2 (kcal/Kg)
CMT	Consola 1	4.65	19.1	59.9	69
	Consola 2	4.73	19.26	60	69.2
Servidores	Consola 1	4.41	19.32	59	69.5

Tabla 3.4. Valores de la entalpía del refrigerante después del mantenimiento.

Local	No. Split	Después del mantenimiento			
		Presión baja (kg/cm ²)	Presión alta (kg/cm ²)	Entalpía h_1 (kcal/Kg)	Entalpía h_2 (kcal/Kg)
CMT	Consola 1	5.07	18.54	61.2	67.3
	Consola 2	5.05	18.5	61	67.28
Servidores	Consola 1	5.43	18.67	61.3	67.5

Cálculo del trabajo de compresión antes y después del mantenimiento.

El trabajo de compresión se determina para las dos condiciones del estudio, a partir de la fórmula:

$$W_c = h_2 - h_1$$

La diferencia entre el trabajo de compresión antes del mantenimiento y su valor después de aplicado el protocolo de mantenimiento, constituye el ahorro de energía que ocurre en el proceso de compresión, como resultado del mantenimiento a los sistemas de climatización objetos de estudio.

En la tabla 3.5 se reflejan los resultados del trabajo de compresión y el ahorro obtenido a partir del mantenimiento.

Tabla 3.5. Valores del trabajo de compresión y el ahorro obtenido luego de la aplicación del protocolo de mantenimiento.

Local	No. Split	W _c antes del Mtto (Kcal/Kg)	W _c después del Mtto (Kcal/Kg)	Ahorro (Kcal/Kg)	Ahorro (%)
CMT	Consola 1	9.1	6.1	3.0	32.97
	Consola 2	9.2	6.28	2.92	31.74
Servidores	Consola 1	10.5	6.2	4.3	40.95
Total		28.8	18.58	10.22	35.49

Resulta evidente el favorable impacto del mantenimiento en la disminución del trabajo de compresión, donde en los tres splits estudiados ascendió a 10.22 kcal/Kg, o sea el trabajo de compresión disminuyó en un 35.5 % luego de aplicado el mantenimiento.

3.4.2 Evaluación del consumo eléctrico.

Potencia del compresor en uso.

En todos los casos se calcula la potencia eléctrica consumida por los compresores antes y después de aplicado el mantenimiento, según los parámetros de corriente y voltajes medidos.

En el caso de los splits del CMT, al ser trifásico, la potencia se calcula por la fórmula

$$P = \sqrt{3} \times V \times A \times \cos \phi.$$

Donde:

P = Potencia del compresor.

V = Voltaje (V)

A = Amperaje (A)

Cos ϕ = Factor de potencia 0.9

Para el servidor el Split es monofásico y se calcula:

$$P = V \times A \times \cos \phi$$

La diferencia de potencia consumida antes y después del mantenimiento se determina por la ecuación:

$$\Delta P = P_{\text{antes del mtto}} - P_{\text{después del mtto}}$$

La tabla 3.6 es el resumen del cálculo de la potencia para cada Split en cada caso, así como el ahorro en potencia consumida luego del mantenimiento.

Tabla 3.6. Valores de la potencia consumida y el ahorro obtenido luego de la aplicación del protocolo de mantenimiento.

Local	No. Split	Potencia antes del Mtto (KW)	Potencia después del Mtto (KW)	Ahorro (KW)	Ahorro (%)
CMT	Consola 1	4.99	4.26	0.73	14.63
	Consola 2	5.38	4.75	0.63	11.71

Servidores	Consola 1	1.78	1.46	0.32	17.98
Total		12.15	10.47	1.68	13.83

Se demuestra que el mantenimiento efectivo a los tres equipos de climatización reducen la potencia en 1.68 KW, o dicho de otro modo en un 13.83 %.

3.4.3 Cálculo de la energía que se ahorra al año la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos.

Para calcular la energía que se ahorra al año la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos, por concepto de mantenimiento a estos sistemas, se considera que los mismos trabajan las 24 horas del día, durante los 365 días del año, por lo que la expresión para determinar este ahorro sería:

$$E_a = \Delta P \times 24 \frac{h}{día} \times 365 \frac{días}{año}$$

$$E_a = 14716.8 \text{ kWh/año}$$

3.4.4 Ahorro monetario debido a la potencia dejada de consumir luego de la implementación del mantenimiento.

Para la determinación del potencial de ahorro económico se tuvo en cuenta el precio promedio que se le facturó a la División Territorial durante el 2018 y cuyo valor fue de 0.22 USD/KWh.

Determinando el potencial de ahorro económico tenemos:

$$P_a = E_a \times P$$

donde P: es el precio del KWh

$$P_a = 14716.8 \times 0.22$$

$$P_a = 3237.7 \text{ USD/año}$$

Sólo en estos tres sistemas de climatización, la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos se ahorra más de 3000 USD al año en la facturación eléctrica por concepto de mantenimiento.

De extenderse al resto de los equipos de climatización con que cuenta la empresa en el territorio, el ahorro fuera considerable.

3.4.5 Evaluación del impacto ambiental asociado por la reducción del consumo eléctrico.

El efecto de contaminación indirecta derivado de la quema de combustibles fósiles queda expresado de la manera siguiente.

$$RI = E_a \cdot e_{CO_2}, \frac{kgCO_2}{año}$$

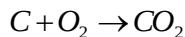
Donde:

RI = Reducción del impacto ambiental asociado; $\frac{kgCO_2}{año}$

Ea = Energía ahorrada; $\frac{kWh}{año}$

e_{CO_2} = índice de emisiones; $\frac{kgCO_2}{kWh}$

Cálculo de la cantidad de $kgCO_2$ que se desprende durante el proceso de combustión.



