

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN MANAGUA
FACULTAD REGIONAL AUTONOMA MULTIDISCIPLINARIA
FAREM, ESTELI



“Elaboración de una propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo para las centrales de aire acondicionado del Hospital San Juan de Dios de la ciudad de Estelí “

Ingeniería Industrial y de Sistemas Productivos

Autores:

1. Celemis Danelia Torres Robleto.
2. Rubén Antonio Camacho Martínez.
3. Wuilkild John Pérez Dávila.

Tutor: M.Sc. Wilfredo Van de Velde.

Estelí – Enero 2015

Agradecimientos.

En este momento final de nuestra preparación como profesionales, tomo este pequeño espacio para expresar mi sentimiento de gratitud, primeramente a Dios padre que me ha dado las fuerzas cuando más la necesitaba y su compañía incondicional, a mi Madre Santísima por cuidarme en los momentos de duda e interceder ante su Hijo, Nuestro Señor, por mí.

A mis padres, que con su apoyo y ejemplo han sido mi fuente principal de motivación para completar esta nueva etapa de mi vida, a ellos que tanto amor han puesto en mi y han sido mis mejores amigos les agradezco infinitamente.

Recuerdo también con admiración a todos esos docentes de la universidad que contribuyeron poco a poco en la construcción de mi aprendizaje y me han dado las herramientas para desarrollarme en el campo laboral. Gracias a ellos por la paciencia y dedicación.

A todos mis compañeros de clases con quienes hemos compartido momentos únicos y de aprendizaje, y en especial a aquellos que me acompañaron en este último momento.

A todos ellos/as, gracias.

Wuilkild Pérez D.

Le agradezco primeramente a Dios por haberme acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por haberme dado una vida llena de experiencias, aprendizajes y sobre todo felicidad.

A mis Padres Emilio y Socorro, mis Tías por darme su apoyo incondicional en todo momento, por los valores que me han inculcado y quienes han sido mi mayor motivación para culminar mis estudios

A mi novio y amigo Alexander Parrilla por ser parte importante y especial en mi vida, por su apoyo a lo largo de mi formación profesional y más aun por su paciencia y amor incondicional.

Le agradezco la confianza, ayuda y dedicación de tiempo a nuestro profesor M.Sc. Wilfredo Van de Velde por haber compartido con nosotros sus conocimientos.

Celemis Danelia Torres R.

En nuestro trabajo de tesis le agradecemos primeramente a Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado.

A la Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí por darnos la oportunidad de estudiar y ser unos profesionales.

A mi profesor de tesis, M.Sc. Wilfredo Van de Velde por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en nosotros que podamos terminar nuestros estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a nuestra formación. Por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

De igual manera agradecer al Ing. Alan Fuentes jefe del departamento de mantenimiento de HSJDE y a Luis Cardoza, técnico de refrigeración por su apoyo incondicional durante la realización de todo nuestro trabajo investigativo.

Y por último a nuestras familias por todo el apoyo brindado durante toda la carrera

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

Rubén Antonio Camacho.

*A Dios, nuestros padres, y todas esas fuentes de
Inspiración en este largo camino.*





INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables.....	31
Tabla 4 Datos físicos de los equipos.....	66
Tabla 5 Partes, Fallas y Soluciones	67
Tabla 7 Diagrama de Pareto	73
Tabla 8 Volúmenes de Producción HM	75
Tabla 10 Numero de Trabajadores requeridos	77
Tabla 11 Cronograma de Actividades.....	81
Tabla 6 Actividades Ruta Critica	Error! Bookmark not defined.

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1 Grabado Egipcio	12
Figura 2 Lord Kelvin.....	13
Figura 3 Willis Carrier	14
Figura 4 Equipo central de A.A.....	16
Figura 5 Tipos de compresores	50
Figura 6 Compresor rotativo	51
Figura 7 Compresor Scroll	51
Figura 8 Evaporador	53
Figura 9 Tubo Capilar	54
Figura 10 Válvula de Expansión Termostática.....	54
Figura 11 Válvula de Expansión Automática	55
Figura 12 Válvula Manual.....	55
Figura 13 Válvula de Flotador	56
Figura 14 Válvula electrónica	56
Figura 15 Condensador	57
Figura 16 Ciclo de Aire Acondicionado.....	58

I. RESUMEN

Un aparato de aire acondicionado es un artículo de necesidad que disfrutan muchas personas en la sociedad actual, porque es muy utilizado en empresas, lugares de trabajo, hogares, entre otros. Un mal funcionamiento de las instalaciones de aires acondicionados además de privar a las personas de este sistema de refrigeración ambiental puede provocar problemas de salud, como tos, mareos, náuseas, problemas respiratorios, etc.; por lo tanto es necesaria la aplicación de un debido mantenimiento para su continuo funcionamiento. Se pretende que este estudio sirva como marco de referencia para profundizar investigaciones sobre mantenimiento de quipos centrales de aire acondicionado.

El mantenimiento aplicable en un aire acondicionado para su continuo funcionamiento como sistema de refrigeración ambiental obedece al estudio de aspectos de gran ayuda ya que con su aplicación se espera minimizar los costos, mejorar la calidad de servicio, búsqueda de confiabilidad que responda a las operaciones y así prolongar la vida útil de los compresores y demás componentes de los equipos centrales.

Para este estudio respecto a la metodología se observó como metodología la técnica de observación participativa y de diseño documental, por lo que también se utilizó como técnica de análisis de síntesis.

II. INTRODUCCIÓN

El presente documento está basado en la elaboración de un plan de gestión de mantenimiento preventivo para las unidades centrales de aire acondicionado del Hospital San Juan de Dios en la ciudad de Estelí.

Esta investigación contempla el diagnóstico del sistema de mantenimiento implementado en los equipos centrales de aire acondicionado en dicho centro médico con el propósito de diseñar una propuesta que sirva de base para un plan de mantenimiento preventivo para estas unidades y garantizar de esta manera un servicio de calidad para la población en general.

Para la conservación de la infraestructura y el equipamiento, el papel del mantenimiento consiste en:

1. Asegurar la correcta operación e incrementar la confiabilidad aplicando estrategias fundamentales de mantenimiento para las máquinas y equipos a través de la realización de la planeación, organización, dirección y control.
2. Aplicar métodos y técnicas de conservación con miras a lograr una disminución en las incidencias de fallas imprevistas para mantener niveles altos de disponibilidad de la capacidad instalada, garantizando las óptimas condiciones de bienestar para el paciente o usuario.

En estas páginas están registradas las metas propuestas, las razones por las se ha realizado este trabajo, un marco teórico que permite la comprensión de conceptos en base al campo en que se han realizado los estudios, y una explicación detallada del tipo de investigación y análisis que se desarrollaron para el diseño del manual de mantenimiento preventivo adaptado a las necesidades de dicho centro hospitalario.

En la segunda parte, a modo de anexo hemos agregado el modelo de Plan de Mantenimiento preventivo que fue propuesto a las autoridades del Hospital San Juan de Dios como culminación de nuestras metas iniciales.

III. ANTECEDENTES

3.1. Antecedentes de la institución

El Hospital Regional San Juan de Dios, de la ciudad de Estelí, fue inaugurado el 8 de enero de 1997 por la presidenta de la República Doña Violeta Barrios de Chamorro, desde entonces se ha presentado como una alternativa regional para suplir la demanda en atenciones médicas para la población del norte del país. Fue construido con la ayuda financiera del gobierno y pueblo español, y parte del Presupuesto General de la República.

3.2. Antecedentes de los equipos centrales de aire acondicionado

Los aires acondicionados centrales del Hospital San Juan de Dios de la ciudad de Estelí se instalaron en el año 2010 como parte del proyecto de remodelación. Son de marca **YORK** y trabajan con rangos de voltaje de 208 hasta 230 voltios. Este tipo de sistemas sustituyeron a unidades que ya habían prestado su vida útil y además que son equipos que permiten climatizar y mantener a un nivel confortable distintos ambientes.

Las áreas importantes donde se encuentran las unidades centrales son: central de equipos, unidad de cuidados intensivos (USI) Recuperación, Labor y parto, Pre labor, Emergencia, Neonato, Área blanca, Quirófano de cirugía, Quirófano séptico, Quirófano ortopedia, Quirófano de ginecología, Quirófano área de lavado de equipos, pasillo alrededor de quirófano.

3.3. Estudios anteriores

En la institución no se han realizado estudios que garanticen un control por mantenimiento preventivo de los equipos, se han realizado estudios en otras áreas como equipos médicos pero ninguno referente a mantenimiento de las centrales de aire de dicho centro médico. Por lo tanto este trabajo es de carácter pionero y quedara establecido como base para estudios posteriores.

3.4. Antecedentes del problema

A las unidades centrales de aire acondicionado la empresa representante les proporcionó mantenimiento preventivo por 12 meses, posteriormente el departamento de mantenimiento del hospital ha realizado el mantenimiento correspondiente durante los últimos 4 años.

El plan de mantenimiento del hospital está basado en hojas de vida de cada uno de estos equipos y en hojas de rutina de mantenimientos planificados para los aires centrales.

El mantenimiento que se le realiza a las unidades centrales de aire acondicionado es mantenimiento de tipo correctivo y planificado-correctivo que dan respuesta a las averías inesperadas como son las rupturas de las bandas, problemas con el capacitor o un contacto. Debemos mencionar que debido a este sistema el área de mantenimiento no se cuenta con inventario de repuestos para resolver este tipo de fallas en los equipos de manera inmediata.

IV. PREGUNTAS PROBLEMA.

4.1. Pregunta principal de investigación

1. ¿Cómo elaborar un plan de mantenimiento preventivo adecuado para las unidades centrales de aire acondicionado en el Hospital San Juan de Dios?

4.2. Preguntas directrices

1. ¿Está capacitado el personal de trabajos de mantenimiento para asegurar el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo del Hospital San Juan de Dios?
2. ¿Cuál es el beneficio económico que tendría la implementación del plan de mantenimiento preventivo en el Hospital San Juan de Dios Estelí?
3. ¿Cómo se ven afectado los usuarios por no contar con un plan de mantenimiento preventivo?

V. JUSTIFICACIÓN

Un factor importante es la eficiencia global de los equipos en la institución, es decir mantener máquinas y equipos en buen estado de operación, obteniendo de esta manera un mejor rendimiento para brindar servicio de atención de mejor calidad a los pacientes.

A lo largo de los años el Hospital San Juan de Dios ha buscado brindar un mejor servicio a las y los pacientes, implementando una mejor atención dentro de sus instalaciones, y es mejorando la efectividad de los equipos con el diseño de un plan de mantenimiento preventivo que se logrará garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de estos y por ende un buen funcionamiento de las instalaciones de este centro hospitalario.

Con el plan de mantenimiento preventivo se esperan obtener los siguientes beneficios:

- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Cambio de mantenimiento correctivo a mantenimiento preventivo, con lo que se logra un mejor control de trabajo.
- Mejoramiento de la calidad de servicio brindando confort a las y los pacientes.

Las áreas donde se encuentran las unidades centrales de aires acondicionados son de las más importantes dentro del Hospital San Juan de Dios Estelí, por ello la necesidad de una programación de mantenimiento preventivo para estos equipos evitando una falta de respuesta adecuada ante una emergencia.

Los sistemas de unidades de aires acondicionados centrales se utilizan por la arquitectura de las instalaciones más importantes del Hospital San Juan de Dios. El sistema de climatización en estas instalaciones es un factor determinante en el tratamiento de los pacientes, estos requerimientos específicos solo se pueden solucionar con instalaciones de aires centrales.

VI. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

➤ Proponer un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de refrigeración (unidades centrales de aire acondicionado) basados en el historial de fallas, recomendaciones del fabricante y siguiendo los alineamientos característicos del mantenimiento preventivo que sirva como herramienta de trabajo para el personal técnico.

6.2. Objetivo Especifico

➤ Diagnosticar el plan de mantenimiento existente en el Hospital San Juan de Dios Estelí.

➤ Proponer un plan de mantenimiento preventivo que optimice la calidad de los equipos que permita cumplir con los requerimientos de confort de la población.

➤ Determinar un presupuesto mensual en base a la implementación de un plan de mantenimiento preventivo.

VII. HIPÓTESIS

H1. Hipótesis Investigativa.

El plan de mantenimiento preventivo logrará una reducción de costos en el centro hospitalario San Juan de Dios de la ciudad de Estelí, a la vez se logrará un rendimiento correcto de las centrales de aire acondicionado y un servicio de calidad óptimo para la población del norte del país.

H0. Hipótesis Nula.

La aplicación de un proceso de mantenimiento correctivo no colabora en un ahorro significativo en cuanto al ciclo de vida del equipo y la inversión inicial de estos. Mientras que un plan de mantenimiento preventivo sí lo logra.

VIII. MARCO TEÓRICO

Para una mejor comprensión de la temática que será abordada, se explicarán conceptos referentes a los equipos centrales de aire acondicionado, mantenimiento y sus tipos, además de los aspectos de salud relacionados con nuestro proyecto.

8.1. Desarrollo histórico del confort de temperaturas de ambientes.

No obstante que la refrigeración, como la conocemos actualmente, data de unos 60 años, algunos de sus principios fueron conocidos hace tanto como 10,000 años antes de Cristo. Uno de los grandes sistemas para suprimir el calor sin duda fue el de los egipcios; este se utilizaba principalmente en el palacio del faraón, las paredes estaban construidas de enormes bloques de piedra, con peso superior de 1000 toneladas, de un lado pulido y del otro áspero.

Durante la noche, 3000 esclavos dismantelaban las paredes y acarreaban las piedras al desierto del Sahara. Como la temperatura en el desierto disminuye notablemente a niveles muy bajos durante el transcurso de la noche, las piedras se enfriaban y justamente antes que amaneciera los esclavos acarreaban de regreso las piedras al palacio y volvían a colocarla en su sitio.

Se supone que el faraón disfrutaba de temperaturas alrededor de los 26.7 ° C. mientras que afuera estas se encontraban hasta en los 54° C o más. Como se mencionó se necesitaban 3000 esclavos para poder efectuar esta labor de acondicionamiento, lo que actualmente se efectúa fácilmente. El aire acondicionado ha dejado de ser un artículo de lujo, para convertirse en un producto de necesidad diaria. Actualmente es posible disponer del confort durante todo el año gracias a los diversos equipos de aire acondicionado.



Figura 1 Grabado Egipcio

En 1842, Lord Kelvin inventó el principio del aire acondicionado. Con el objetivo de conseguir un ambiente agradable y sano, el científico creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante. Para ello, se basó en 3 principios:

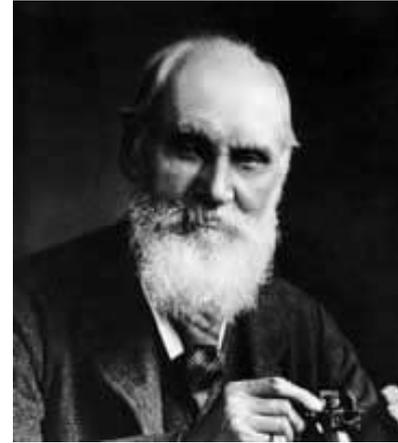


Figura 2 Lord Kelvin

- El calor se transmite de la temperatura más alta a la más baja, como cuando enfriamos un café introduciendo una cuchara de metal a la taza y ésta absorbe el calor.
- El cambio de estado del líquido a gas absorbe calor. Por ejemplo, si humedecemos la mano en alcohol, sentimos frío en el momento en que éste se evapora, puesto que absorbe el calor de nuestra mano.
- La presión y la temperatura están directamente relacionadas. En un recipiente cerrado, como una olla, necesitamos proporcionar menor cantidad de calor para llegar a la misma temperatura que en uno abierto.

Un aparato de aire acondicionado sirve, tal y como indica su nombre, para el acondicionamiento del aire. Éste es el proceso más completo de tratamiento del ambiente en un local cerrado y consiste en regular la temperatura, ya sea calefacción o refrigeración, el grado de humedad, la renovación o circulación del aire y su limpieza, es decir, su filtrado o purificación.

