

# Desarrollo y aplicación del diagnóstico y pronóstico técnico al mantenimiento de los sistemas centralizados de aire acondicionado

**J. L. Sánchez Ávila, J. V. García Ruano**

Grupo de Investigación de Mantenimiento y Ahorro de Energía

Departamento de Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingenierías Química y Mecánica. Universidad de Matanzas

Autopista Matanzas - Varadero Km. 3. Matanzas, Cuba. Código Postal: 44 740

Teléfono : (53) (52) 26 1432

Fax : (53) (52) 25 3101

E-mail: [jlsa@cdict.umtz.edu.cu](mailto:jlsa@cdict.umtz.edu.cu)

(Ponencia recibida para ser presentada en el 2º Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica, ISPJAE, Ciudad de la Habana, Septiembre 2000)

## Resumen

Se expone la aplicación del mantenimiento por diagnóstico y pronóstico técnico al sistema centralizado de aire acondicionado con recuperación del calor del hotel LTI Bella Costa; como solución a los graves problemas a que se enfrenta la dirección de servicios técnicos de las instalaciones turísticas para realizar un mantenimiento con calidad y a un menor costo.

El desarrollo de un plan experimental, en las instalaciones del hotel, permitió obtener las curvas que expresan el comportamiento de la degradación de estos sistemas en el tiempo, así como determinar el momento más oportuno para la realización del mantenimiento.

La aplicación de esta investigación permitió la implementación de un mantenimiento menos costoso y de más calidad, aumentando la rentabilidad de la labor del mantenimiento, y lo que es decisivo en este tipo de instalación: la seguridad en la explotación como garantía de un servicio sin fallas.

**Palabras claves:** mantenimiento, refrigeración, predictivo, diagnóstico, pronóstico.

## 1. Introducción

Cuba viene incursionando paulatinamente en el mercado internacional desde hace algunos años, como una fuente de obtención de recursos; se incrementa el desarrollo turístico de la nación con nuevas instalaciones, propias y vinculadas con cadenas hoteleras de otros países. Pero la política a seguir en dicho desarrollo es obtener más resultados con el menor gasto posible de recursos, y esto se logra si la explotación de las instalaciones es la más eficiente, lo que está estrechamente vinculado a los programas de mantenimiento, para al final obtener mejores resultados en calidad y economía.

El Mantenimiento Predictivo de los sistemas de aire acondicionado es nuestra propuesta para lograr una mejor explotación de estos sistemas, a sabiendas que ellos consumen del 40 % al 60 % de la energía que consume un hotel moderno. El trabajo se basa en la

aplicación de esta técnica en el hotel 4 estrellas LTI Bella Costa, perteneciente a la cadena Cubanacan, ubicado en la Avenida Las Américas final, Varadero, Matanzas, Cuba. El mismo posee 397 habitaciones y 280 trabajadores.

## 2. Desarrollo

En la actualidad en el hotel se le realizan, a la mayoría de los equipos, mantenimientos preventivos; por lo que se incurre en menores costos, se ahorran gastos innecesarios, y a la vez se aumenta la vida útil de dichos equipos. No obstante, al aplicar el método alterno de mantenimiento [1] se obtuvo como resultado que el sistema centralizado de aire acondicionado con recuperación del calor le correspondía el mantenimiento predictivo como el idóneo, para lo cual se elaboró la metodología de aplicación de este mantenimiento y se llevó a vías de hecho.

Se elaboró un programa de computación para procesar toda la metodología de cálculo que se basó en el sistema profesional TkSolver, el que permite realizar los cálculos iterativos con errores de 0,00001 y mayor precisión de ser necesario.

En el hotel el sistema centralizado de aire acondicionado con recuperación de calor cuenta con igual equipamiento marca Frioclima, tres enfriadoras Modelo CHAM-501, cada una de ellas está compuesta por 4 compresores y 4 evaporadores, uno para cada compresor, 4 condensadores de enfriamiento por aire, dos recuperadores de calor, tres bombas de agua fría, dos funcionando y una de reserva, dos bombas de agua caliente, dos intercambiadores de placa y 5 termoacumuladores; además de una bomba de calor de apoyo. Para realizar este trabajo se realizaron mediciones en cada circuito independiente de frío; debido a esto, los resultados obtenidos son independientes para cada ciclo.