De acuerdo al contenido de carbono que posee el petróleo crudo cubano: $0,81 \frac{kgC}{kgPetróleo}$, utilizado en las termoeléctricas de Cuba, se determinan los kilogramos de CO_2 que genera la quema de petróleo para producir un kilowatt - hora

$$3,67 \frac{kgCO_2}{kgC} \times 0,81 \frac{kgC}{kgPetróleo} = 2,97 \frac{kgCO_2}{kgPetróleo}$$

$$2,97 \frac{kgCO_2}{kgPetróleo} \times 0,310 \frac{kgPetróleo}{kWh} = 0,921 \frac{kgCO_2}{kWh}$$

$e_{CO_2} = 0,921 \frac{kgCO_2}{kWh}$, según tipo de combustible quemado en las termoeléctricas de Cuba

$$RI = 14716.8 \frac{kWh}{año} \times 0,921 \frac{kgCO_2}{kWh} = 13554.17 \text{ kgCO}_2 /año$$

En solo estos tres sistemas de climatización, la aplicación del mantenimiento arrojó como resultado que se dejan de emitir a la atmósfera más de 13 toneladas de CO₂ al año, por la quema del petróleo en las termoeléctricas.

Conclusiones parciales.

1. Se realizaron las mediciones a los tres sistemas de climatización objeto de estudio, en los momentos antes y después de aplicar el protocolo de mantenimiento, donde se demostró la mejora de los parámetros de funcionamiento de los mismos luego de aplicado el mantenimiento.
2. La aplicación del protocolo de mantenimiento logró disminuir el trabajo del compresor en 10.22 Kcal/Kg, la potencia eléctrica en 1.68 Kw. Igualmente se dejan de consumir 18404.4 kWh/año, ahorrándose la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos un total de 3256.97 USD al año, valor que se incrementaría considerablemente de extenderse el mantenimiento al resto de los sistemas de climatización.
3. Solo por concepto de mantenimiento a los tres sistemas de climatización, se dejan de emitir a la atmósfera más de 13.6 toneladas de CO₂ como consecuencia del combustible fósil que se quema en las termoeléctricas.

Conclusiones generales.

1. Se estableció un programa de mantenimiento a los equipos de climatización de la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos, que permite la reducción del consumo eléctrico a partir del mejoramiento de los parámetros termodinámicos.
2. La aplicación del protocolo de mantenimiento logró disminuir el trabajo del compresor en 10.22 Kcal/Kg, la potencia eléctrica en 1.68 Kw. Igualmente se dejan de consumir 18404.4 kWh/año, ahorrándose la División Territorial de ETECSA en Cienfuegos un total de 3256.97 USD al año, valor que se incrementaría considerablemente de extenderse el mantenimiento al resto de los sistemas de climatización.
3. Solo por concepto de mantenimiento a los tres sistemas de climatización, se dejan de emitir a la atmósfera más de 13.6 toneladas de CO₂ como consecuencia del combustible fósil que se quema en las termoeléctricas.

Recomendaciones.

1. Hacer extensivo el protocolo de mantenimiento al resto de los sistemas de climatización de la División Territorial de Cienfuegos.
2. Evaluar el impacto del mantenimiento en todos los sistemas de climatización, en aras de determinar el ahorro efectivo a la empresa.

Bibliografía

- Actualidad energética en Cuba. (2015). *El gobierno cubano continúa con la aplicación de medidas encaminadas a disminuir los consumos de energía eléctrica*. [en línea]. Disponible en: www.cubanenergía.cu. [Consulta 8 abril 2019].
- Aliaga, J y A, Mercado. (2019). *Agenda energética mundial e implicaciones en el proceso de integración en América del Sur*. [en línea] . Disponible en: http://www.icsu.org/icsu-latin-america/.../reports.../energy_spanish.
- Borroto, A. *Gestión y Economía Energética*. Universidad de Cienfuegos.
- CEPAL. *Estudio Económico de América Latina y el Caribe”. Petróleo y gas en América Latina un análisis político de relaciones internacionales a partir de la política venezolana (DT) 2005-2006*. [en línea]. Disponible en: www.eclac.org. [Consulta 20 abril 2018].
- Cereijo, M. (2012). *CUBA: Crisis de energía eléctrica*. *Revista Electrónica GUARACABUYA*.
- Consumer es eroski. *¿Hacia una crisis energética?* (2006). [en línea]. Disponible en: www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2005/05/16/142009.php - 49k. [Consulta 20 abril 2012].
- EIA. (2005). *System for the Analysis of Global Energy Markets*.
- El cenit de la producción mundial de petróleo. (2012). *Revista Nature* [en línea]. Disponible en: <http://francisthemulenews.wordpress.com> [Consulta 20 abril 2012]
- Energy saving in buildings. (2015). [en línea]. Disponible en: <http://me.hku.hk/msc-courses/MEBS6016/GIL050.pdf>. [Consulta 20 marzo 2019]
- Fernández J.F. (2011). *Determinación de índices de consumo en La Dirección Territorial de ETECSA en Cienfuegos*. Tesis de maestría. Universidad de Cienfuegos.
- Fernández, A.C. (2009). *Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en La Dirección Territorial de ETECSA*. Tesis de maestría. Universidad de Cienfuegos.
- García, A. (2000). *Diagnóstico de la economía energética nacional y la estrategia desde la óptica del uso racional de la energía*. Cuba: INIE.
- Gestión Energética, Energías Renovables. (2006). [en línea]. Disponible en: www.mundoenergia.com/content/blogcategory/24k. [Consulta 4 Octubre de 2018].
- González, J. (2001). Desarrollo del sector energético en Cuba. *Revista Energética OLADE*, 3,7-18.