Entre los aspectos a valorar al elegir un equipo, están la relación entre el consumo de la electricidad y la capacidad de la unidad en watts que puede representar importantes ahorros en el consumo energético; el ruido, la reducción de los niveles sonoros, incrementan el confort ambiental; la comodidad y las prestaciones, la facilidad en el manejo de la unidad mediante el control remoto a distancia, y las funciones que incorpore la unidad como son las programaciones horarias, la función de paradas nocturnas que optimiza el bienestar de acuerdo con las variaciones del metabolismo humano, la selección

de la dirección de la persiana de aire para optimizar la distribución del aire en una habitación y también la regulación de la temperatura deseada.

Este es el proceso que se considera más completo de tratamiento del aire ambiente de los locales y consiste en regular las condiciones en cuanto a temperatura (calefacción o refrigeración), humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire dentro del local. **(Clima Proyecto)**

En 1902 Willis Carrier sentó las bases de la maquinaria de refrigeración moderna y al intentar aplicarla a los espacios habitados, se encontró con el problema del aumento de la humedad relativa del aire enfriado, y al estudiar cómo evitarlo, desarrolló el concepto de climatización de verano.

Por aquella época un impresor neoyorquino tenía serias dificultades durante el proceso de impresión, que impedían el comportamiento normal del papel, obteniendo una calidad muy pobre debido a las variaciones de temperatura, calor y humedad. Carrier se puso a investigar con tenacidad para resolver el problema: diseñó una máquina específica que controlaba la humedad por medio de tubos enfriados, dando lugar a la primera unidad de refrigeración de la historia. Durante aquellos años, el objetivo principal de Carrier era mejorar el desarrollo del proceso industrial con máquinas que permitieran el control de la temperatura y la humedad. Los primeros en usar el sistema de aire acondicionado Carrier fueron las industrias textiles del sur de Estados Unidos. Un claro ejemplo, fue la fábrica de algodón Chronicle en Belmont. Esta fábrica tenía un gran problema. Debido a la ausencia de humedad, se creaba un exceso de electricidad estática haciendo que las fibras de algodón se convirtiesen en pelusa. Gracias a Carrier, el



Figura 3 Willis Carrier

nivel de humedad se estabilizó y la pelusilla quedó eliminada.

Debido a la calidad de sus productos, un gran número de industrias, tanto nacionales como internacionales, se decantaron por la marca Carrier. La

primera venta que se realizó al extranjero fue a la industria de la seda de Yokohama en Japón en 1907. (Wikipedia, 2014)

8.1.1. Centrales de aire acondicionado

El sistema de aire acondicionado central se utiliza para refrigerar grandes edificios, casas, oficinas, hoteles, gimnasios, cines, fábricas, hospitales etc. Este sistema se compone de un compresor grande que tiene la capacidad de producir cientos de toneladas de refrigeración, enfriando grandes salas, centros comerciales, grandes espacios, galerías, etc.

Para la instalación de este tipo de aires se necesita un estudio previo sobre las dimensiones del área a acondicionar y para ello tenemos la siguiente tabla.

Area To Be Cooled (square feet)	Capacity Needed (BTUs per hour)
100 up to 150	5,000
150 up to 250	6,000
250 up to 300	7,000
300 up to 350	8,000
350 up to 400	9,000
400 up to 450	10,000
450 up to 550	12,000
550 up to 700	14,000
700 up to 1,000	18,000
1,000 up to 1,200	21,000
1,200 up to 1,400	23,000
1,400 up to 1,500	24,000
1,500 up to 2,000	30,000
2,000 up to 2,500	34,000

Recordando que 1 fts² es igual a 0.0929 m².

El aire frío pasa a través de conductos a salones, pasillos y otros espacios que se van a climatizar. Así en cada sector hay un conducto de inyección y otro de retorno, el caudal de aire que necesita cada sector en función de la carga térmica, puede ser controlado por rejillas modulantes.

Los sistemas centrales son aplicaciones altamente sofisticadas y muchas veces tienden a ser complicadas. Es por esta razón que hay muy pocas empresas en el mundo que se especializan en estos sistemas. En la era moderna de la informatización de una serie de nuevos servicios electrónicos se han añadido a los sistemas de aire acondicionado central.

Conocidos también como Aire acondicionado de Tipo Paquete, toman su nombre del término UP o RTU (Unit Package o Roof Top Unit) de sus siglas en inglés. Son unidades que contienen los 4 elementos del circuito básico de refrigeración en un solo gabinete (condensador, evaporador, compresor y elemento expansor). **(Clima Proyecto)**



Figura 4 Equipo central de A.A

8.1.2. Partes

- **Compresor:** tiene dos funciones extrae el calor del evaporador con la velocidad debida para mantener el evaporador a una temperatura y presión baja, también se deshace de vapor en condiciones de temperaturas y presione la suficientemente alta para hacer posible que arroje el calor.
- **Refrigerante:** este tiene la función de extraer el calor del aire.
- **Colector de líquido:** el colector o receptor de líquido es un tanque hecho especialmente para contener el refrigerante que va al condensador y lo envía hacia el evaporador.
- **Válvula de expansión:** es un dispositivo que regula el flujo de refrigerante.

- **Condensador:** su misión principal es condensar el vapor que proviene del escape de la turbina de vapor en condiciones próximas a la saturación y evacuar el calor de condensación (calor latente) al exterior mediante un fluido de intercambio (aire o agua). (Carnicer, 2001)¹

8.1.3. Repuestos mínimos, herramientas y equipo de trabajo para los equipos.

- Gas Suva 134 A
- Limpiador de superficies líquido
- Soldadura de plata
- Tubería de cobre.
- Amperímetro
- Bomba de vacío
- Compresor de aire
- Destornilladores planos
- Equipo de oxiacetilénica
- Llaves fijas • Llaves Allen
- Llaves cangrejas de 8", 10" y 12"
- Rache para refrigeración
- Taladro
- Tenaza de electricista
- Tenaza de presión
- Termómetro.

8.2. Salud

¹ Las imágenes de cada una de estas piezas se encuentran en el marco referencial en anexos.

8.2.1. Hospitales

Un Hospital debe considerarse como un establecimiento donde se llevan a cabo un conjunto de actividades complejas, asistidas por sistemas también complejos, destinados a restaurar y/o recuperar la salud de personas, esto implica estar frente a un problema singular de servicios que debe tener seguridad y continuidad los 365 días del año, las 24 horas del día, de manera que otorgue confiabilidad al funcionamiento de todos los departamentos o servicios que conforman el hospital.

Así pues, la esencia del servicio de mantenimiento hospitalario, se centra en el acto de garantizar el funcionamiento de los equipos, ambientes o sistemas de manera que el hospital siga produciendo y brindando servicios de forma continua.

8.2.2. Sistemas de climatización en hospitales.

Las instalaciones de climatización, tienen como objetivo, procurar el bienestar de los ocupantes de los edificios tanto térmica como acústicamente, cumpliendo además los requisitos para su seguridad y con el objetivo de un uso racional de la energía.

El control del aire en el interior de los edificios es un aspecto intrínseco al desarrollo de los mismos, máximo cuando se trata de Hospitales o centros de salud donde es necesario garantizar los más estrictos niveles de salud y confort, los cuales contribuyen significativamente al proceso de recuperación del paciente.

Los servicios relacionados con la salud se están adecuando a los nuevos estándares marcados por la sociedad ya que por un lado deben de ser proyectados como espacios para el servicio social con importantes requerimientos de confort térmico y acústico cumpliendo con toda la normativa sectorial, y por otro se deben de regir por las reglas de la economía con respecto a la calidad y coste de sus servicios. (Fuentes., 2014)

8.2.3. Reseña organizacional Hospital San Juan de Dios, Estelí

Esta unidad de salud tiene cobertura a nivel regional y a su vez atiende usuarios de toda la zona norte del país de los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia, de igual manera se atiende a cualquier paciente indistintamente de su procedencia

En la actualidad las personas que laboran en el Hospital San Juan de Dios ascienden a 406 empleados permanentes según nomina fiscal, 64 trabajadores contratados en nómina adicional, 5 trabajadores contratados con fondos de extensión de cobertura, así como también 33 médicos internos, para un total de 500, de estos 5 trabajadores no están activos por tener más de 7 meses de reposos continuos.

Cabe mencionar que del total de trabajadores 18 tienen la edad para iniciar el proceso de jubilación, de los cuales solamente 3 están en trámites.

8.3. Mantenimiento.

Es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos maquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con la calidad esperada, son trabajos de mantenimiento pues están ejecutados para este fin. (Madrigal R. & Rosales, 1998)

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



8.3.1. Conservación y Preservación.

Desde el principio de la humanidad hasta fines del siglo XVII, las funciones de preservación y mantenimiento que el hombre aplicaba a las máquinas que utilizaba en la elaboración del producto o servicio que vendía a sus clientes, no tuvieron un gran desarrollo debido a la menor importancia que tenía la máquina con respecto a la mano de obra que se empleaba, pues hasta 1880, se consideraba que el trabajo humano intervenía en un 90% para hacer un producto, y el escaso 10% restante era trabajo de la máquina. Por lo tanto, la conservación (preservación y mantenimiento) que se proporcionaba a los recursos de las empresas, hasta ese momento era solamente una conservación correctiva, debido a que las máquinas solo se representaban en caso de paro o falla importante, es decir, únicamente se proporcionaban acciones correctivas teniendo en mente el arreglo de la máquina y no se pensaba en el servicio que esta suministraba.

Conforme la industria fue evolucionando, debido a la exigencia del público de mayores volúmenes, diversidad y calidad del producto, las máquinas fueron más numerosas y complejas, por lo que su importancia aumento al respecto de la mano de obra.

Con la primera guerra mundial, en 1914, las máquinas trabajaron a toda su capacidad y sin interrupciones, no solamente las ocupadas en las industrias común de los países beligerantes, sino también las que hacían armas, vehículos y artefactos bélicos, pues su funcionamiento eran cuestión de vida o muerte, por este motivo, la máquina tuvo cada vez mayor importancia y aumentaron en cuanto a número y cuidados.

En esta forma nació el concepto de mantenimiento preventivo, el cual en la década de los 20's se aceptó prácticamente como una labor que aunque onerosa, resultaba necesaria. Este procedimiento seguía guardando un enfoque máquina y las reparaciones que se la hacían eran con el criterio de que si la máquina funcionaba bien, esta daría productos o servicios adecuados.

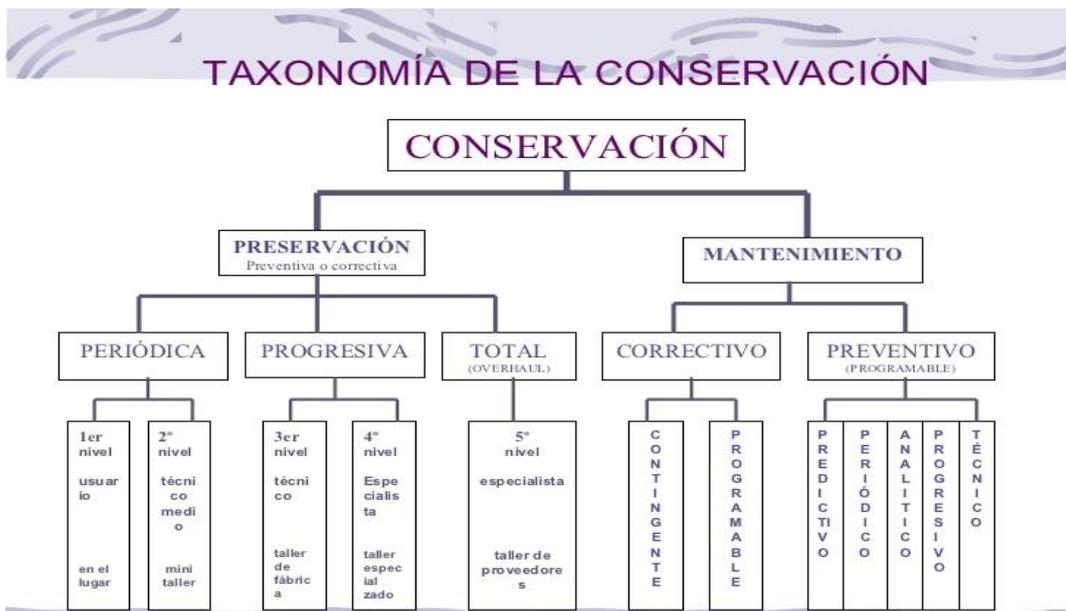
Aproximadamente tres décadas más tardes a partir de 1950 y por el desarrollo de los estudios de fiabilidad, la mente humana recapacito y determinó aunque no con una claridad diáfana, que a una máquina en servicio siempre la integraban dos factores: la máquina propiamente dicha y el servicio que ésta proporciona. Por ejemplo, si analizamos un foco apagado, veremos que solo está integrado por materiales tales como latón, vidrio, tungsteno pero cuando se usa el foco aparece la luz que ya no forma parte de éste, sino que constituye el servicio que deseamos y para la cual fue hecha esta máquina, por lo tanto las tareas que debemos emprender para el cuidado de ambos, (foco y servicio) son de dos tipos: al primero debemos limpiarlo, protegerlo no sobrecargarlo; en otras palabras preservarlo para que nos dure en buenas condiciones el mayor tiempo posible. Por lo que respecta al servicio (luz) que el foco proporciona debemos cuidar que este dentro de los parámetros de calidad deseada, y si por cualquier concepto no obtenemos dicha calidad tendremos que reforzar o cambiar la máquina, ósea, el medio de obtener el servicio deseado. De esto se desprende el siguiente principio, el servicio se mantiene y el recurso se preserva.

La importancia de la maquina quedaba en segundo término, pues solamente era un medio para obtener un producto o servicio y que, en última instancia, la obtención del mencionado servicio, era la razón de ser de todo centro fabril o

empresa en general. Por esto sucedió que los proveedores de todo tipo de máquina hicieron estudios más serios y profundos sobre fiabilidad y Mantenibilidad, con el objeto de que los usuarios de las máquinas tuvieran problemas en la preservación de éstas y que las labores de mantenimiento se minimizaran y fueran productivas. (Productive Maintenance: MP) y no un gasto obligado, es decir, un mantenimiento preventivo (Maintenance Preventive: MP).

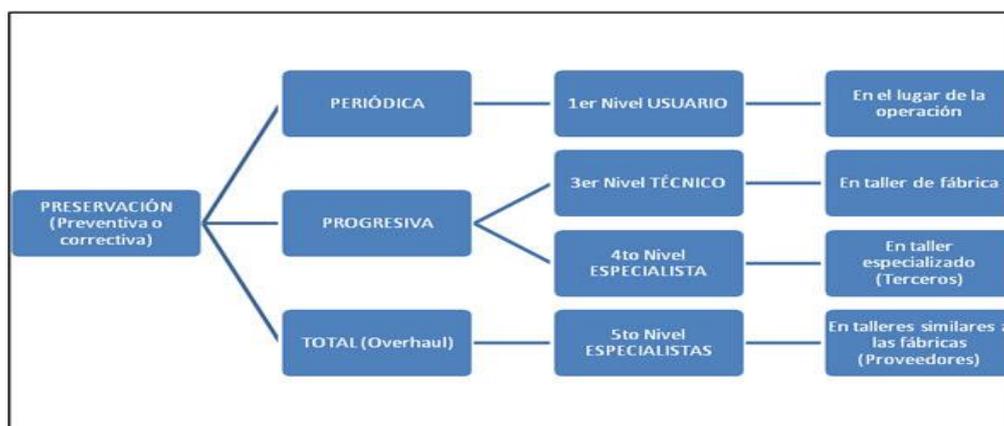
Esto dio lugar al nacimiento de grandes centros fabriles, automatizados (industrias automovilísticas, de comunicaciones, de guerra, petrolera, etc.) y se desarrolló lo que podemos llamar una ingeniería de conservación (Preservación y mantenimiento), en la fecha 1950 puede tomarse como el parte aguas del pensamiento humano, en donde se relega a la máquina a ser un medio para conseguir un fin el cual es el servicio que esta proporciona. **(Madrigal R. & Rosales, 1998)**

La conservación es toda acción humana que, mediante la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes en el hábitat humano y propicio con ello, el desarrollo integral del hombre y de la sociedad. La preservación es la acción humana encargada de evitar daños a los recursos existentes. **(Madrigal R. & Rosales, 1998)**



El funcionamiento normal de cualquier sistema, máquina o equipo, tiende a deteriorar más su estado físico. Para que estos lleguen a cumplir su tiempo de vida útil, es necesario pensar cuidadosamente como debe uno protegerlos; por ejemplo, si se trata de un grupo electrógeno, veremos que, entre otras cosas, necesita lubricación para disminuir el desgaste, limpieza para evitar daños debido al polvo y cambios de escobillas, baleros, etc. Por desgaste; es decir, hay que hacer una serie de trabajos que hacen posibles que la máquina regrese a su estado físico inicial. Otro ejemplo es un bosque donde necesitamos quitar los árboles muertos, viejos o caídos, para plantar árboles nuevos, además de otras labores como regar los árboles y fumigar. Por ello debemos analizar cualquier recurso que deseamos proteger y planear con cuidado los trabajos que realizaremos (a esta labora se le llama preservación y está dirigida exclusivamente al recurso y no al servicio que este ofrece).