El mantenimiento predictivo se encuentra formado por el diagnóstico y el pronóstico técnico. El diagnóstico del estado técnico tiene como objetivo determinar el estado de funcionamiento de un determinado elemento o sistema del conjunto de los posibles estados en que pueda encontrarse operando. El pronóstico del estado técnico se encarga de determinar el tiempo más oportuno en que debe realizarse el mantenimiento a cierto elemento o sistema, una vez aplicados los métodos de diagnóstico, además define el período más probable de ocurrencia de una avería con la finalidad de evitar una falla que interrumpa un proceso productivo, lo cual provocaría males mayores al hombre y a la economía [2].

Al relacionar las definiciones de diagnóstico y pronóstico técnico con los estados de avería del sistema, puede considerarse que por medio del pronóstico, conociendo los estados de funcionamiento del sistema a través del diagnóstico, se puede asegurar que no se alcancen los estados de no funcionamiento, que equivalen a averías; este concepto fue formulado por Febles [3] y retomado posteriormente por Rodríguez [4].

La determinación del período de tiempo para realizar el mantenimiento del sistema centralizado de aire acondicionado, para restaurar la capacidad de trabajo de este objetivo técnico, es en sí mismo una tarea de pronóstico. Los parámetros que han sido seleccionados para determinar el estado técnico del sistema centralizado, reúnen las características para ser incluidos como parámetros de diagnóstico con una adecuada selección del método a emplear. La sistematización metodológica de las etapas para la realización del diagnóstico y pronóstico del estado técnico de cualquier objetivo, en la cual nos basamos, y elaborada por García Ruano [5]; establece los siguientes pasos:

Selección de los parámetros de diagnóstico que en mayor grado reflejen el estado técnico del objetivo.

Elaboración del modelo del diagnóstico del objetivo.

Selección de los medios técnicos necesarios para las mediciones.

Selección de los métodos de pronóstico.

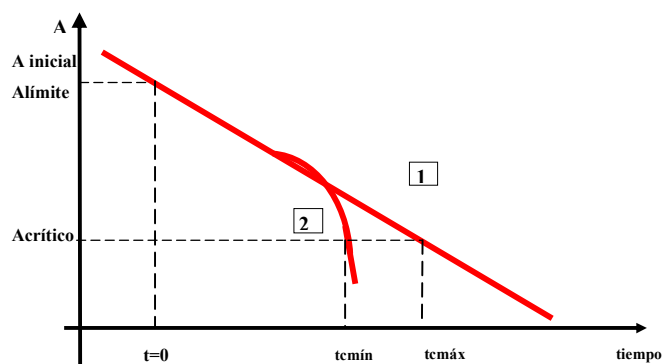
Establecer los índices para el pronóstico.

Aplicación de los métodos seleccionados.

Según la literatura consultada existen varios métodos de pronóstico entre los cuales se destacan: Método de pronóstico analítico, método del parámetro generalizado (PARGEN), método del gradiente, método de Bocks-Wilson y el método probabilístico.

De los métodos señalados se seleccionó el de pronóstico analítico basado en el parámetro A, llamado índice de pronóstico, el cual tiene la característica de indicar el grado de degradación del equipo, este método tiene la ventaja, en comparación con otros, que en él las expresiones tienen significado físico. Cuando el equipo está nuevo, A toma el mayor valor que es la unidad, en la medida que el tiempo transcurre aumenta la degradación del equipo, y el valor de A se reduce en el tiempo. Después de haber seleccionado el método de pronóstico y el índice del pronóstico (A) se pasa a su aplicación y a la demostración de su utilización.

A partir del conjunto de mediciones realizadas, empleando cualquier procedimiento estadístico, estos resultados pueden irse ajustando en primera instancia, a un modelo lineal, y en segundo lugar a un modelo exponencial decreciente; de forma tal que se crea un intervalo probabilístico entre ambas curvas, en el cual puede definirse un valor crítico del índice de pronóstico (Acrit), para el que se determinará, partiendo de criterios técnicos, el período más probable de roturas en el sistema. El comportamiento gráfico de este índice es el observado en la siguiente figura.



1- Ajuste lineal.

2- Ajuste exponencial.