González, R. (2008). La Revolución energética en Cuba. Resultados y Perspectivas. *Conferencia I Seminario de Eficiencia Energética*. Caracas.

Habrá un antes y un después de la Revolución Energética de Cuba. Política y panorama energético. [en línea]. Disponible en: www.embacubalebanon.com/energia016s.html. [Consulta 20 abril 2012].

[http:// www.nodo50.org/cubasigloXXI/economía/rodriguez1_310102.htm- 61k_ 2002](http://www.nodo50.org/cubasigloXXI/economía/rodriguez1_310102.htm-61k_2002). [Consulta 20 abril 2012].

Huizenga Ch; Bauman, F y E Arens. (1994). *Energy and Environment Division*. California: Center for Environmental Design Research.

Ministerio de la Industria Básica. (2008). *La Revolución energética Resultados y Perspectivas*. Cuba.

Anexos

Mediciones realizadas al Servidor antes de aplicar el protocolo de mantenimiento										
Consola 1										
Marca: Carrier										
Capacidad: 1.5 Ton										
Día	Temperatura interior	Temperatura exterior	Consumo de corriente (A)		Consumo promedio (A)	Voltaje (V)		Voltaje promedio (V)	Presión de baja (PSI)	Presión de alta (PSI)
			Fase 1	Fase 2		Fase 1	Fase 2			
1	24,1	27,3	8,6	8,7	8,65	212,00	210,00	211,00	60,00	270
	24,1	29,3	8,7	8,8	8,75	213,00	211,00	212,00	65,00	280
	24,2	30,2	8,6	8,7	8,65	213,00	210,00	211,50	65,00	280
2	24,3	28,2	8,7	8,9	8,8	212,00	210,00	211,00	65,00	280
	24,1	30,2	8,9	8,9	8,9	213,00	211,00	212,00	60,00	270
	24,1	30,8	8,7	8,9	8,8	213,00	210,00	211,50	65,00	280
3	24,2	26,2	8,9	9,2	9,05	213,00	210,00	211,50	65,00	280
	24,1	29,3	9,1	9,5	9,3	213,00	211,00	212,00	65,00	280
	24,3	30,2	9,1	9,3	9,2	212,00	211,00	211,50	65,00	280
4	24,2	27,4	8,7	9,5	9,1	212,00	211,00	211,50	65,00	280
	24,1	29,8	8,6	8,9	8,75	213,00	211,00	212,00	65,00	280
	24,6	31,1	8,7	9,2	8,95	212,00	211,00	211,50	60,00	270
5	24,5	28,3	9,1	9,1	9,1	212,00	211,00	211,50	60,00	270
	24,3	29,8	9,1	9,2	9,15	213,00	211,00	212,00	60,00	270
	24,8	31,3	8,1	9,1	8,6	212,00	211,00	211,50	65,00	280
6	24,5	27,3	8,6	9,1	8,85	213,00	210,00	211,50	65,00	280
	24,5	29,9	8,7	9,2	8,95	213,00	210,00	211,50	65,00	280
	24,3	31,2	8,5	9,2	8,85	212,00	210,00	211,00	60,00	270
7	24,6	26,8	8,3	9,1	8,7	213,00	210,00	211,50	60,00	270
	24,8	29,3	8,4	9,1	8,75	212,00	211,00	211,50	65,00	280
	24,1	30,6	8,6	9,2	8,9	213,00	211,00	212,00	65,00	280
8	24,6	26,4	8,7	9,1	8,9	212,00	211,00	211,50	65,00	280
	24,8	28,3	8,8	8,9	8,85	213,00	210,00	211,50	60,00	270
	24,3	31,2	9,1	9,1	9,1	213,00	210,00	211,50	60,00	270
9	24,7	26,2	9,1	8,9	9	213,00	210,00	211,50	60,00	270
	24,1	29,6	9,2	9,2	9,2	212,00	210,00	211,00	65,00	280
	24,2	32,3	9,3	9,1	9,2	213,00	210,00	211,50	65,00	280
10	24,2	26,7	9,1	9,2	9,15	213,00	210,00	211,50	65,00	280
	25,1	28,6	8,9	9,3	9,1	213,00	211,00	212,00	65,00	280
	24,5	32,4	8,7	9,1	8,9	212,00	210,00	211,00	60,00	270
11	25,1	25,8	8,9	8,9	8,9	213,00	210,00	211,50	60,00	270
	24,1	29,3	8,8	8,9	8,85	213,00	210,00	211,50	60,00	270
	24,3	33,3	8,7	9,1	8,9	213,00	211,00	212,00	65,00	280
12	24,3	26,3	8,9	9,3	9,1	212,00	211,00	211,50	65,00	280
	24,3	27,6	8,8	9,4	9,1	212,00	211,00	211,50	65,00	280
	24,2	32,9	8,7	9,2	8,95	212,00	211,00	211,50	60,00	270
13	24,1	26,6	8,6	9,3	8,95	212,00	211,00	211,50	65,00	280
	24,1	29,5	8,5	8,9	8,7	212,00	211,00	211,50	65,00	280
	24,3	31,8	8,7	9,2	8,95	212,00	210,00	211,00	65,00	280
14	24,1	27,2	8,6	9,1	8,85	212,00	210,00	211,00	65,00	280
	24,2	29,6	8,9	9,3	9,1	212,00	210,00	211,00	60,00	270
	24,2	34,1	9,2	9,2	9,2	213,00	210,00	211,50	60,00	270
15	24,2	26,2	9,1	9,2	9,15	213,00	210,00	211,50	60,00	270
	24,3	29,5	9,2	9,3	9,25	213,00	210,00	211,50	60,00	270
	24,1	32,5	9,3	9,4	9,35	213,00	210,00	211,50	65,00	280
Promedio	24,3	29,3	8,8	9,1	9,0	212,6	210,4	211,5	63,0	276
					Kg/cm2				4,41	19,32