Preservación es la acción humana encargada de evitar daños a los recursos existentes. Existen dos tipos de preservación: la correctiva y la preventiva, la diferencia estriba en si el trabajo se hace antes o después de que haya ocurrido un daño en el recurso. Por ejemplo, pintar una tolva recién instalada, es una acción de preservación preventiva pero este mismo trabajo se califica como de preservación correctiva si fue hecho para repararla. En otras palabras preservación preventiva son los trabajos desarrollados en un recurso, a fin de evitar su degeneración, o que sea atacado por agentes nocivos; reservación correctiva son los trabajos de rehabilitación que han de desarrollar un recurso cuando este se ha degenerado o ha sido atacado por agentes nocivos.



8.3.2. Tipos de Mantenimiento.

El mantenimiento se divide en dos ramas: mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.

8.3.2.1. Mantenimiento Correctivo.

Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada. Este tipo de mantenimiento se divide en dos ramas.

8.3.2.1.1. Correctivo Contingente.

Se refiere a las actividades que se realizan en forma inmediata, debido a que algún equipo que proporciona servicio vital ha dejado de hacerlo, por cualquier causa, y tenemos que actuar en forma emergente, y en el mejor de los casos, bajo un plan contingente.

8.3.2.1.2. Correctivo Programable.

Este se refiere a las actividades que se desarrollan en los equipos o maquinas que están proporcionando un servicio trivial y este, aunque necesario, no es indispensable para dar una buena calidad de servicio, por lo que es mejor programar su atención, por cuestiones económicas.

8.3.2.2. Mantenimiento Preventivo.

Se puede definir como la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, con el fin de garantizar que la calidad de servicio que estos proporcionan continúe dentro de los límites establecidos.

8.3.2.2.1. Mantenimiento Predictivo.

Es un sistema permanente de diagnóstico que permite detectar con anticipación la posible pérdida de calidad de servicio que esté entregando un equipo.

8.3.2.2.2. Mantenimiento Periódico.

No es más que un procedimiento de mantenimiento preventivo que como su nombre lo indica es rutinario, con el fin de aplicar los trabajos después de determinadas horas de funcionamiento del equipo, en que se hacen pruebas y se cambian algunas partes por término de vida útil o fuera de especificación.

8.3.2.2.3. Mantenimiento analítico.

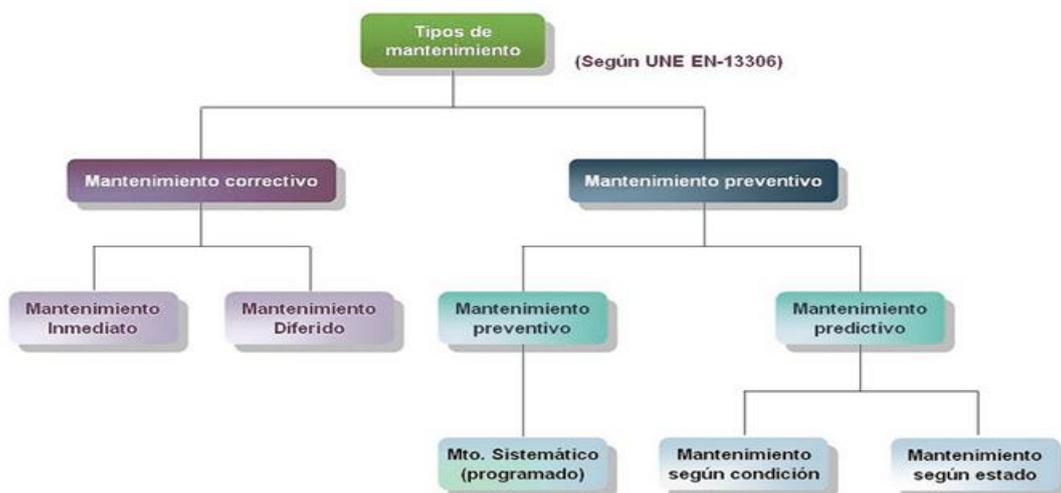
Se basa en un análisis profundo de la información proporcionada por captores y sensores dispuestos en los sitios más convenientes de los recursos vitales e importantes de la empresa.

8.3.2.2.4. Mantenimiento Progresivo.

Este tipo de mantenimiento consiste en atender al recurso por partes, progresando en su atención cada vez que se tiene oportunidad de contar con un tiempo ocioso de este. Es necesario contar con una rutina a seguir.

8.3.2.2.5. Mantenimiento Técnico.

Es una combinación de los criterios establecidos para el mantenimiento periódico y para el progresivo, es decir, mientras en el mantenimiento periódico tenemos necesidad de contar con que el recurso tenga un tiempo ocioso suficiente para repararlo, o en su defecto, tener un recurso de reserva. (Madrigal R. & Rosales, 1998)



8.3.3. Costos de mantenimiento.

Los costos en el mantenimiento son los precios pagados por concepto de las acciones realizadas para conservar o restaurar un bien o un producto a un estado específico. (Grijalbo Mondadori, 1997). Los costos en general se pueden agrupar en dos categorías: Costos Directos y Costo Indirectos.

8.3.3.1. Costos Directos.

Son los cargos aplicables al concepto de trabajo que se derivan de las erogaciones por mano de obra, materiales, maquinaria, herramienta, instalaciones, y por patentes en su caso, efectuadas exclusivamente para realizar dicho concepto de trabajo. Los costos directos en este caso serán los correspondientes a: Materiales para el mantenimiento, mano de obra y equipo y herramientas.

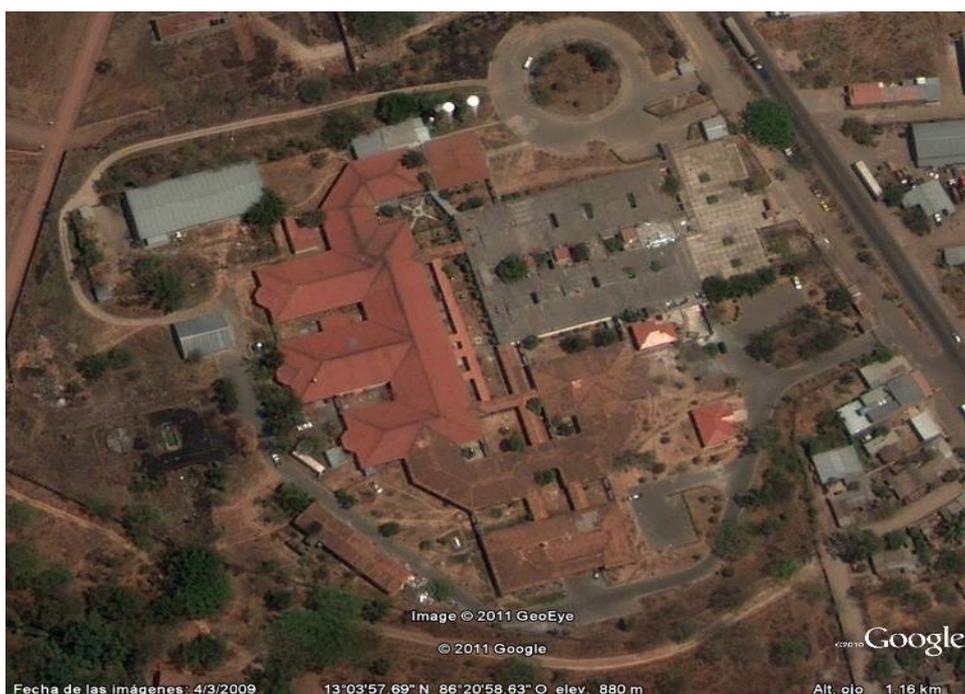
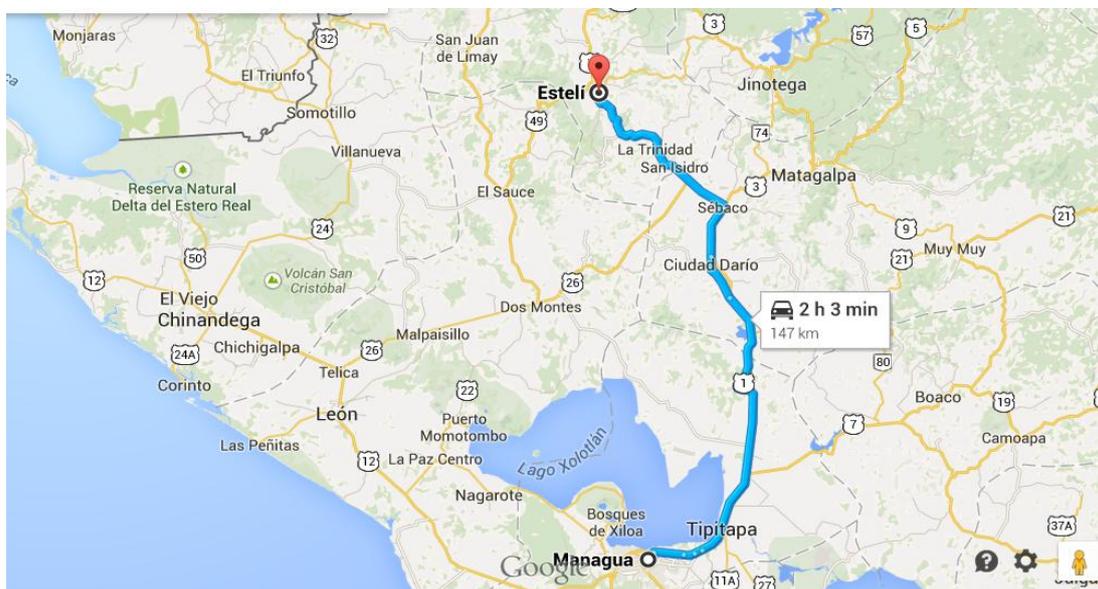
8.3.3.2. Costos Indirectos.

Corresponden a los gastos generales necesarios para la ejecución de los trabajos no incluidos en los cargos directos que realiza la empresa, tanto en su oficina central como en la obra, y que comprenden entre otros, los gastos de administración, organización, dirección técnica, vigilancia, supervisión, financiamiento, imprevistos, transporte de maquinaria. **(Bravo Silva, 1989)**

IX. DISEÑO METODOLÓGICO

9.1. Localización de la investigación

Esta investigación se realizó en las instalaciones del Hospital San Juan de Dios, localizado en el kilómetro 148 carretera norte en la ciudad de Estelí, siendo su posición geográfica la siguiente: 13°05' latitud norte y 86°21' longitud oeste, tiene una altura de 800 metros sobre el nivel del mar, cabecera municipal del departamento de Estelí, a 147 km de la ciudad Capital Managua, Nicaragua.



9.2. Tipo de Estudio

Esta investigación se define como cuali-cuantitativa. Cuantitativa porque abordamos aspectos económicos que determinaron los beneficios de la implementación de la prevención en lugar de la corrección en cuanto a mantenimiento y cualitativa porque debemos tomar como punto guía la calidad del servicio hacia las y los pacientes así como las características y factores de un buen mantenimiento de las centrales de aire acondicionado.

9.3. Población y muestra

Puesto que contamos con tres poblaciones distintas para la aplicación de nuestros instrumentos investigativos, (Equipos Centrales, Técnicos de Mantenimiento, Pacientes), hemos determinado nuestra muestra de la siguiente manera: Serán analizados los tiempos de todas las centrales de aire siendo un total de 15 equipos, las entrevistas y trabajo directo será implementado con el jefe del departamento de mantenimiento y el técnico a cargo del mantenimiento de las centrales de aire acondicionado, y una muestra de 30 pacientes, seleccionados al azar, para determinar la calidad del servicio y la climatización de las diferentes aéreas del hospital.

9.4. Etapas de la investigación

La investigación será realizada directamente en el campo de aplicación para desarrollar mejor las mediciones de tiempo y funcionamiento necesarias en los equipos y trabajar de la mano junto con el personal a cargo del mantenimiento de estos.

Los pasos a desarrollar en la investigación para el cumplimiento de los objetivos propuestos son los siguientes:

1. Involucramiento directo en las actividades de mantenimiento para identificar las acciones involucradas directamente en el procedimiento de corrección y el tiempo que se toman el técnico en la realización de esta tarea. Además de la implementación de mediciones de tiempo y consumo energético.

2. Documentación en base a los manuales de fábrica de los equipos, las hojas de vida de cada central e información bibliográfica y recopilada en las entrevistas y encuestas para determinar de qué manera puede ser aplicada la teoría en el diseño de un manual preventivo.
3. Se diseñara una propuesta de plan de mantenimiento preventivo y se ajustaran detalles.
4. Estudios de comparación serán realizados para determinar si el nuevo plan de mantenimiento preventivo brinda los resultados económicos esperados a través del balance costo-beneficio.
5. Es necesario una serie de reuniones con el jefe de mantenimiento y técnico encargado del aire acondicionado para la evaluación crítica del plan de mantenimiento preventivo y determinar si se ajusta las necesidades y si es aplicable con los recursos económicos-humanos con los que cuenta la institución.

9.5. Operacionalización de las variables

Variables	Sub Variables	Concepto	Indicadores	Categoría
Plan de Mantenimiento Preventivo.	Costos	Es el valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien o servicio.	-Costos directos involucrados en el mantenimiento. -Costos indirectos del proceso.	Variable continua.
	Rendimiento	Cociente entre el trabajo producido por una máquina y la energía necesaria para su		Variable continua

		funcionamiento.		
	Calidad del Servicio	Es una metodología orientada a garantizar una mejor atención a sus clientes. (Grijalbo Mondadori, 1997)	-Entrevista a los/las pacientes.	Variable discreta.
Tiempo de Operación	Tiempo Estándar	Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, utilizando método y equipo estándar, por un trabajador, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.		Variable continua
	Tiempo Normal	El tiempo requerido por el operario normal para realizar la operación cuando trabaja con velocidad estándar. (Criollo, 1998)		Variable continua
Trabajadores	Capacitación	Es toda actividad realizada en una organización, respondiendo a sus necesidades, que busca mejorar la actitud, conocimiento, habilidades o conducta	Perfil del puesto de trabajo.	Variable discreta.

		de su personal.		
	Compromiso Laboral	El vínculo de lealtad o membrecía por el cual el trabajador desea permanecer a la empresa. Debido a su motivación implícita.	-Políticas de la empresa. - Entrevista directa al personal.	Variable discreta.