Mediciones realizadas al Servidor después de aplicar el protocolo de mantenimiento										
Consola 1 										
Marca: Carrier										
Capacidad: 1.5 Ton										
Día	Temperatura interior	Temperatura exterior	Consumo de corriente (A)		Consumo promedio (A)	Voltaje (V)		Voltaje promedio (V)	Presión de baja (PSI)	Presión de alta (PSI)
			Fase 1	Fase 2		Fase 1	Fase 2			
1	24,2	27,4	7,5	7,8	7,65	212,00	209,00	210,50	70,00	260
	24,1	30,1	7,8	7,1	7,45	211,00	210,00	210,50	75,00	270
	24,1	30,2	7,5	7,5	7,5	212,00	208,00	210,00	70,00	260
2	24,2	29,4	7,7	7,1	7,4	214,00	209,00	211,50	75,00	270
	24,2	30,9	7,6	7,3	7,45	212,00	209,00	210,50	75,00	270
	24,2	30,7	7,7	7,1	7,4	214,00	209,00	211,50	75,00	270
3	24,1	28,5	7,8	7,3	7,55	213,00	210,00	211,50	75,00	270
	24,2	30,1	7,5	7,2	7,35	215,00	210,00	212,50	75,00	270
	24,1	31,3	7,5	7,1	7,3	215,00	210,00	212,50	75,00	270
4	24,3	28,3	7,5	7,1	7,3	212,00	211,00	211,50	70,00	260
	24,2	30,1	7,6	7,1	7,35	214,00	210,00	212,00	70,00	260
	24,2	30,4	7,5	7,1	7,3	215,00	211,00	213,00	75,00	270
5	24,2	29,4	7,6	7,1	7,35	214,00	210,00	212,00	75,00	270
	24,1	30,2	7,8	7,2	7,5	213,00	211,00	212,00	70,00	260
	24,1	31,4	7,4	7,1	7,25	214,00	213,00	213,50	70,00	260
6	24,2	28,7	7,8	7,3	7,55	215,00	211,00	213,00	75,00	270
	24,2	30,1	7,6	7,2	7,4	215,00	211,00	213,00	75,00	270
	24,1	31,4	7,5	7,1	7,3	213,00	210,00	211,50	75,00	270
7	24,1	27,6	7,8	7,3	7,55	216,00	209,00	212,50	75,00	270
	24,2	30,1	7,5	7,1	7,3	214,00	210,00	212,00	70,00	260
	24,1	30,9	7,8	7,2	7,5	215,00	210,00	212,50	75,00	270
8	24,2	27,5	7,6	7,1	7,35	214,00	210,00	212,00	75,00	270
	24,3	29,8	7,4	7,1	7,25	216,00	211,00	213,50	75,00	270
	24,5	31,5	7,6	7,1	7,35	215,00	210,00	212,50	75,00	270
9	24,6	27,6	7,4	7,1	7,25	213,00	211,00	212,00	75,00	270
	24,6	30,4	7,5	7,2	7,35	215,00	210,00	212,50	70,00	260
	24,4	31,8	7,7	7,1	7,4	216,00	211,00	213,50	70,00	260
10	24,5	27,5	7,7	7,2	7,45	215,00	212,00	213,50	75,00	270
	24,6	29,7	7,8	7,1	7,45	214,00	210,00	212,00	75,00	270
	24,5	31,8	7,8	7,1	7,45	213,00	210,00	211,50	75,00	270
11	24,8	28,9	7,4	7,2	7,3	214,00	210,00	212,00	75,00	270
	24,6	30,1	7,6	7,3	7,45	213,00	210,00	211,50	75,00	270
	24,7	32,5	7,6	7,2	7,4	215,00	210,00	212,50	75,00	270
12	24,6	27,6	7,6	7,1	7,35	214,00	210,00	212,00	70,00	260
	24,5	28,6	7,7	7,1	7,4	214,00	212,00	213,00	70,00	260
	24,4	33,8	7,8	7,2	7,5	213,00	215,00	214,00	70,00	260
13	24,5	27,5	7,8	7,1	7,45	214,00	214,00	214,00	75,00	270
	24,6	30,5	7,8	7,1	7,45	215,00	214,00	214,50	75,00	270
	24,7	32,5	7,8	7,2	7,5	213,00	212,00	212,50	75,00	270
14	24,6	28,9	7,7	7,1	7,4	215,00	212,00	213,50	70,00	260
	24,6	30,4	7,7	7,2	7,45	214,00	214,00	214,00	70,00	260
	24,5	33,2	7,6	7,3	7,45	213,00	214,00	213,50	75,00	270
15	24,4	27,6	7,6	7,1	7,35	213,00	212,00	212,50	75,00	270
	24,3	30,4	7,8	7,1	7,45	213,00	213,00	213,00	75,00	270
	24,5	32,4	7,8	7,2	7,5	213,00	213,00	213,00	70,00	260
Promedio	24,4	30,0	7,6	7,2	7,4	213,9	210,9	212,4	73,3	267
					Kg/cm2				5,13	18,67

Mediciones realizadas al CMT antes de aplicar el protocolo de mantenimiento												
Consola 1												
Marca: Carrier												
Capacidad: 5 Ton												
			Consumo de corriente (A)				Voltaje (V)					
Día	Temperatura interior	Temperatura exterior	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Consumo promedio (A)	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Voltaje promedio (V)	Presión de baja (PSI)	Presión de alta (PSI)
1	24,1	27,3	12,7	15,4	17,7	15,27	212,00	210,00	209,00	210,33	65,00	270
	24,8	29,3	12,5	15,2	17,5	15,07	213,00	211,00	209,00	211,00	70,00	280
	24,6	30,2	12,6	15,3	17,3	15,07	213,00	210,00	210,00	211,00	70,00	280
2	24,9	28,2	12,4	15,3	17,4	15,03	212,00	210,00	209,00	210,33	65,00	270
	25	30,2	12,7	15,5	17,5	15,23	213,00	211,00	209,00	211,00	65,00	270
	24,3	30,8	12,5	15,4	17,4	15,10	213,00	210,00	210,00	211,00	70,00	280
3	24,3	26,2	12,3	15,5	17,6	15,13	213,00	210,00	209,00	210,67	70,00	280
	24,8	29,3	12,4	15,3	17,8	15,17	213,00	211,00	209,00	211,00	70,00	280
	24,6	30,2	12,7	15,4	17,6	15,23	212,00	211,00	209,00	210,67	70,00	280
4	24,2	27,4	12,3	15,3	17,4	15,00	212,00	211,00	209,00	210,67	65,00	270
	23,9	29,8	12,5	15,4	17,7	15,20	213,00	211,00	209,00	211,00	70,00	280
	24,6	31,1	12,6	15,4	17,5	15,17	212,00	211,00	209,00	210,67	65,00	270
5	24,5	28,3	12,7	15,2	17,6	15,17	212,00	211,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,3	29,8	12,8	15,7	17,4	15,30	213,00	211,00	209,00	211,00	65,00	270
	24,8	31,3	12,7	15,6	17,5	15,27	212,00	211,00	209,00	210,67	65,00	270
6	24,5	27,3	12,3	15,3	17,6	15,07	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,5	29,9	12,6	15,2	17,4	15,07	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,3	31,2	12,5	15,3	17,8	15,20	212,00	210,00	210,00	210,67	65,00	270
7	24,6	26,8	12,9	15,6	17,3	15,27	213,00	210,00	210,00	211,00	65,00	270
	24,8	29,3	12,6	15,5	17,5	15,20	212,00	211,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,1	30,6	12,7	15,4	17,4	15,17	213,00	211,00	209,00	211,00	70,00	280
8	24,6	26,4	12,3	15,4	17,8	15,17	212,00	211,00	210,00	211,00	70,00	280
	24,8	28,3	12,4	15,5	17,6	15,17	213,00	210,00	210,00	211,00	70,00	280
	24,3	31,2	12,8	15,4	17,4	15,20	213,00	210,00	210,00	211,00	65,00	270
9	24,7	26,2	12,5	15,3	17,6	15,13	213,00	210,00	210,00	211,00	65,00	270
	24,1	29,6	12,6	15,2	17,8	15,20	212,00	210,00	210,00	210,67	65,00	270
	24,9	32,3	12,6	15,1	17,7	15,13	213,00	210,00	210,00	211,00	65,00	270
10	24,6	26,7	12,7	15,4	17,3	15,13	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
	25,1	28,6	12,5	15,3	17,5	15,10	213,00	211,00	209,00	211,00	65,00	270
	24,3	32,4	12,7	15,5	17,3	15,17	212,00	210,00	210,00	210,67	65,00	270
11	25,6	25,8	12,6	15,3	17,6	15,17	213,00	210,00	210,00	211,00	65,00	270
	24,8	29,3	12,6	15,4	17,4	15,13	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,9	33,3	12,6	15,3	17,5	15,13	213,00	211,00	209,00	211,00	70,00	280
12	24,6	26,3	12,7	15,4	17,7	15,27	212,00	211,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,3	27,6	12,4	15,5	17,8	15,23	212,00	211,00	209,00	210,67	70,00	280
	24,5	32,9	12,4	15,4	17,1	14,97	212,00	211,00	210,00	211,00	70,00	280
13	24,1	26,6	12,6	15,3	17,6	15,17	212,00	211,00	210,00	211,00	65,00	270
	24,6	29,5	12,5	15,4	17,5	15,13	212,00	211,00	210,00	211,00	65,00	270
	24,8	31,8	12,7	15,3	17,4	15,13	212,00	210,00	210,00	210,67	65,00	270
14	24,9	27,2	12,6	15,4	17,8	15,27	212,00	210,00	210,00	210,67	65,00	270
	24,7	29,6	12,4	15,3	17,3	15,00	212,00	210,00	210,00	210,67	65,00	270
	24,6	34,1	12,7	15,4	17,8	15,30	213,00	210,00	210,00	211,00	65,00	270
15	24,3	26,2	12,5	15,5	17,8	15,27	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,6	29,5	12,6	15,4	17,4	15,13	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,8	32,5	12,7	15,6	17,6	15,30	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
Promedio	24,6	29,3	12,6	15,4	17,5	15,2	212,6	210,4	209,4	210,8	66	273
						Kg/cm2					4,65	19,10