Tabla 1 Operacionalización de las variables

9.6. Técnicas de recolección de la información

9.6.1. Revisión de la bibliografía.

Fueron estudiados libros de referencia que permitieron conocer herramientas para las medidas de tiempos y diseño de plan de mantenimiento.

9.6.2. Observación del proceso de mantenimiento.

La observación y participación directa en el proceso de mantenimiento sirvió para mostrar de qué manera estaba funcionando la institución y como este mismo proceso podía ser optimizado con el mantenimiento preventivo.

9.6.3. Medición de tiempos.

Se realizó para la obtención de información en base a los procedimientos a modo de hojas de control y diagramas analíticos, todo esto en el periodo de 4 semanas para registrar las variaciones de funcionamiento de los equipos que hubo y que fueron base para nuestro estudio.

9.6.4. Realización de encuestas y entrevistas.

Para la evaluación de la calidad en el servicio y percepción de la climatización de las diferentes salas se realizó una encuesta (Anexos) a los pacientes, dicha encuesta está compuesta de 6 preguntas y se realizó tanto a pacientes del género masculino como del femenino en diferentes situaciones y áreas de recuperación. En cuanto a la entrevista aplicada al jefe del departamento de mantenimiento y técnico encargado de los aires sirvió para identificar las principales consecuencias producidas por el fallo de estas centrales y a la vez

para determinar la capacitación del personal para la implementación de un correcto mantenimiento.

9.7. Tratamiento de la información

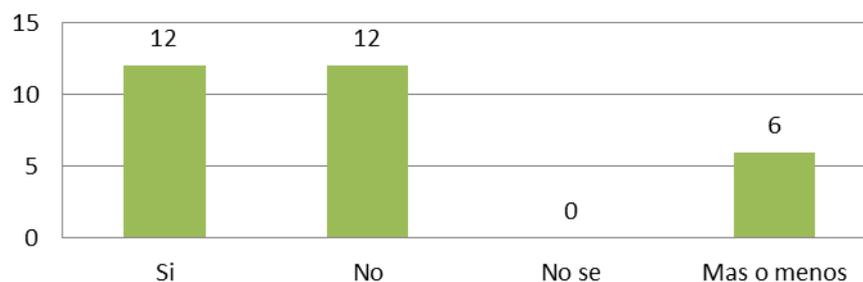
Después de que fueron realizados los procedimientos mencionados anteriormente se procedió al análisis y tratamiento de la información recolectada, a través de la digitalización de la información recolectada en las entrevistas a modo de conclusiones conjuntas. Fueron implementados los Diagramas de Pescado y de Hombre-Máquina como resultado de los estudios implementados en las mediciones de tiempo. Para la elaboración del documento se utilizó, en la plataforma operativa de Windows, Word 2013, para el procesamiento de datos referentes al control de costos se implementó siempre en este mismo sistema operativo el programa Excel 2013.

X. RESULTADO

En el área de resultados presentaremos a través de diagramas las respuestas obtenidas por los pacientes, en el caso de las entrevistas han sido utilizadas para la redacción del marco teórico y plan de mantenimiento.

La primera pregunta es:

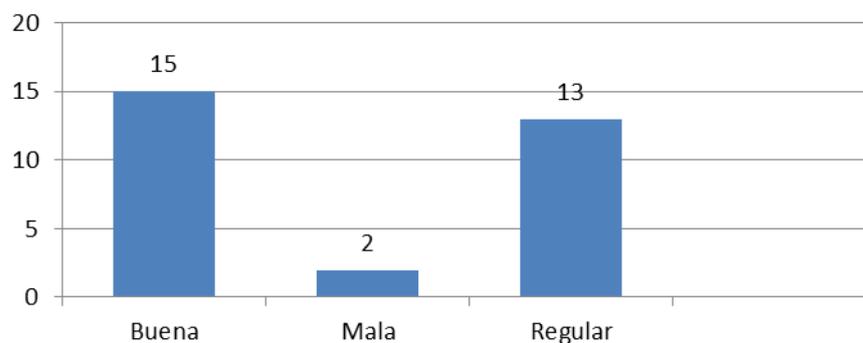
¿Es usted un paciente frecuente en el hospital?



Tuvimos resultados variables como corresponde, al ser escogidos pacientes al azar encontramos que un 40% eran pacientes frecuentes, otro 40% no visitaban constantemente el hospital y un 20% más o menos

En nuestra pregunta número dos consultamos:

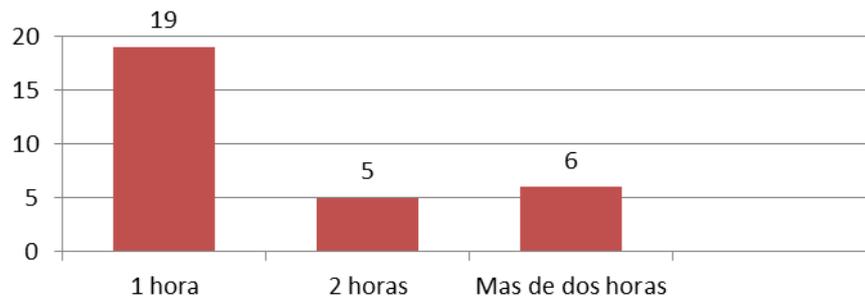
¿Cómo es la atención?



Como podemos apreciar, la percepción en cuanto a la calidad en la atención obtuvimos un 50% de respuesta positivas, un 6.66% de valoración negativa y un 43.33% que opina que es regular.

Continuando con la encuesta, quisimos saber el tiempo regular que en tardaban en ser atendidos los pacientes, a lo que respondieron a la pregunta:

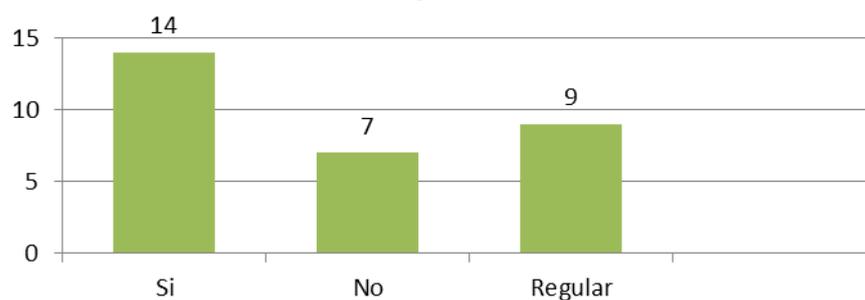
¿Cuánto tiempo esta en la sala de espera?



Como podemos observar un 63.33% considera que la atención por parte del personal médico llego en un hora después de haber arriba al centro de salud, aunque 16.66% han sido atendidos en dos horas y un 20% han sido atendidos en más de dos horas, lo que consideramos bastante realista.

Por lo que la siguiente pregunta nos lleva a consultar sobre las condiciones de esa espera:

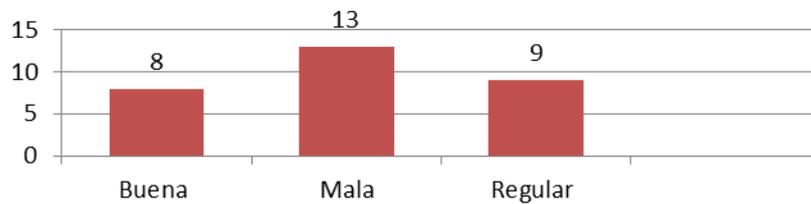
¿Tiene buena condiciones la sala de espera?



Un 46.66% valora como optimas las condiciones de la sala de espera, un 23.33% cree que estas condiciones son malas, y un 30% determina que son regulares.

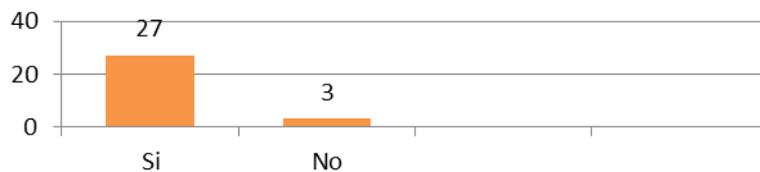
Ya que estábamos evaluando las condiciones, debíamos indagar sobre la temperatura a lo que respondieron a la pregunta:

¿Hay una buena temperatura en la sala de espera?



Un 26.66% cree que es buena, sin embargo es notorio el 43.33% no cree que la temperatura en la sala de espera sea la adecuada para un centro hospitalario y que debe ser mejorada para garantizar el confort de sus usuarios, podemos arriesgarnos a decir que el 30% que considera que es regular apoyarían la idea de mejora en este aspecto. Sin embargo en la siguiente pregunta a:

¿Es importante tener una temperatura confortable en la sala de espera?



El 90% considera que la temperatura en un aspecto importante en la sala de espera, y un 10% no lo ve de esta manera.

Como conclusión a las respuestas obtenidas en las encuestas podemos decir que la temperatura es un aspecto que necesita ser mejorado debido al tiempo que invierten los usuarios en las salas del centro hospitalario, esto nos ayudó significativamente a conocer de qué manera es percibida la calidad en el servicio.

XI. CONCLUSIONES

El plan de mantenimiento para el Hospital San Juan de Dios, Estelí, es limitado, ya que se trabaja con hojas de rutina de mantenimiento y hojas de control de equipos para las centrales de aire, esto demuestra que no hay un plan de mantenimiento para dichas unidades centrales.

Durante las mediciones de tiempo pudimos crear un registro y en base al historial del trabajo logramos documentar los volúmenes de producción (hora trabajadas por las maquinas) en el año. Esta información junto con los datos de plantilla y costos de materiales nos permitieron la planificación anual del plan de mantenimiento preventivo.

A través de las encuestas logramos identificar la calidad del servicio percibida por la población y con la entrevista recopilamos información que nos sirvió de base para nuestro trabajo documental. A la vez con la participación directa en el proceso de mantenimiento de algunos de los equipos adquirimos conocimientos en cuanto al funcionamiento del ciclo de refrigeración, partes de las centrales y herramientas empleadas en el mantenimiento. Con esto logramos establecer una rutina con estándares de tiempo para el proceso de mantenimiento preventivo en cada uno de los equipos.

Al concluir con nuestro trabajo podemos ver la importancia que tiene el aplicar mantenimiento preventivo a las centrales de aire acondicionado ya que este garantiza un óptimo funcionamiento y permite que la institución brinde un servicio de excelente calidad a sus usuarios, así como también pudimos darnos cuenta lo importante que es contar con un plan de mantenimiento y cumplir con cada una de las indicaciones para que con esto se facilite el uso de estos equipos por parte de los técnicos.

Podemos decir que cumplimos satisfactoriamente con nuestros objetivos y que las metas planteadas se han visto realizadas, como prueba de esto queda el modelo de un Plan de Mantenimiento Preventivo como propuesta para los técnicos de mantenimiento, y lograr de esta manera los ahorros que los cálculos y presupuestos garantizan.

XII.RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones son resultado de nuestras mediciones e investigaciones.

Se aconseja emplear un mantenimiento total cada tres años debido a que según la empresa aunque el equipo no muestre falla es recomendable para evitar algún deterioro por el uso en alguna pieza del aire, a su vez ayuda a mantener un registro del esta físico del aire.

La temperatura que debe de manejarse en las salas generales es de 25° Celsius de esta manera se garantiza el confort para los usuarios y un óptimo desempeño para los quipos. Exentos de esta recomendación están los aires implementados en los quirófanos pues por desarrollar un trabajo directamente séptico necesitan una temperatura de 20° Celsius lo que no afecta el desempeño de los aires puesto que se encuentra entre su rango de operaciones. Estas indicaciones están basadas en los estándares de la norma 100713-2005.

El mantenimiento preventivo propuesto en nuestro plan, debe ser realizado cada 3 meses, y debe ser revisado en caso de alguna falla inesperada para la reformulación de los presupuestos. El tiempo determinado es el mismo indicado por su manual de fábrica brindado por la compañía representante.

XIII. BIBLIOGRAFIA

- Bravo Silva, R. (1989). *Admisnitracion de Mantenimiento Industrial*. San Jose, CR: Editorial UNED.
- Carnicer, E. (2001). *Aire Acondicionado*. Madrid: Paraninfo.
- Clima Proyecto. (s.f.). *Paquetes de Aire Acondicionado*. Obtenido de www.paquetesdeaireacondicionado.com/aire-acondicionado-tipo-paquete.html
- Criollo, R. G. (1998). *Estudio del Trabajo*. Mexico D.F: Mc. Graw Hill.
- Fuentes., I. A. (5 de Septiembre de 2014). Mantenimiento Preventivo Aires Acondicionados. (R. Camacho, Entrevistador)
- Grijalbo Mondadori. (1997). *Gran Diccionario Enciclopedico Ilustrado*. Barcelona: Grijalbo S.A.
- Madrigal R., M., & Rosales, S. A. (1998). *La productividad en el mantenimiento industrial*. Mexico D.F: Compañía Editorial Continental S.A.
- Normalización, A. E. (2005). *Patente n° UNE 100713-2005*. España.
- Wikipedia. (25 de Abril de 2014). *Wikipedia la Enciclopedia Libre*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Acondicionamiento_de_aire

131. Links, imágenes empleadas

- http://2.bp.blogspot.com/_tNDQnIGR8GA/S74FtMkp5oI/AAAAAAAAA8/P3KOUVsPGjE/s1600/Imagen1.jpg
- http://farm9.staticflickr.com/8171/7908772224_c1fb273aea_o.jpg
- <http://www.frimont.com/imagenes/copeland/cutaway.jpg>
- http://i01.i.aliimg.com/photo/v2/206950657/Air_conditioner_Condenser_Air_conditioner_evaporator.jpg
- <http://www.innerco.com/Manager/Upload/Pic/201292311756probigpic.jpg>
- http://1.bp.blogspot.com/-Yu0wGfeA3qQ/UQm-9grUZil/AAAAAAAAAKk/KB1d8PsV2Eg/s1600/363744193_482.jpg
- http://www.termosistemas.com.ar/noticias/noticias_clip_image010_0000.gif
- <https://www.sanhuaeurope.com/uploads/images/products/electronic-expansion-valve-series-dpf-t-s-3-514c5ec721c747.52332459.jpg>
- http://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia_aire_acondicionado.html
- http://www.nationalgeographic.com.es/medio/2013/06/11/55401388_2000x1500.jpg
- <http://myupstatenewyork.files.wordpress.com/2012/06/carrier.jpg>
- http://www.energystar.gov/index.cfm?c=roomac.pr_properly_sized

XIV. ANEXOS

14.1. Encuestas y Entrevistas

ENCUESTA A PACIENTES DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS ESTELÍ

Estimada(o)

Actualmente estoy realizando mi trabajo de culminación de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial", para lo cual estoy trabajando una investigación con el tema: "Manual de mantenimiento preventivo en las centrales de aire acondicionado del HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS ESTELÍ"

Objetivo:

Recopilar información sobre la calidad de servicio a las y los pacientes que acuden al HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS ESTELÍ.

.Nombre del

Paciente _____

Fecha _____ Hora _____

Hombre _____ Mujer _____

1. *¿Es usted un paciente frecuente en el hospital?*
 - a. Si
 - b. No
 - c. No Sé
 - d. Más o menos
2. *¿Cómo es la atención?*
 - a. Buena
 - b. Mala
 - c. Regular
3. *¿Cuánto tiempo está en espera para ser atendida / atendido?*
 - a. 1 hora
 - b. 2 horas
 - c. Más de 2 horas
4. *¿Tiene buenas condiciones la sala de espera?*
 - a. Si

- b. No
- c. Regulares

5. *¿Hay una buena temperatura en la sala de espera?*

- a. Buena
- b. Mala
- c. Regular

6. *¿Es importante tener una temperatura climática en la sala de espera?*

- a. Si
- b. No

14.2. ENTREVISTA AL PERSONAL DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS ESTELÍ

Estimada(o)

Actualmente estoy realizando mi trabajo de culminación de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial”, para lo cual estoy trabajando una investigación con el tema: “Manual de mantenimiento preventivo en las centrales de aire acondicionado del HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS ESTELÍ”

Objetivo:

Recopilar información sobre EL BUEN ESTADO DE LOS EQUIPOS CENTRALES DE AIRE ACONDICIONADO DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS ESTELÍ.