Mediciones realizadas al CMT antes de aplicar el protocolo de mantenimiento												
Consola 2												
Marca: Carrier												
Capacidad: 5 Ton												
Día	Temperatura interior	Temperatura exterior	Consumo de corriente (A)			Consumo promedio (A)	Voltaje (V)			Voltaje promedio (V)	Presión de baja (PSI)	Presión de alta (PSI)
			Fase 1	Fase 2	Fase 3		Fase 1	Fase 2	Fase 3			
1	24,2	27,3	14,9	17	17,4	16,43	212,00	210,00	209,00	210,33	70,00	280
	24,6	29,3	14,7	16,8	17,5	16,33	213,00	211,00	209,00	211,00	70,00	280
	24,5	30,2	14,6	16,9	17,2	16,23	213,00	210,00	210,00	211,00	70,00	280
2	24,3	28,2	14,8	17,3	17,4	16,50	212,00	210,00	209,00	210,33	70,00	280
	24,8	30,2	14,3	17,2	17,6	16,37	213,00	211,00	209,00	211,00	70,00	280
	24,5	30,8	14,8	16	17,4	16,07	213,00	210,00	210,00	211,00	70,00	280
3	24,3	26,2	14,9	8	17,3	13,40	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,1	29,3	14,5	16,7	17,5	16,23	213,00	211,00	209,00	211,00	65,00	270
	24,8	30,2	15,2	16,9	17,4	16,50	212,00	211,00	209,00	210,67	65,00	270
4	24,6	27,4	14,8	16,8	17,6	16,40	212,00	211,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,3	29,8	14,8	17,2	17,8	16,60	213,00	211,00	209,00	211,00	65,00	270
	24,7	31,1	14,7	17,5	17,5	16,57	212,00	211,00	209,00	210,67	70,00	280
5	24,7	28,3	15	17,1	17,2	16,43	212,00	211,00	209,00	210,67	70,00	280
	24,6	29,8	15,1	16,9	17,1	16,37	213,00	211,00	209,00	211,00	65,00	270
	24,6	31,3	14,8	16,8	17,4	16,33	212,00	211,00	209,00	210,67	65,00	270
6	24,3	27,3	14,9	17,2	17,6	16,57	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,4	29,9	14,7	17	17,2	16,30	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,3	31,2	15,2	16,9	17,3	16,47	212,00	210,00	210,00	210,67	65,00	270
7	24,8	26,8	14,9	17,1	17,4	16,47	213,00	210,00	210,00	211,00	70,00	280
	24,7	29,3	14,6	17,3	17,4	16,43	212,00	211,00	209,00	210,67	70,00	280
	24,3	30,6	14,8	16,9	17,4	16,37	213,00	211,00	209,00	211,00	70,00	280
8	24,5	26,4	15,2	17,3	17,3	16,60	212,00	211,00	210,00	211,00	65,00	270
	24,7	28,3	14,8	16,9	17,2	16,30	213,00	210,00	210,00	211,00	65,00	270
	24,3	31,2	15,2	17,3	17,4	16,63	213,00	210,00	210,00	211,00	70,00	280
9	24,6	26,2	14,8	17,4	17,2	16,47	213,00	210,00	210,00	211,00	65,00	270
	24,7	29,6	14,9	17,2	17,6	16,57	212,00	210,00	210,00	210,67	65,00	270
	24,8	32,3	14,7	17,1	17,7	16,50	213,00	210,00	210,00	211,00	65,00	270
10	24,6	26,7	14,8	16,9	17,3	16,33	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,5	28,6	15,1	16,8	17,2	16,37	213,00	211,00	209,00	211,00	70,00	280
	24,6	32,4	15,2	16,9	17,4	16,50	212,00	210,00	210,00	210,67	70,00	280
11	24,3	25,8	14,9	17,2	17,5	16,53	213,00	210,00	210,00	211,00	70,00	280
	24,8	29,3	14,8	17,1	17,6	16,50	213,00	210,00	209,00	210,67	70,00	280
	24,8	33,3	14,9	16,8	17,5	16,40	213,00	211,00	209,00	211,00	70,00	280
12	24,7	26,3	14,7	16,9	17,4	16,33	212,00	211,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,6	27,6	14,6	17,2	17,6	16,47	212,00	211,00	209,00	210,67	70,00	280
	24,4	32,9	15,2	17,1	17,3	16,53	212,00	211,00	210,00	211,00	70,00	280
13	24,4	26,6	15,1	16,9	17,5	16,50	212,00	211,00	210,00	211,00	65,00	270
	24,6	29,5	14,9	16,9	17,2	16,33	212,00	211,00	210,00	211,00	65,00	270
	24,4	31,8	14,8	16,8	17,4	16,33	212,00	210,00	210,00	210,67	65,00	270
14	24,7	27,2	14,7	17,1	17,5	16,43	212,00	210,00	210,00	210,67	70,00	280
	24,6	29,6	14,9	17,2	17,6	16,57	212,00	210,00	210,00	210,67	70,00	280
	24,5	34,1	14,9	17,2	17,2	16,43	213,00	210,00	210,00	211,00	70,00	280
15	24,7	26,2	15,1	17,3	17,5	16,63	213,00	210,00	209,00	210,67	70,00	280
	24,5	29,5	14,5	16,9	17,4	16,27	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
	24,7	32,5	14,9	16,9	17,4	16,40	213,00	210,00	209,00	210,67	65,00	270
Promedio	24,5	29,3	14,9	16,8	17,4	16,4	212,6	210,4	209,4	210,8	68	275
						Kg/cm2					4,73	19,26