Nombre del
Trabajador _____

Fecha _____ Hora _____

Hombre _____

1. *¿el personal de mantenimiento es capacitado para brindar mantenimiento a los equipos de aires acondicionados centrales del hospital?*
1. *¿Presentan daños con frecuencia las centrales de aire acondicionado? ¿Cuáles son los más frecuentes?*
2. *¿Qué problemas se presentan cuando hay daños de las centrales de aire acondicionado? ¿Cuáles son los costos de los repuestos para solventar estos daños?*
3. *¿Qué atrasos hay en quirófanos cuando hay daños en las centrales de air acondicionados?*
4. *¿Cuál es el costo de quirófano por hora?*

14.3. Plan de mantenimiento preventivo, Centrales de Aire Acondicionado, Hospital San Juan de Dios, Estelí

Capítulo I. Resumen Ejecutivo.

La capacitación se está convirtiendo en la única garantía para la seguridad laboral en una sociedad cada vez más tecnificada y especializada. Muchos expertos aseguran que los trabajos del futuro serán para las personas que presenten la mayor oferta de habilidades y conocimientos técnicos.

Una de las herramientas fundamentales para una efectiva capacitación de nuevos técnicos en el área de acondicionamiento de aire, es un Plan detallado de mantenimiento preventivo, que permita manejar conceptos, partes de las centrales de aire acondicionado, procesos a seguir para un correcto mantenimiento preventivo, y un presupuesto base para la realización del mismo. Todo esto como parte del concepto de que poseer un recurso ya no es simplemente lograr obtenerlo, sino que poseer un recurso requiere en los tiempos actuales la habilidad de administrarlo, cuidarlo, usarlo y mantenerlo.

El objetivo de poseer un recurso, en este caso, las centrales de aire acondicionado del centro médico, es el de poder disponer de estos para la climatización de las áreas dedicadas a diferentes tipos de pacientes. Y una de las tendencias fuertes y probadas a nivel mundial para lograr este objetivo de disponibilidad es por medio del Mantenimiento Preventivo. En pocas palabras, de nada sirve que la institución de salud cuente con recursos si no lograra un correcto uso y conservación de estos..

El mantenimiento preventivo no es una rama totalmente nueva. Lo que es nuevo es el reconocimiento de su importancia en las aéreas sanitarias. Esto es así porque las limitantes económicas, de recursos humanos, de normativas, etc., con la que se han visto encaradas las instituciones sanitarias públicas, lo que no han permitido una estrategia definida sobre la conservación de sus recursos.

El momento de iniciar la implantación de un sistema de mantenimiento preventivo programado en cada institución es de inmediato. El mantenimiento preventivo ayuda a reducir los problemas inesperados y a conservar los activos que ya poseemos. Al iniciar ahora las funciones y la puesta en marcha del

sistema de mantenimiento estaremos listos para cuando lleguen nuevos recursos a este centro de atención sanitaria. La incorporación de estos al esquema de mantenimiento preventivo será muy transparente y sin obstáculos. En general, la mejor estrategia es sistematizar las funciones y responsabilidades que requiere un sistema de mantenimiento.

Estas filosofías y la implantación del presente plan garantizaran la prolongación de la vida de los equipos, infraestructuras, proyectos y otros que contribuyan a mejorar la calidad de la atención de las y los pacientes.

Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Definición y clasificación de mantenimiento.

El mantenimiento consiste en prevenir fallas en un proceso continuo, desde la etapa inicial de todo proyecto y asegurando la disponibilidad planificada a un nivel de calidad dado, al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía de uso, de las normas de seguridad y medio ambiente aplicable.

2.1.1. Finalidad del mantenimiento.

Conservar la planta industrial o institución con el equipo, los edificios, los servicios y las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad específicas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de producción o atención.



2.1.2. Mantenimiento correctivo.

Se denomina mantenimiento correctivo, aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Históricamente es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las máquinas,

equipamientos e instalaciones de la época. El mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado.

Este mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues implica el cambio de algunas piezas del equipo.

2.1.3. Mantenimiento Preventivo.

Este tipo de mantenimiento tiene por fin:

A) prevenir la ocurrencia de fallas. Se conoce como Mantenimiento preventivo directo o periódico FTM (Fixed Time Maintenance) por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo. Se basa en la Confiabilidad de los equipos (MTTF) sin considerar las peculiaridades de una instalación dada, ej.: limpieza, lubricación y recambios programados.

B) Detectar las fallas antes de que se desarrollen en una rotura u otras interferencias en producción, está basado en inspecciones, medidas y control del nivel de condición de los equipos. También conocido como mantenimiento predictivo indirecto o mantenimiento por condición.

C) Verificar muy de cerca la operación de cada máquina operando en su entorno real. El mantenimiento predictivo permite decidir cuándo hacer el preventivo.

2.2. Definición de Aire Acondicionado.

Proceso o tratamiento que permite controlar y mantener las condiciones de confort en el interior de una estancia o recinto cerrado, por lo que se pretende controlar las condiciones de temperatura, humedad, circulación y pureza del aire conveniente para la salud y el confort. En nuestro caso es necesario para los ambientes o espacios donde se requieren condiciones específicas de temperatura y humedad, como por ejemplo: salas de cirugía, neonato, morgue, etc.

Los valores de temperatura, humedad, limpieza y movimiento del aire influyen muy directamente sobre el confort y varía según la necesidad. La temperatura recomendada para los quirófanos es de 20° C, mientras que para las demás salas oscila entre 22°C y 25° C máximo. **(Normalización, 2005)**

La humedad relativa es la relación que existe entre el agua del aire en suspensión a una temperatura dada y la que podría contener si estuviera saturado (el aire) a esa temperatura. Oscila entre el 30% y el 65%. Si el porcentaje es así bajo se resecan las vías respiratorias y además, da lugar a una evaporación demasiado rápida, que produce una desagradable sensación de frío. Si la humedad es demasiado alta se dificulta la evaporación del sudor, dando la sensación de bochorno, también produce condensación de agua sobre ventanas, paredes, muebles, etc. El aire de una habitación está en movimiento, debido a la presencia de personas y por efectos térmicos. Este movimiento no debe superar el valor de 0.25 m/s. Una velocidad superior produce un efecto desagradable, que se incrementa cuando el aire es muy frío. Igualmente una velocidad menor de 0.1 m/s puede ser molesta.

Cualquier sistema de aire acondicionado deberá realizar las siguientes funciones:

- Controlar la temperatura.
- Controlar la humedad relativa.
- Eliminar la impureza del aire.
- Controlar el movimiento de aire.
- Renovar el aire interior con aire nuevo exterior.

2.2.1. Sistema de Aire Acondicionado.

2.2.1.1. Enfriamiento o Solo frío: Es mantener un espacio o lugar a una temperatura menor que en el exterior o lugar que nos rodea. Son equipos que únicamente proporcionan enfriamiento (conocidos como aparatos de aire acondicionado).

2.2.1.2. Calefacción o Bomba de calor: Es mantener un espacio o lugar a una temperatura mayor que la de sus alrededores. Hay equipos de aire acondicionado que tienen la disponibilidad de invertir su ciclo para proporcionar calor al interior del espacio a acondicionar.

2.2.2. Tipos de aire acondicionado.

2.2.2.1. De confort: Casas y Oficinas, $22^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$.

2.2.2.2. Comercial: Industrial, $20^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$.

2.2.2.3. Precisión: Salas de cómputo, $17^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$.

2.2.2.4. Industria Farmacéutica: Clases de aire, 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000, cambios de aire por hora.

2.3. Operación de Aire Acondicionado.

El acondicionador de aire o clima toma aire del interior de una recámara pasando por tubos que están a baja temperatura estos están enfriados por medio de un líquido que a su vez se enfría por medio del condensador, parte del aire se devuelve a una temperatura menor y parte sale expulsada por el panel trasero del aparato, el termómetro está en el panel frontal para que cuando pase el aire calcule la temperatura a la que está el ambiente dentro de la recámara, y así regulando que tan frío y que tanto debe trabajar el compresor y el condensador.

2.4. Componentes del equipo de acondicionamiento.

El equipo de acondicionamiento de aire se encarga de producir frío o calor y de impulsar el aire tratado a la vivienda o local. Generalmente los acondicionadores de aire funcionan según un ciclo frigorífico similar al de los refrigeradores domésticos. Al igual que estos electrodomésticos, los equipos de acondicionamiento poseen cuatro componentes principales:

- Compresor.
- Evaporador.

- Dispositivo de expansión.
- Condensador.

2.4.1. Compresor.

La misión del compresor es la de aspirar el gas que proviene del evaporador y transportarlo al condensador aumentando su presión y temperatura. Funciona mediante un motor eléctrico. La energía que toma el compresor se la cede al fluido refrigerante, para comprimirlo. En los equipos partidos estará en la unidad exterior.

Los tipos de compresores son:

1. **Alternativo:** se divide en tres tipos:

Herméticos: tanto el motor como el compresor están dentro de la misma carcasa y es inaccesible. Van enfocados a pequeños equipos de carga crítica.

Semiherméticos: es igual que el anterior pero es accesible, se puede reparar cada una de sus partes.

Abierto: motor y compresor van separados.

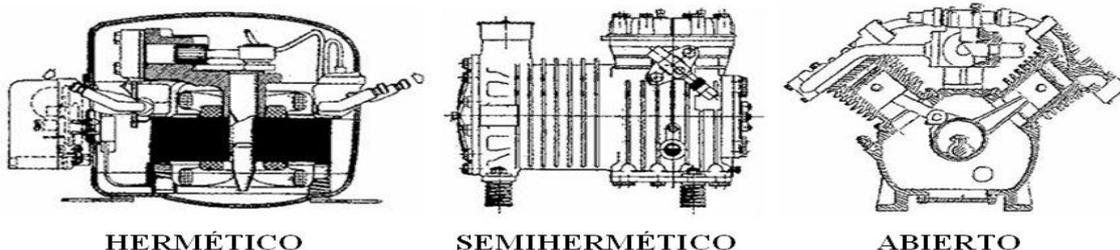


Figura 5 Tipos de compresores

2. **Rotativo:** está formado por una excéntrica que va rodando dentro de una cavidad de manera que va aspirando y comprimiendo el gas a la vez.



Figura 6 Compresor rotativo

3. **Scroll:** está formado por dos espirales una fija y otra móvil de manera que la móvil se va cerrando sobre la fija. La espiral móvil va aspirando el gas y lo va cerrando contra la otra espiral y los va comprimiendo. Igual que el rotativo va comprimiendo y aspirando continuamente, admite golpes de líquido, tiene bajo nivel sonoro y de vibraciones, no arrastra casi aceite, tiene bajo par de arranque y se utiliza generalmente en aire acondicionado.



Figura 7 Compresor Scroll

3.4.2. Evaporador.

Así se denomina a un dispositivo que enfría algo mediante la evaporación de un fluido. Se compone de unos tubos que lleva unas aletas al exterior, y se asemeja al radiador de un automóvil. Por un extremo se alimenta, a través de una válvula, de fluido refrigerante, contenido en el circuito a presión. Por el exterior del tubo circula aire movido por la acción del ventilador.

El fluido refrigerante está a una temperatura de +3° C, mientras que el aire está a +25°C. Debido a esta diferencia de temperatura el calor pasa al refrigerante, por lo que el aire se enfría. El fluido refrigerante se calienta y vaporiza transportando la energía que ha tomado al aire.

Funcionando en refrigeración el evaporador estará en la unidad interior y en bomba de calor, en la unidad exterior. En los evaporadores inundados la transmisión de calor es uniforme, en los secos es una mezcla de gas y líquido pulverizado.

La cantidad de calor que absorbe el evaporador depende de la superficie, la diferencia de temperatura (entre el exterior y la temperatura de evaporación) y el coeficiente de transmisión de calor (K) que es el material que empleamos.

$$Q = S * \Delta t * k$$

s: Superficie (m²).

t: Diferencia de temperatura.

K: Coeficiente de transmisión de calor (Kcal/m²/°C; W/m²/°C)

Q: Cantidad de calor (w, Kcal).

La superficie es siempre constante, puede variar el Δt (ventiladores) o la K (hielo en el evaporador, exceso de aceite, etc.). Cuando el líquido entra en el evaporador a través del elemento de expansión una parte se evapora (30%) para enfriarse a sí mismo, el resto va robando calor al exterior y va evaporándose a medida que atraviesa el evaporador.

La presión y temperatura se mantienen constantes siempre que por el evaporador circule líquido, en el momento que se halla evaporado todo, si el refrigerante sigue robando calor del exterior obtendremos gas recalentado o recalentamiento.



Figura 8 Evaporador

3.4.3. Dispositivo de expansión.

La misión de los elementos de expansión es la de controlar el paso de refrigerante y separa la parte de alta con la de baja presión, esto en la aspiración y descarga del compresor; los diferentes tipos de elementos de expansión son:

- **Tubo capilar**

Los tubos capilares se utilizan habitualmente como elementos de expansión en pequeñas instalaciones por las razones siguientes:

- Facilidad de instalación.
- Bajo costo.
- Fiabilidad, no hay piezas en movimiento.
- Permiten la utilización de compresores de bajo par de arranque por el buen equilibrio de presiones.

Cuando el refrigerante líquido entra dentro del tubo capilar se produce una estrangulación, (aumenta la velocidad y disminuye la presión), debido a esto parte del líquido se evapora al cambiar de presión.

Para evitar que se evapore todo el líquido antes de entrar al evaporador se suele soldar junto con la línea de aspiración para evitar que robe calor del exterior.



Figura 9 Tubo Capilar

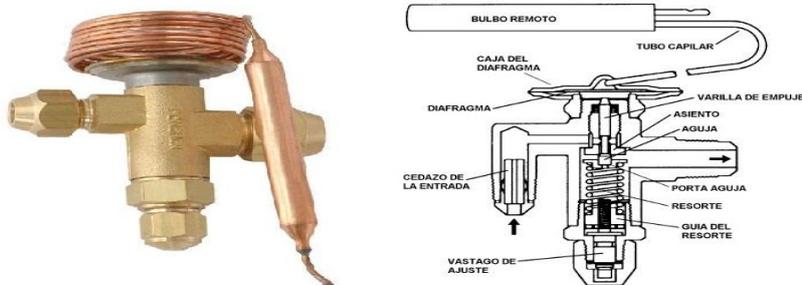
- **Válvula de expansión termostática.**

Las válvulas de expansión termostática están formadas por:

- **Bulbo:** es un elemento cargado con el mismo refrigerante que hay que controlar. La presión que ejerce este refrigerante depende de la temperatura al final del evaporador y actúa sobre el orificio calibrado de la válvula.

La presión del bulbo es presión de apertura (a más temperatura mayor apertura).

- **Tornillo de recalentamiento:** va ajustado de fábrica con 4°C (respecto la presión de baja), la presión que ejercemos con el tornillo contrarresta la presión del bulbo.



Válvula de Expansión Termostática

Figura 10 Válvula de Expansión Termostática

- **Válvula de expansión automática.**

Físicamente es parecida a la termostática pero sin el bulbo, esta válvula mantiene la presión del evaporador constante, Si ajustamos la válvula a la presión de 1 bar, si el evaporador está a menos, vence la fuerza del resorte y abre la válvula, en el momento en que el evaporador alcance 1.1 bar la válvula cierra.

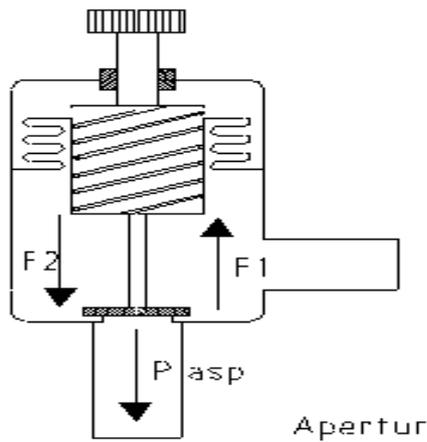


Figura 11 Válvula de Expansión Automática

- **Válvula manual.**

Es parecida a una llave de paso, se utiliza en grandes instalaciones, bajo la supervisión de un mecánico.