Mediciones realizadas al CMT después de aplicar el protocolo de mantenimiento												
Consola 1												
Marca: Carrier												
Capacidad: 5 Ton												
Día	Temperatura interior	Temperatura exterior	Consumo de corriente (A)			Consumo promedio (A)	Voltaje (V)			Voltaje promedio (V)	Presión de baja (PSI)	Presión de alta (PSI)
			Fase 1	Fase 2	Fase 3		Fase 1	Fase 2	Fase 3			
1	24,2	27,4	10,5	13,1	15,5	13,03	212,00	209,00	207,00	209,33	70,00	260
	24,6	30,1	10,4	13,1	15,3	12,93	211,00	210,00	207,00	209,33	75,00	270
	24,5	30,2	10,3	13,4	15,4	13,03	212,00	208,00	209,00	209,67	70,00	260
2	24,3	29,4	10,1	13,3	15,3	12,90	214,00	209,00	208,00	210,33	70,00	260
	24,8	30,9	10,4	13,1	15,4	12,97	212,00	209,00	209,00	210,00	70,00	260
	24,5	30,7	10,3	13,2	15,1	12,87	214,00	209,00	210,00	211,00	75,00	270
3	24,3	28,5	10,1	13,5	15,4	13,00	213,00	210,00	210,00	211,00	70,00	260
	24,1	30,1	10,1	13,1	15,3	12,83	215,00	210,00	209,00	211,33	70,00	260
	24,8	31,3	10,6	13,2	15,4	13,07	215,00	210,00	209,00	211,33	70,00	260
4	24,6	28,3	10,1	13,1	15,2	12,80	212,00	211,00	209,00	210,67	70,00	260
	24,3	30,1	10,1	13,5	15,7	13,10	214,00	210,00	209,00	211,00	70,00	260
	24,7	30,4	10,4	13,2	15,2	12,93	215,00	211,00	209,00	211,67	75,00	270
5	24,7	29,4	10,1	13,1	15,3	12,83	214,00	210,00	210,00	211,33	75,00	270
	24,6	30,2	10,3	13,3	15,1	12,90	213,00	211,00	210,00	211,33	70,00	260
	24,6	31,4	10,1	13,1	15,2	12,80	214,00	213,00	209,00	212,00	70,00	260
6	24,3	28,7	10,2	13,2	15,1	12,83	215,00	211,00	209,00	211,67	75,00	270
	24,4	30,1	10,3	13,2	15,2	12,90	215,00	211,00	209,00	211,67	75,00	270
	24,3	31,4	10,1	13,3	15,4	12,93	213,00	210,00	210,00	211,00	75,00	270
7	24,8	27,6	10,4	13,3	15,2	12,97	216,00	209,00	210,00	211,67	75,00	270
	24,7	30,1	10,3	13,1	15,4	12,93	214,00	210,00	209,00	211,00	70,00	260
	24,3	30,9	10,4	13,3	15,8	13,17	215,00	210,00	209,00	211,33	75,00	270
8	24,5	27,5	10,1	13,1	15,7	12,97	214,00	210,00	210,00	211,33	75,00	270
	24,7	29,8	10,1	13,1	15,6	12,93	216,00	211,00	210,00	212,33	75,00	270
	24,3	31,5	10,3	13,2	15,3	12,93	215,00	210,00	209,00	211,33	75,00	270
9	24,6	27,6	10,1	13,1	15,4	12,87	213,00	211,00	209,00	211,00	75,00	270
	24,7	30,4	10,3	13,1	15,2	12,87	215,00	210,00	209,00	211,33	70,00	260
	24,8	31,8	10,2	13,5	15,3	13,00	216,00	211,00	290,00	239,00	70,00	260
10	24,6	27,5	10,3	13,2	15,3	12,93	215,00	212,00	210,00	212,33	75,00	270
	24,5	29,7	10,4	13,1	15,1	12,87	214,00	210,00	210,00	211,33	75,00	270
	24,6	31,8	10,3	13,2	15,1	12,87	213,00	210,00	209,00	210,67	75,00	270
11	24,3	28,9	10,5	13,1	15,4	13,00	214,00	210,00	210,00	211,33	75,00	270
	24,8	30,1	10,4	13,2	15,7	13,10	213,00	210,00	209,00	210,67	75,00	270
	24,8	32,5	10,2	13,1	15,2	12,83	215,00	210,00	209,00	211,33	75,00	270
12	24,7	27,6	10,3	13,2	15,1	12,87	214,00	210,00	210,00	211,33	70,00	260
	24,6	28,6	10,1	13,1	15,4	12,87	214,00	212,00	209,00	211,67	70,00	260
	24,4	33,8	10,1	13,1	15,3	12,83	213,00	215,00	209,00	212,33	70,00	260
13	24,4	27,5	10,2	13,3	15,4	12,97	214,00	214,00	210,00	212,67	70,00	260
	24,6	30,5	10,4	13,1	15,3	12,93	215,00	214,00	210,00	213,00	70,00	260
	24,4	32,5	10,6	13,4	15,1	13,03	213,00	212,00	212,00	212,33	70,00	260
14	24,7	28,9	10,4	13,4	15,2	13,00	215,00	212,00	209,00	212,00	70,00	260
	24,6	30,4	10,1	13,3	15,1	12,83	214,00	214,00	208,00	212,00	70,00	260
	24,5	33,2	10,1	13,4	15,2	12,90	213,00	214,00	209,00	212,00	75,00	270
15	24,7	27,6	10,2	13,6	15,3	13,03	213,00	212,00	210,00	211,67	75,00	270
	24,5	30,4	10,2	13,4	15,1	12,90	213,00	213,00	210,00	212,00	75,00	270
	24,7	32,4	10,2	13,2	15,2	12,87	213,00	213,00	209,00	211,67	70,00	260
Promedio	24,5	30,0	10,3	13,2	15,3	12,9	213,9	210,9	211,1	212,0	72	265
						Kg/cm2					5,07	18,54

Mediciones realizadas al CMT después de aplicar el protocolo de mantenimiento												
Consola 2												
Marca: Carrier												
Capacidad: 5 Ton												
Día	Temperatura interior	Temperatura exterior	Consumo de corriente (A)			Consumo promedio (A)	Voltaje (V)			Voltaje promedio (V)	Presión de baja (PSI)	Presión de alta (PSI)
			Fase 1	Fase 2	Fase 3		Fase 1	Fase 2	Fase 3			
1	24,2	27,4	12,5	15,3	15,1	14,30	212,00	209,00	207,00	209,33	70,00	260
	24,6	30,1	12,2	14,6	15,3	14,03	211,00	210,00	207,00	209,33	75,00	270
	24,5	30,2	12,1	14,2	15,4	13,90	212,00	208,00	209,00	209,67	70,00	260
2	24,3	29,4	12,4	14,5	15,6	14,17	214,00	209,00	208,00	210,33	75,00	270
	24,8	30,9	12,1	15,3	15,8	14,40	212,00	209,00	209,00	210,00	70,00	260
	24,5	30,7	12,3	14,3	15,4	14,00	214,00	209,00	210,00	211,00	70,00	260
3	24,3	28,5	12,4	14,7	15,6	14,23	213,00	210,00	210,00	211,00	70,00	260
	24,1	30,1	12,1	14,3	15,2	13,87	215,00	210,00	209,00	211,33	70,00	260
	24,8	31,3	13,2	14,8	15,8	14,60	215,00	210,00	209,00	211,33	70,00	260
4	24,6	28,3	12,3	14,2	15,2	13,90	212,00	211,00	209,00	210,67	70,00	260
	24,3	30,1	12,5	15,1	15,7	14,43	214,00	210,00	209,00	211,00	70,00	260
	24,7	30,4	12,4	15,6	15,3	14,43	215,00	211,00	209,00	211,67	75,00	270
5	24,7	29,4	12,3	15,2	15,4	14,30	214,00	210,00	210,00	211,33	75,00	270
	24,6	30,2	13,4	14,7	15,9	14,67	213,00	211,00	210,00	211,33	70,00	260
	24,6	31,4	12,9	14,7	15,2	14,27	214,00	213,00	209,00	212,00	70,00	260
6	24,3	28,7	12,5	15,3	15,7	14,50	215,00	211,00	209,00	211,67	75,00	270
	24,4	30,1	12,3	15,2	15,3	14,27	215,00	211,00	209,00	211,67	75,00	270
	24,3	31,4	13,2	14,1	15,5	14,27	213,00	210,00	210,00	211,00	75,00	270
7	24,8	27,6	12,9	15,2	15,3	14,47	216,00	209,00	210,00	211,67	75,00	270
	24,7	30,1	12,6	14,9	15,8	14,43	214,00	210,00	209,00	211,00	70,00	260
	24,3	30,9	12,8	14,8	15,6	14,40	215,00	210,00	209,00	211,33	75,00	270
8	24,5	27,5	13,2	15,3	15,9	14,80	214,00	210,00	210,00	211,33	75,00	270
	24,7	29,8	12,8	14,8	15,7	14,43	216,00	211,00	210,00	212,33	75,00	270
	24,3	31,5	13,2	15,1	15,3	14,53	215,00	210,00	209,00	211,33	75,00	270
9	24,6	27,6	12,8	15,3	15,6	14,57	213,00	211,00	209,00	211,00	75,00	270
	24,7	30,4	12,9	15,1	15,8	14,60	215,00	210,00	209,00	211,33	70,00	260
	24,8	31,8	12,7	15,6	15,5	14,60	216,00	211,00	290,00	239,00	70,00	260
10	24,6	27,5	12,8	14,8	15,9	14,50	215,00	212,00	210,00	212,33	70,00	260
	24,5	29,7	13,1	14,9	15,4	14,47	214,00	210,00	210,00	211,33	70,00	260
	24,6	31,8	13,2	14,6	15,3	14,37	213,00	210,00	209,00	210,67	70,00	260
11	24,3	28,9	12,9	15,4	15,1	14,47	214,00	210,00	210,00	211,33	70,00	260
	24,8	30,1	12,8	15,3	15,2	14,43	213,00	210,00	209,00	210,67	70,00	260
	24,8	32,5	12,9	15,9	15,1	14,63	215,00	210,00	209,00	211,33	75,00	270
12	24,7	27,6	12,7	15,8	15,9	14,80	214,00	210,00	210,00	211,33	70,00	260
	24,6	28,6	12,6	15,3	15,2	14,37	214,00	212,00	209,00	211,67	70,00	260
	24,4	33,8	13,2	15,4	15,6	14,73	213,00	215,00	209,00	212,33	70,00	260
13	24,4	27,5	13,1	15,2	15,8	14,70	214,00	214,00	210,00	212,67	75,00	270
	24,6	30,5	12,4	15,7	15,6	14,57	215,00	214,00	210,00	213,00	75,00	270
	24,4	32,5	12,6	14,9	15,7	14,40	213,00	212,00	212,00	212,33	70,00	260
14	24,7	28,9	12,4	15,2	15,6	14,40	215,00	212,00	209,00	212,00	70,00	260
	24,6	30,4	12,2	15,4	15,9	14,50	214,00	214,00	208,00	212,00	70,00	260
	24,5	33,2	12,4	15,6	15,8	14,60	213,00	214,00	209,00	212,00	75,00	270
15	24,7	27,6	13,3	15,2	15,6	14,70	213,00	212,00	210,00	211,67	75,00	270
	24,5	30,4	12,7	14,8	15,4	14,30	213,00	213,00	210,00	212,00	75,00	270
	24,7	32,4	12,3	14,6	15,2	14,03	213,00	213,00	209,00	211,67	70,00	260
Promedio	24,5	30,0	12,7	15,0	15,5	14,4	213,9	210,9	211,1	212,0	72	264
						Kg/cm2					5,05	18,50