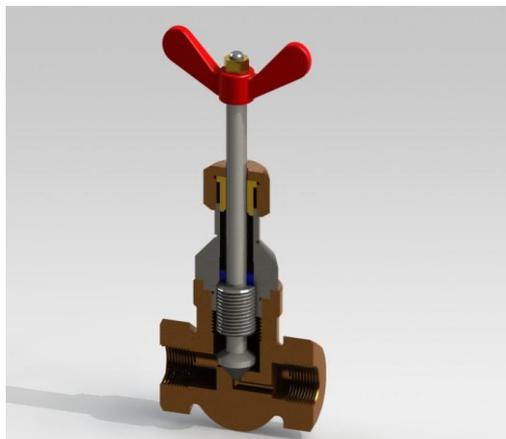


Figura 12 Válvula Manual

- **Válvula de flotador.**

Se usa en evaporadores inundados, mantienen un nivel de líquido en el evaporador. A medida que se evapora el líquido, la bolla abre la válvula y entra liquido en el evaporador y el gas evaporado se va al condensador.

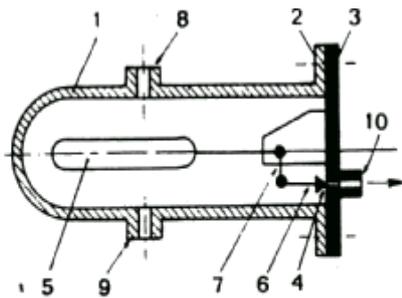


Figura 322 Válvula con flotador de alta presión.

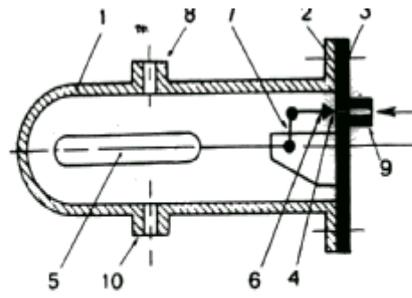


Figura 323 Válvula con flotador de baja presión.

Figura 13 Válvula de Flotador

- **Válvula electrónica.**

Está formado por una válvula solenoide, conectada a un microprocesador el cual lleva un programa y dos sondas, una conectada al principio y otra al final del evaporador.



Figura 14 Válvula electrónica

3.4.4. Condensador.

Tiene un papel inverso al del evaporador, el gas refrigerante procedente del compresor entra en el interior de los tubos que conforman el condensador. Un ventilador toma aire del exterior y este pasas alrededor de los tubos. Al estar el gas (60°C) más caliente que el aire (35°C) pasara calor desde el primero al segundo, el aire que sale del condensador se habrá calentado y se expulsara nuevamente a la atmosfera. La capacidad del condensador es la cantidad de calor que el condensador es capaz de extraer al refrigerante.



Figura 15 Condensador

3.5. Ciclo de Aire acondicionado.

En el ciclo de refrigeración circula un refrigerante (para reducir o mantener la temperatura de un ambiente, por debajo de la temperatura del entorno se debe extraer calor del espacio y transferirlo a otro cuerpo cuya temperatura sea inferior a la del espacio refrigerado, todo esto lo hace el refrigerante) que pasa por diversos estados o condiciones, cada uno de estos cambios se denomina procesos.

El refrigerante comienza en un estado o condición inicial, pasa por una serie de procesos según una secuencia definitiva y vuelve a su condición inicial. Esta serie de procesos se denominan “ciclo de refrigeración”. Este ciclo se compone de cuatro procesos fundamentales:

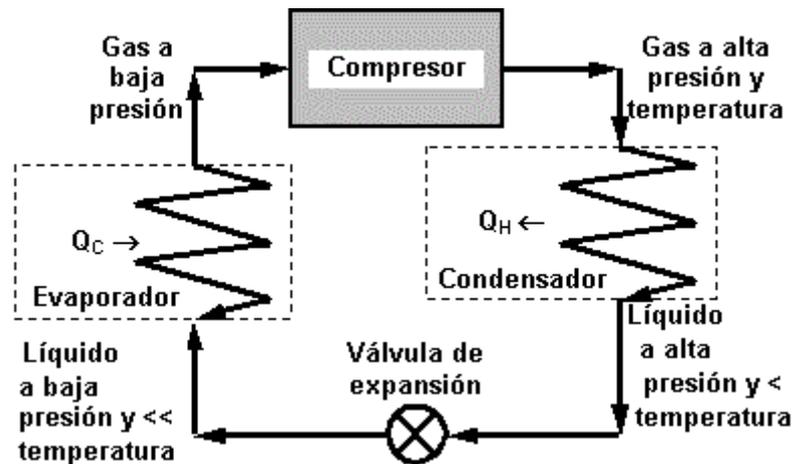


Figura 16 Ciclo de Aire Acondicionado

3.5.1. Expansión.

Al principio, el refrigerante está en el estado líquido y a una temperatura y presión alta; este fluye del receptor hacia el control del flujo del refrigerante. La presión de líquido se reduce a la presión del evaporador cuando este líquido pasa por el control de flujo de refrigerante, de tal forma que la temperatura de saturación del refrigerante que entra en el evaporador es inferior a la temperatura del ambiente refrigerado.

Una parte del líquido se evapora al pasar por el control del refrigerante para reducir la temperatura del líquido hasta la temperatura de evaporación.

3.5.2. Evaporación.

En el evaporador, el líquido se evapora a una temperatura y presión constante, mientras el calor necesario para el suministro de calor latente de evaporación pasa de las paredes del evaporador hacia el líquido que se evapora. Todo el refrigerante se evapora en el evaporador.

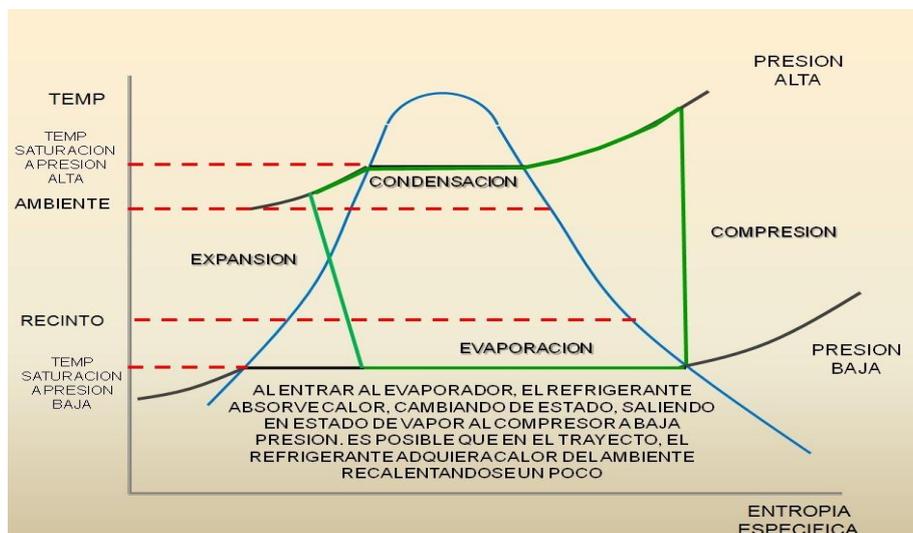
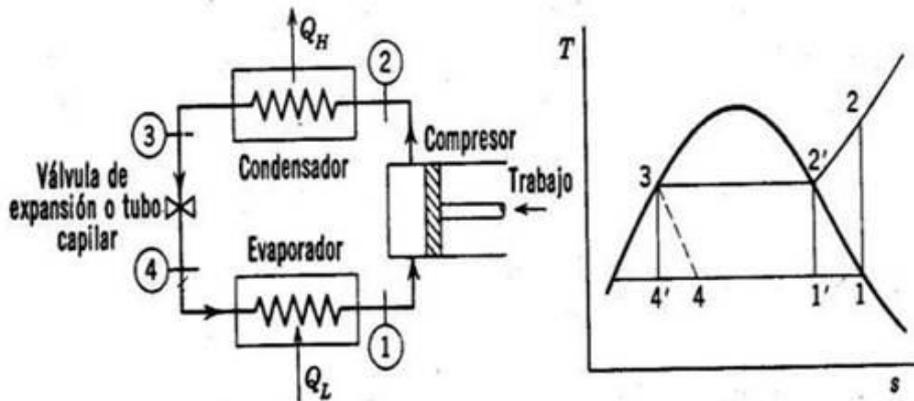
3.5.3. Compresión.

Por la acción del compresor, el vapor que resulta de la evaporación se lleva por la línea de aspiración desde el evaporador hacia la entrada de aspiración del compresor. En dicho compresor, la temperatura y presión del vapor aumenta

debido a la compresión. El vapor de alta temperatura se descarga del compresor en la línea de descarga.

3.5.4. Condensación.

EL vapor fluye por la línea de descarga hacia el condensador donde evacua calor hacia el aire relativamente frío que el ventilador del condensador hace circular a través del condensador. Cuando el vapor caliente evacua calor hacia el aire más frío, su temperatura se reduce a la nueva temperatura de saturación que corresponde a la nueva presión y el vapor se condensa, volviendo al estado líquido. Antes de que el refrigerante alcance el fondo del condensador, se condensa todo el vapor y luego se subenfria. A continuación el líquido subenfriado, pasa al receptor y queda listo para volver a circular.



3.6. Ciclo de Carnot

El ciclo de Carnot consta de cuatro etapas: dos procesos isotermos (a temperatura constante) y dos adiabáticos (aislados térmicamente). Las aplicaciones del Primer principio de la termodinámica están escritas acorde con el Criterio de signos termodinámico.

1. **Expansión isoterma:** (proceso 1 → 2 en el diagrama) Se parte de una situación en que el gas se encuentra al mínimo volumen del ciclo y a temperatura T_1 de la fuente caliente. En este estado se transfiere calor al cilindro desde la fuente de temperatura T_1 , haciendo que el gas se expanda. Al expandirse, el gas tiende a enfriarse, pero absorbe calor de T_1 y mantiene su temperatura constante. Al tratarse de un gas ideal, al no cambiar la temperatura tampoco lo hace su energía interna, y

$$Q_{12} > 0 ; U_{12} = 0 \implies 0 = U_{12} = Q_{12} - W_{12} \implies W_{12} = Q_{12} \implies W_{12} > 0$$

despreciando los cambios en la energía potencial y la cinética, a partir de la 1ª ley de la termodinámica vemos que todo el calor transferido es convertido en trabajo:

Desde el punto de vista de la entropía, ésta aumenta en este proceso: por definición, una variación de entropía viene dada por el cociente entre el calor transferido y la temperatura de la fuente en un proceso

reversible: $dS = \frac{\delta Q}{T} \Big|_{rev}$. Como el proceso es efectivamente reversible, la

$$S_{12} = \frac{Q_{12}}{T_1} > 0$$

entropía aumentará

2. **Expansión adiabática:** (2 → 3) La expansión isoterma termina en un punto tal que el resto de la expansión pueda realizarse sin intercambio de calor. A partir de aquí el sistema se aísla térmicamente, con lo que no hay transferencia de calor con el exterior. Esta expansión adiabática hace que el gas se enfríe hasta alcanzar exactamente la temperatura T_2 en el momento en que el gas alcanza su volumen máximo. Al enfriarse disminuye su energía interna, con lo que utilizando un razonamiento análogo al anterior proceso:

$$Q_{23} = 0 ; U_{23} < 0 \implies U_{23} = -W_{23} \implies W_{23} > 0$$

Esta vez, al no haber transferencia de calor, la entropía se mantiene constante: $S_{23} = 0$

3. **Compresión isoterma:** (3 → 4) Se pone en contacto con el sistema la fuente de calor de temperatura T_2 y el gas comienza a comprimirse, pero no aumenta su temperatura porque va cediendo calor a la fuente fría. Al no cambiar la temperatura tampoco lo hace la energía interna, y la cesión

$$Q_{34} < 0 ; U_{34} = 0 \implies 0 = U_{34} = Q_{34} - W_{34} \implies W_{34} = Q_{34} \implies W_{34} < 0$$

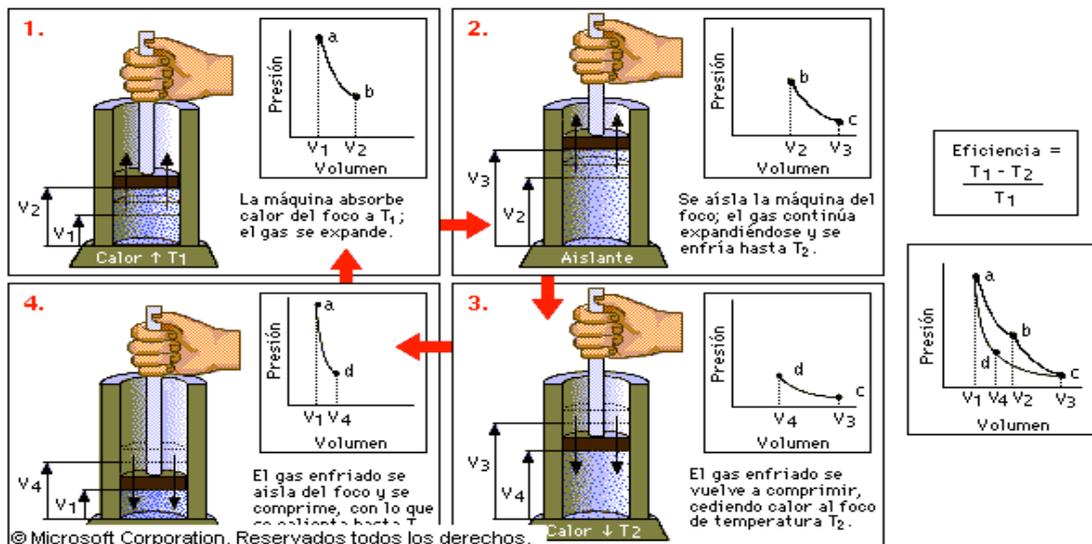
de calor implica que hay que hacer un trabajo sobre el sistema:

el calor negativo, la entropía disminuye: $S_{34} = \frac{Q_{34}}{T_2} < 0$ Al ser

4. **Compresión adiabática:** (4 → 1) Aislado térmicamente, el sistema evoluciona comprimiéndose y aumentando su temperatura hasta el estado inicial. La energía interna aumenta y el calor es nulo, habiendo que comunicar un trabajo al sistema:

$$Q_{41} = 0 ; U_{41} > 0 \implies U_{41} = -W_{41} \implies W_{41} < 0$$

Al ser un proceso adiabático, no hay transferencia de calor, por lo tanto la entropía no varía: $S_{41} = 0$



3.6.1. Trabajo del ciclo

Por convención de signos, un signo negativo significa lo contrario. Es decir, un trabajo negativo significa que el trabajo es realizado sobre el sistema.

Con este convenio de signos el trabajo obtenido deberá ser, por lo tanto, negativo. Tal como está definido, y despreciando los cambios en energía mecánica, a partir de la primera ley:

$$dU = \delta Q - \delta W \quad \Rightarrow \quad \delta W = \delta Q - dU \quad \Rightarrow \quad W = \oint \delta Q - dU$$

Como dU (diferencial de la energía interna) es una diferencial exacta, el valor de U es el mismo al inicio y al final del ciclo, y es independiente del camino, por

$$W = \oint \delta Q = \int_1^2 T_1 dS + \int_3^4 T_2 dS = T_1(S_B - S_A) + T_2(S_A - S_B) = (T_1 - T_2)(S_B - S_A) > 0$$

lo tanto la integral de dU vale cero, con lo que queda

Por lo tanto, en el ciclo el sistema ha realizado un trabajo sobre el exterior.

3.6.2. Ciclo real

Todos los procesos reales tienen alguna irreversibilidad, ya sea mecánica por rozamiento, térmica o de otro tipo. Sin embargo, las irreversibilidades se pueden reducir, pudiéndose considerar reversible un proceso cuasi estático y sin efectos disipativos. Los efectos disipativos se reducen minimizando el rozamiento entre las distintas partes del sistema y los gradientes de temperatura; el proceso es cuasi estático si la desviación del equilibrio termodinámico es a lo sumo infinitesimal, esto es, si el ccaracterístico del proceso es mucho mayor que el tiempo de relajación (el tiempo que transcurre entre que se altera el equilibrio hasta que se recupera). Por ejemplo, si la velocidad con la que se desplaza un émbolo es pequeña comparada con la del sonido del gas, se puede considerar que las propiedades son uniformes espacialmente, ya que el tiempo de relajación mecánico es del orden de $V^{1/3}/a$ (donde V es el volumen del cilindro y a la velocidad del sonido), tiempo de propagación de las ondas de presión, mucho más pequeño que el

tiempo característico del proceso, $V^{1/3}/w$ (donde w es la velocidad del émbolo), y se pueden despreciar las irreversibilidades.

Si se hace que los procesos adiabáticos del ciclo sean lentos para minimizar las irreversibilidades se hace imposible frenar la transferencia de calor. Como las paredes reales del sistema no pueden ser completamente adiabáticas, el aislamiento térmico es imposible, sobre todo si el tiempo característico del proceso es largo. Además, en los procesos isotermos del ciclo existen irreversibilidades inherentes a la transferencia de calor. Por lo tanto, es imposible conseguir un ciclo real libre de irreversibilidades, y por el primer teorema de Carnot la eficiencia será menor que un ciclo ideal. **(Biel Gayé, 2005)**

Capítulo III. Especificaciones del equipo Tipo Paquete de 12 ½ Toneladas de refrigeración, York- Predator

Las unidades paquete de aire acondicionado marca York, tipo Predator, con la opción de calefacción a través de gas, están diseñados para ser instalados en áreas externas a las salas que precisan de acondicionamiento, deben ser instaladas en techos o bases y su uso es industrial/comercial no del tipo residencial.

Estas unidades están completamente ensambladas y montadas sobre una fuerte base de canales de acero. Todos los componentes eléctricos y cargas de refrigerante están instalados y probados de fábrica. Las unidades requieren corriente eléctrica del tipo alterno, suplementos de gas y conexiones de conducto. Los calentadores eléctricos tienen elementos de cromo niquelado y utilizan un solo punto de conexión eléctrica.

3.1. Descripción de partes.

3.1.1. Compresor Tipo Rotativo

Está formado por una excéntrica que va dentro de una cavidad de manera que va aspirando y comprimiendo gas a la vez. Tiene más rendimiento que los alternativos al carecer de tantas partes móviles. Y poseen una protección interna, si se presenta un aumento anormal de la temperatura, este sistema se activará y apagará el compresor según su sistema de contingencia.

3.1.2. Motores.

Las unidades York, tipo Predator, cuentan con dos motores uno responsable del Blower y otro para los ventores. Están permanentemente lubricados y no requieren mantenimiento especial. Todas sus partes rotatorias están estáticas y dinámicamente balanceadas.

3.1.3. Cubierta / Carcasa.

La carcasa del equipo es de fierro fundido conteniendo el ensamble de los cilindros, motores, condensadores y demás partes. En el exterior tiene una mirilla del termostato, áreas de ventiladores y especificaciones del equipo.

3.1.4. Válvulas.

Las válvulas de succión y descarga, están fabricadas de acero inoxidable.

3.2. Enfriador (Evaporador).

El enfriador está cubierto con aislamiento polietileno y equipado con una resistencia calefactora, controlada por un termostato. Es del tipo de expansión directa con refrigerante a los tubos y líquido en el casco, la presión de diseño de trabajo es de 10.5 kg/cm² y 15.8 kg/cm² para los tubos.

3.3. Sección Condensadora.

El gabinete es de lámina de acero galvanizado de grueso calibre intemperizado, pintura horneada resistente a la corrosión con tapa atornillables. Los serpentines condensadores son de tubos de cobre sin costura, la presión de trabajo del serpentín es de 31.7 kg/cm². Los abanicos del condensador son del tipo de aspas de hélices directamente accionados por motores independientes y posicionados para descarga vertical.

3.4. Circuito Refrigerante.

Toda la tubería de cada una de las unidades es de cobre, con juntas soldadas, la línea de líquido incluye una válvula de paso con conexión para cargar. Entre los controles de uso normal se incluyen los siguientes: fusibles, interruptores, selectores, luces indicadoras, interruptores de alta y baja presión, controles de presión de aceite, protección contra congelamiento de paro y retraso en el arranque de los compresores, termostato del enfriador, termostato de bajo ambiente y termostato de etapas múltiples de estado sólido.

3.5. Datos Físicos.

Los siguientes datos corresponden por igual a cada una de las 15 unidades paquetes a las que aplica el presente manual.

Modelo	DM120C00A2aaa3D
Compresor	
Cantidad TR	1 TR
No. De circuitos de refrigerante	1
Reducción de capacidad en %	100, 66,33%
Condensador	
No. De abanicos	2
Transmisión	Directa
Presión de diseño	31.7 kg/cm ²
Evaporador	
No. De Circuitos	1
Diámetro por longitud	0.214 x 2.095 mts
Volumen de agua	29.1.lts
Peso de operación	1197 lbs
Carga de refrigerante R-22	6 lbs
Características de tensión	
Alimentación eléctrica	208/230V, 3F, 60HZ
Tensión máxima	252 V
Tensión Mínima	187 V
Dimensiones de Equipo (in)	
L x H x A	89" x 59" x 61"

Tabla 2 Datos físicos de los equipos

3.6 Fallas frecuentes en las maquinas.

Nombre De Partes	Tipos De Fallas	Solución
Compresor	Fallos Y Paros	Cambio O Limpieza De Filtros
Condensador	Humedad Exterior	Drenaje
Filtro Del Secador	Obstruidos	Cambios
Válvula De Expansión	Calor Agregado Del Evaporador	Cambio Del Termostato
Evaporador	Demasiada Humedad En El Aire	Revisión De Bobinas
Trampa De Líquido	Saturado	Drenarlos
Motor Del Evaporador	Paro Inesperado	Revisión De Corriente Eléctrica
Blower Del Evaporador	Desajustado	Ajustar
Motor Fan Del Condensador	Ruidos De Fricción	Engrase
Ductos	Obstrucción	Drenarlos
Rejillas	Sucias	Limpieza
Filtro	Obstrucción Por Suciedad	Cambios
Tablero De Control Eléctrico	Suciedad Y Mal Contacto	Limpieza Y Ajustes De Terminales
Base	Corrosión	Pintar
Bandas	Ruidos De Fricción	Engrase
Poleas	Rompimiento	Cambios
Fugas De Refrigerante	Mala Instalación	Instalar Nuevamente Y Revisar
Termostato	Mala Posición	Ajustar Posición

Tabla 3 Partes, Fallas y Soluciones

3.7. Codificación de los equipos centrales de aire acondicionado.

Área	Emergencia.
Marca	YORK
Modelo	DM240C002AAA1.
Capacidad	240,000 BTU por hora.
Serie	NOA9554640.
H-M	12

Área	Quirófano 1 ginecología.
Marca	YORK.
Modelo	DM120C00A2AAA3D.
Capacidad	120,000 BTU por hora.
Serie	NOB9619595.
H-M	12

Área	Quirófano 2 Ortopedia.
Marca	YORK.
Modelo	H5CE180A25A.
Capacidad	180,000 BTU por hora.
Serie	5NOL8414652.
H-M	12

Área	Quirófano 3 de cirugía.
Marca	YORK.
Modelo	H5CE180A25 .
Capacidad	180,000 BTU por hora.
Serie	NOA9540435.
H-M	12

Área	Quirófano 4 clínica.
Marca	YORK.
Modelo	TM120COOA2AAA3D.
Capacidad	120,000 BTU por hora.
Serie	NOT9619651.
H-M	12

Área	Quirófano de mini lap.
Marca	YORK
Modelo	DM120C00A2AAA3D.
Capacidad	120,000 BTU por hora.
Serie	NOP9619595.
H-M	12

Área	Recuperación de quirófano.
Marca	YORK
Modelo	DM090COOA2AAA4B.
Capacidad	90,000 BTU por hora.
Serie	NOP9601184.
H-M	12

Área	Quirófano lavado.
Marca	YORK.
Modelo	DM120C00A2AAA3D.
Capacidad	120,000 BTU por hora.
Serie	NOP9619596.
H-M	12

Área	Pasillo quirófano.
Marca	YORK.
Modelo	DM120COO2AAA3D.
Capacidad	120,000 BTU por hora.
Serie	NOB9619598.
H-M	12

Área	Área blanca.
Marca	YORK.
Modelo	DM240COOA2AAA1E.
Capacidad	240,000 BTU por hora.
Serie	NOA9554638.
H-M	12

**[PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CENTRALES
DE AIRE ACONDICIONADO]**

Área	Pre labor.
Marca	YORK
Modelo	DM150COOA2AAA4B.
Capacidad	150,000 BTU por hora.
Serie	NOC9628294.
H-M	12

Área	Encamado labor y parto.
Marca	YORK.
Modelo	DM120COOA2AAA3D.
Capacidad	120,000 BTU por hora.
Serie	NOB9619593.
H-M	12

Área	Expulsivo y área blanca de labor y parto.
Marca	YORK
Modelo	DM180COOA2AAA1F.
Capacidad	180,000 BTU por hora.
Serie	NOA9553033.
H-M	12

Área	Cuidados intensivos.
Marca	YORK
Modelo	DM120C00A2AAA3D.
Capacidad	120,000 BTU por hora.
Serie	NOB9619654.
H-M	12

Área	Central de equipos.
Marca	YORK
Modelo	DM180COOA2AAA1F.
Capacidad	180,000 BTU por hora.
Serie	NOA9571225.
H-M	12

CAPITULO IV. Indicadores de control.

Carga de Trabajo, Planeación, Productividad, Costos.

Informan todo lo relativo al trabajo de conservación programada que tiene el departamento y que está representado por las rutinas y las órdenes de trabajo elaboradas por el centro de planeación y control.

4.1. Indicadores de Planeación.

a) Nivel de cumplimiento de planeación (%)

$\frac{\text{Trabajos terminados}}{\text{Trabajos programados}} \times 100$

b) Eficiencia en la planeación (%)

$\frac{\text{Horas Hombre reales}}{\text{Horas hombre proyectadas}} \times 100$

4.2. Indicadores de productividad.

a) Eficiencia en el trabajo

$\frac{\text{Horas Hombre trabajadas} - \text{Horas Hombre retrabajos}}{\text{Horas Hombre trabajadas}} \times 100$

b) Nivel de disponibilidad de equipos

$\frac{\text{Equipos programados} - \text{equipos con paro}}{\text{Equipos programados}} \times 100$

c) Nivel de conservación.

$\frac{\text{Trabajos de conservación contingente}}{\text{Trabajos de conservación programada}} \times 100$

4.3. Indicadores de costo.

a) Nivel de calidad de instalaciones.

Costo de conservación X 100

Valor de las instalaciones

b) Indicador de reposición de equipos.

Costo de conservación X 100

Costo de reposición

c) Nivel de costos de conservación.

Costo de conservación – Costo de paro X 100

Costo de conservación

d) Nivel de costo de conservación por Horas Hombre

Costo de nómina de conservación X 100

Costo de nómina de la empresa

e) Cumplimiento de presupuesto.

Costo real de conservación X 100

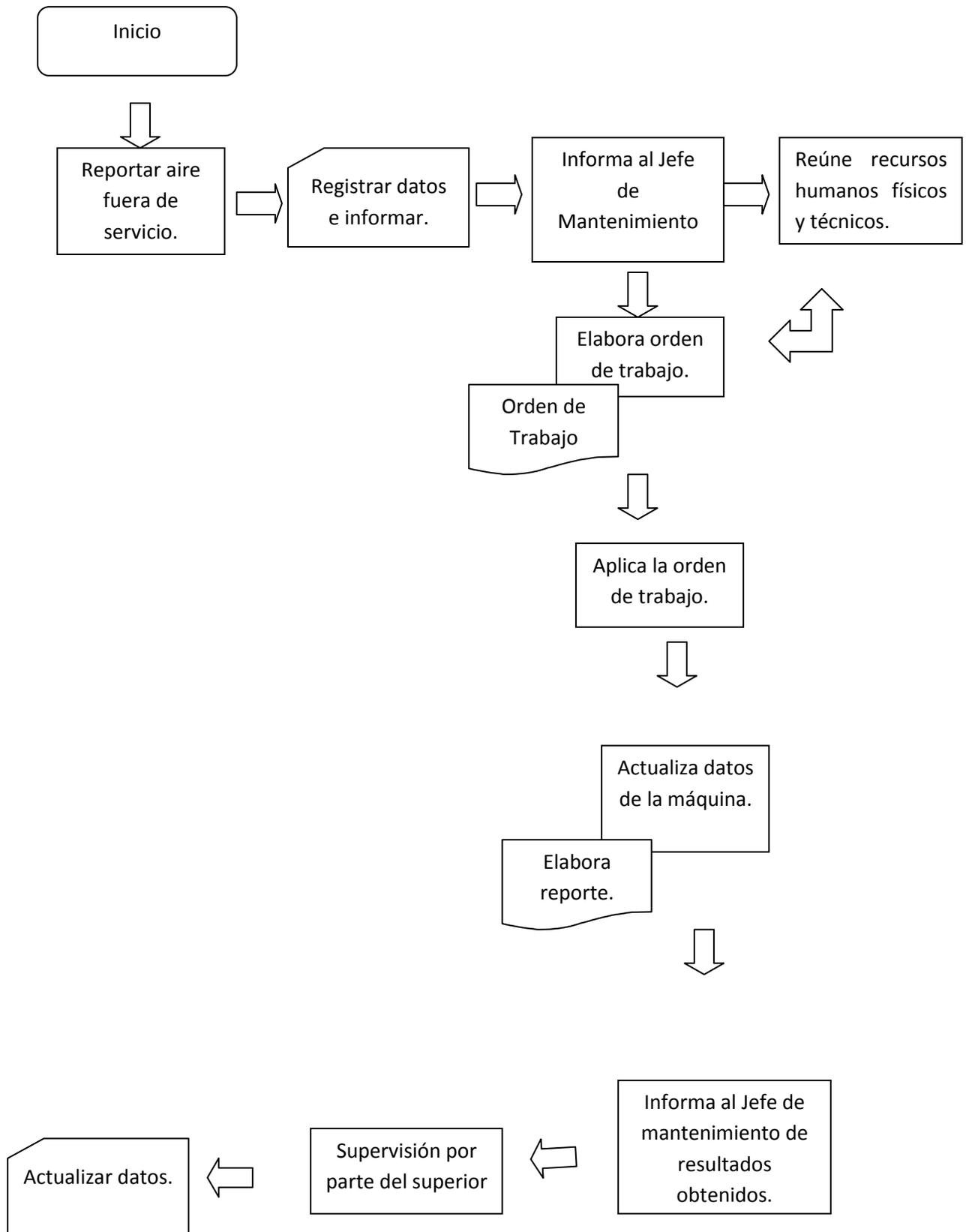
Costo de nómina presupuestado de la empresa

f) Impacto por conservación.

Costo de Paro X 100

Costo de producción

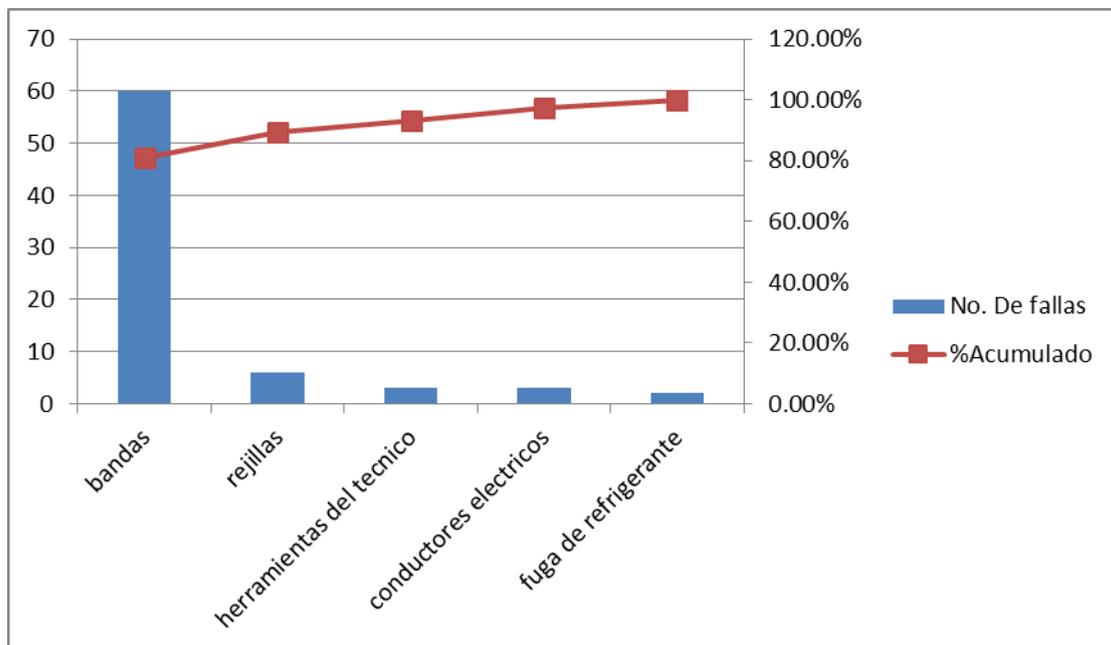
Capítulo V. Procedimiento para la atención de contingentes o fallas repentinas.



Capítulo VI. Diagrama de Pareto, para el análisis de fallas de las unidades centrales de aire acondicionado.

Fallas equipos	No. De fallas	%	% Acumulado
Bandas	60	81.08	81.08
Rejillas	6	8.10	89.18
Herramientas del técnico	3	4.05	93.23
Conductores eléctricos	3	4.05	97.28
Fuga de refrigerante	2	2.70	99.98
Total	74	99.98%	99.98%

Tabla 4 Diagrama de Pareto



Capítulo VII. Sostenibilidad financiera de un Plan de Mantenimiento Preventivo

Puesto que debemos realizar el presupuesto para el próximo año 2015 en departamento de ingeniería y mantenimiento, recordemos que la Inversión inicial fue de C\$3150000, pues el valor de cada equipo es de C\$210000 = \$1000 a 21 córdobas el dólar, según el historial del banco central de Nicaragua generado para el año 2010, y se conoce según base datos recopilados al 30 de diciembre de 2014 la información siguiente:

Las horas – hombre (H-H) de mantenimiento son de 23,040 HH que corresponde a las 8 horas diarias de trabajo, multiplicado por los 30 días laborados del mes, de los 8 técnicos de mantenimiento durante un año.

El volumen de producción es de 61068 HM equivalentes a las horas de funcionamiento (12) diario de los 15 equipos durante el año.

Está planificado realizar el mantenimiento preventivo general para el mes de marzo, junio, septiembre y diciembre, orientados según el manual de cada uno de los equipos.

El mes laboral de los técnicos del departamento de mantenimiento consta de 30 días de 8 horas y con una eficiencia de aprovechamiento del 90% y el salario es de 37.50 C\$ la hora.

Desarrollamos:

- + Cuadro inicial de los costos totales del mantenimiento
- + Cuadro de redistribución de obreros.

Los volúmenes de producción HM proyectados para el 2015 serán los siguientes:

Enero	5040
Febrero	5100
Marzo	5130
Abril	5175
Mayo	5115
Junio	5088
Julio	5100
Agosto	5070
Septiembre	5040
Octubre	4950
Noviembre	5010
Diciembre	5250

Tabla 5 Volúmenes de Producción HM

**[PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CENTRALES
DE AIRE ACONDICIONADO]**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
VOLUMEN DE PRODUCCION (H-M)	5,040	5,100	5,130	5,175	5,115	5,088	5,100	5,070	5,040	4,950	5,010	5,250
C FIJO DE M.O	28,500	28,500	28,500	28,500	28,500	28,500	28,500	28,500	28,500	28,500	28,500	28,500
COSTO FIJO DE MATERIALES	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
C MANO DE OBRA (MANT PREV. GEN)	0	0	9,300	0	0	9,300	0	0	9,300	0	0	9,300
C MATERIALES (MANT PREV. GEN)	0	0	1,300	0	0	1,300	0	0	1,300	0	0	1,300
C TOTAL (MANT PREV GEN)	0	0	10,600	0	0	10,600	0	0	10,600	0	0	10,600
MATENIMIENTO ESPECIALIZADO	75,000											
COSTOS TOTALES DE M.O	28,500	28,500	37,800	28,500	28,500	37,800	28,500	28,500	37,800	28,500	28,500	37,800
COSTOS TOTALES DE MATERIALES	1,500	1,500	2,800	1,500	1,500	2,800	1,500	1,500	2,800	1,500	1,500	2,800
COSTOS VARIABLES TOTALES	75,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTOS FIJOS TOTALES	30,000	30,000	40,600	30,000	30,000	40,600	30,000	30,000	40,600	30,000	30,000	40,600
COSTOS TOTALES	105,000	30,000	40,600	30,000	30,000	40,600	30,000	30,000	40,600	30,000	30,000	40,600

**[PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CENTRALES
DE AIRE ACONDICIONADO]**

Enero	28,500	760	3.519	4	36,000
Febrero	28,500	760	3.519	4	36,000
Marzo	37,800	1,008	4.667	5	45,000
Abril	28,500	760	3.519	4	36,000
Mayo	28,500	760	3.519	4	36,000
Junio	37,800	1,008	4.667	5	45,000
Julio	28,500	760	3.519	4	36,000
Agosto	28,500	760	3.519	4	36,000
Septiembre	37,800	1,008	4.667	5	45,000
Octubre	28,500	760	3.519	4	36,000
Noviembre	28,500	760	3.519	4	36,000
Diciembre	37,800	1,008	4.667	5	45,000

Tabla 6 Número de Trabajadores requeridos

Retomando los dos cuadros anteriores, tomamos el mes de enero como ejemplo general y el mes de marzo como referencia del mes en que se aplica el mantenimiento preventivo a los equipos.

El primer cuadro referente al volumen de producción es el equivalente de las horas de trabajo de los 15 equipos de aire acondicionado, como se puede notar algunos meses varían debido a que durante esas temporadas el centro médico presenta una mayor demanda del servicio salud por lo tanto los equipos trabajan un número aleatorio de horas extras.

El costo fijo de mano de obra es el total del 25% del salario de los 8 técnicos de mantenimiento devengando un salario de 9000 córdobas mensual, y el 25% del ingeniero responsable del departamento con un salario de 15000 córdobas, dando el total de 87000. Para el cálculo fijo de materiales hicimos una sumatoria de todos los materiales que se implementan en el mantenimiento general en todos los equipos y fue dividido entre los 12 meses.

Estos datos se mantienen a lo largo del año, exceptuando los meses en que se realizara mantenimiento preventivo, durante estos meses (marzo, junio, septiembre, diciembre) se agrega un presupuesto extra ya que se necesita de un técnico más para poder cumplir con el plan determinado, además de un monto extra para materiales que son implementados.

Durante el mes de enero se incluyó un presupuesto para el diagnóstico anual de los equipos por parte de un especialista por un costo de 75,000 córdobas.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Objetivo	Fecha	Recursos	Observaciones
1. Redacción del Protocolo de investigación	Determinar las metas y acciones a tomar para la realización de nuestra investigación .	26 de agosto de 2014	-Recursos humanos. -Lluvias de ideas. -Bibliografía - Computadora	
2. Primera visita al Hospital San Juan de Dios.	Evaluar nuestra propuesta con el jefe de mantenimiento y familiarización con el área de trabajo.	05 de septiembre de 2014	-Recursos humanos.	
3. Revisión del protocolo y corrección del mismo.	Revisar el avance en nuestro proceso investigativo y documentación del	21 de septiembre de 2014	-Recursos humanos. -Data Show - Computadora	

**[PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CENTRALES DE
AIRE ACONDICIONADO]**

	mismo			
4. Implementación de las entrevistas y encuestas.	Recolectar información necesaria para nuestro proceso investigativo.	05 de Octubre de 2014	-Recursos humanos. -Hojas y lapiceros.	
5. Mediciones de tiempo de trabajo de las máquinas y técnico	Analizar los tiempos de trabajo de los equipos y técnicos como parte de un plan central de mantenimiento preventivo	Octubre de 2014	Reloj Cuaderno y lápiz Recursos humano. Historial de maquinas	
6. Evaluación de los resultados obtenidos en las entrevistas y mediciones	Recolectar la información obtenida de las mediciones a los equipos de aire centrales y las entrevistas y encuestas realizadas para su	31 de Octubre de 2014	Computador a Anotaciones Microsoft Office Work Y Excel Recursos humanos	

	evaluación			
7. Redacción del Plan de mantenimiento.	Plasmar en un documento los procedimientos necesarios para un proceso de mantenimiento.	01-20 Noviembre de 2014	Computador Microsoft Office Word Bibliografía Manuales de fabrica	
8. Revisión previa del documento final	Evaluar el diseño y desarrollo del documento.	02 de Diciembre de 2014	Cuadernos Computador	
9. Presentación del documento final.	Presentar los resultados obtenidos en nuestra investigación	15 de Enero de 2015	DataShow Computador Microsoft Office PowerPoint	
10. Correcciones finales y entrega del trabajo final de titulación.	Realizar correcciones finales a nuestro trabajo para su entrega final	20 de Enero de 2015	Computador Recursos humanos	

Tabla 7 Cronograma de Actividades

XV. Apéndices

15.2. Hoja de vida de los Equipos

	Fecha de Instalación:
Marca:	Servicio :
Modelo:	Código Contable:
Serie:	Fin de Garantía:

Fabricante: _____ DIRECCION: _____ TEL/FAX: _____ E-mail: _____ PAGINA WEB: _____	INFORMACION TÉCNICA Marcar con (X) Si No	
	Manual de Operación del Usuario	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Proveedor/ Representante Local : _____ DIRECCION : _____ TEL/FAX: _____ E-mail: _____ NOMBRE DEL CONTACTO: _____ No. TELF. MOVIL DEL CONTACTO: _____	Manual de Servicio (Instalación , diagramas y No. de Partes del Equipo)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Incluido en Programa o Planificación del Mantenimiento Preventivo/Correctivo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
DESCRIPCION GENERAL DEL ESTADO ACTUAL DEL EQUIPO 1- _____ 2- _____ 3- _____ 4- _____ 5- _____	CONDICIONES DEL EQUIPO Actualización (Marcar Con X)	
	Buen Estado	<input type="checkbox"/>
	Regular	<input type="checkbox"/>
	Reparable	<input type="checkbox"/>
	Descartado	<input type="checkbox"/>
	DATOS ELECTRICOS DEL EQUIPO: <ul style="list-style-type: none"> • Voltaje Alimentación (Volt): • Corriente (Amp): • Frecuencia (Hz): • No.de Fases : • Consumo de Potencia (Kw o V.A): • Otros Datos: 	

15.3. Orden de Trabajo Mantenimiento Preventivo Planificado

Rutina De Mantenimiento Preventivo Planificado	Ministerio De Salud Hospital San Juan De Dios Estelí Departamento De Mantenimiento					
Equipo	<u>Aire Acondicionado Central</u>					SERVICIO: AMBIENTE:
Marca						
Modelo						
Serie						
N° Inv. Tecnico						
Actividades			Frecuencia			
Bimensual	1	2	3	4	5	6
Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo						
Limpiar el equipo en forma externa (bandeja de agua, tubería de drenaje, etc.)						
Realizar limpieza de filtros de aire (cambiar si es necesario)						
Efectuar limpieza general del condensador y evaporador						
Limpiar aspas y turbinas, verificar seguros						
Lubricar motores del condensador y evaporador						
Engrasar chumaceras, baleros/cojinetes si es necesario						
Revisar el color del aceite del compresor y su nivel						
Revisar controles de presión y temperatura						
Revisar líneas, terminales, contactares, transformadores, demás circuitos y componentes eléctricos						
Revisar voltaje y amperaje						
Revisar las presiones de succión y descarga (ver reverso)						
Reajustar soportaría, pernos y tornillos en general						
Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador						
Fecha de realización y Firma del Técnico						

15.5. Método de la Ruta Crítica

Es un proceso administrativo de planificación, programación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo mínimo.

Actualmente existen 15 equipos de aire acondicionado en las diferentes áreas del Hospital San Juan de Dios, del tipo de unidad paquete de 12 ½ toneladas de refrigeración.

El motivo de realizar la propuesta de mantenimiento preventivo bajo el método de la ruta crítica, es con la finalidad de realizar una propuesta mejor en cuestión de tiempo para reducir los costos y reducir el tiempo de ejecución.

N°	Actividad	Tiempo (minutos)	Antecedentes
1	Revisión de vibraciones y ruidos extraños del equipo puesto en marcha	5	0
2	Revisión y ajuste de anclaje del equipo	30	1
3	Revisión de instalación eléctrica del tablero general	20	1
4	Revisión de tablero derivado del equipo	10	3
5	Desarmado del equipo	60	4
6	Revisión y ajuste de chumaceras y cojinetes del motor	30	2
7	Revisión y ajuste de aspas y rotor del ventilador	15	5
8	Revisión de nivel de aceite y del compresor	5	7
9	Carga de aceite del compresor	20	8
10	Revisión de presiones de aceite y protecciones del compresor	20	9
11	Revisión de niveles de refrigerante R-22	15	10

	y fugas		
12	Revisión y ajuste de resistencia del cárter	20	11
13	Revisión y ajuste de válvulas de expansión y solenoides	20	6
14	Revisión y ajuste de termostato de bajo ambiente	10	13
15	Limpieza y purga de serpentines del condensador y unidad manejadora	120	14
16	Limpieza y purga de trampas de desagüe	60	15
17	Limpieza de rejillas de inyección y retorno	150	16
18	Limpieza de filtros metálicos	90	7
19	Cambio de filtros metálicos	60	18
20	Limpieza de charola de condensadores	15	19
21	Alineación de bandas y poleas	20	20
22	Limpieza de piedras disecantes	30	15
23	Cargar de refrigerante R-22	15	11,21
24	Lubricación de piezas requeridas	30	22
25	Revisión de amperaje y voltaje entre fases	10	24
26	Limpieza y apriete de conexiones en tablero de control	15	25
27	Armado del equipo	60	26
28	Arranque y pruebas	20	12, 17, 23, 28

Tabla 1 Actividades Ruta Crítica

Se llama red a la representación gráfica de las actividades que muestran sus eventos, secuencias, interrelaciones y la Ruta Crítica, del mantenimiento preventivo de las unidades tipo paquete de aire acondicionado.

Como observamos en la red anterior podemos determinar que la ruta crítica de del evento 1 pasando por el 2,6, 13, 14, 15, 16, 17 hasta llegar al 28. Lo que, calculado a través de las holguras, determina que la duración máxima que se puede retrasar en su inicio sin que esto afecte el tiempo estimado del proceso es de 445 minutos o 7 horas con 26 minutos, por maquina.

De esta manera quedan determinados los pasos más importantes a seguir en el mantenimiento preventivo de las unidades y las que no pueden ser ignoradas al momento de una evaluación por parte del técnico. Además de contar con el tiempo más Óptimo.