Figura 1

Por la facilidad de que cualquier alteración de un ciclo de refrigeración se refleja en el consumo de potencia eléctrica del compresor, se utiliza el análisis de éste como parámetro energético para el diagnóstico:

$$Dif = \frac{Nec - Necn}{Nec} \quad (1)$$

$$Ar = 1 - Dif = 1 - \frac{Nec - Necn}{Nec} = \frac{Necn}{Nec} \quad (2)$$

Donde: Ar → Índice de pronóstico para la degradación real del equipo.

Dif → Incremento en fracción del consumo de energía eléctrica con respecto al nominal.

Necn → Potencia eléctrica nominal del compresor; en kW.

Nec → Potencia eléctrica real del compresor; en kW.

La potencia eléctrica real del compresor se calcula por la siguiente ecuación:

$$Nec = \frac{\sqrt{3} \cdot Amp \cdot Volt \cdot Fp}{1000} \quad (3)$$

Donde: Amp → Intensidad de la corriente medida en el compresor, en Amperes.

Volt → Diferencia de potencial medido en el compresor, en Volt.

Fp → Factor de potencia del compresor, 0,85 de acuerdo al fabricante.

1000 → Conversión para llevar los Watt a kiloWatt.

El criterio para el pronóstico será mediante un ajuste probabilístico lineal y no lineal del índice de pronóstico que permite determinar el período de tiempo en el cual existe el mayor riesgo de rotura del equipo, ver figura 1. Considerando que para un intervalo de tiempo entre el índice de pronóstico inicial y el límite no se aprecia una degradación notable. Cuando se comenzaron las mediciones los equipos llevaban un período de tiempo de trabajo, por lo que al comenzar estas mediciones ya se encontraban en un valor posterior al límite, o sea, ya presentaban síntomas de degradación.

El cálculo del valor crítico o índice de pronóstico crítico, o sea, a partir del cual existe una mayor probabilidad de que ocurra la avería del equipo; se realiza de la forma siguiente:

$$Acrit = 1 - \frac{Necmax - Necn}{Necmax} \quad (4)$$

Donde: Acrit → Índice de pronóstico crítico para la degradación real del equipo.

Necmax → Potencia eléctrica máxima del equipo, se calcula por la ecuación:

$$Necmax = \frac{\sqrt{3} \cdot Ampmax \cdot Voltn \cdot Fp}{1000} \quad (5)$$

Donde: Ampmax → Intensidad de la corriente máxima permisible en el compresor, ofrecida por el fabricante, en Amperes.

Voltn → Diferencia de potencial nominal del compresor, en Volt.

Planteando entonces las ecuaciones lineal y exponencial del ajuste de curva basado en el índice de pronóstico real, y sustituyendo en cada una de ellas el valor de Acrit obtenemos el período de tiempo más probable de rotura (tcmin y tcmax) a partir de las siguientes ecuaciones:

$$Acrit = K4 + (K5 \cdot tcmax) \quad (6)$$

$$Acrit = 1 - K2 \cdot e^{(K1 \cdot tcmin)} \quad (7)$$

Donde: K1 → Coeficiente del ajuste exponencial calculado por el método de regresión lineal.

K2 → Coeficiente del ajuste exponencial calculado por el método de regresión lineal.

K4 → Coeficiente del ajuste lineal calculado por el método de regresión lineal.

K5 → Coeficiente del ajuste lineal calculado por el método de regresión lineal.

tcmax y tcmin → Tiempo crítico máximo y mínimo, en días.

#### Cálculo del tiempo óptimo de mantenimiento.

A partir de las mediciones realizadas y de calculado el parámetro de diagnóstico, se halla la ecuación que representa la variación de éste con respecto al tiempo, esta ecuación indica el proceso de degradación del equipo, ya que el parámetro utilizado es capaz de revelar la capacidad de trabajo real. El incremento del gasto por concepto de degradación se puede calcular como la integral de esa ecuación en función del tiempo por la valoración económica de dicho parámetro. A continuación se calcula el costo debido al sobreconsumo de energía como:

$$C2 = \int_{t=0}^{Tt} Scend \cdot Trf \cdot 24 \cdot ttd \cdot dt \quad (8)$$

Donde: C2 → Costo debido al sobreconsumo de energía, en \$.

24 → Horas que tiene un día, permite convertir las horas de la tarifa en días.

Trf → Índice de costo, tiene en cuenta el costo de operación del equipo por concepto de consumo de energía debido a la pérdida de capacidad de trabajo, en este caso que es potencia eléctrica cuando se multiplica por el diferencial del tiempo se convierte en energía eléctrica consumida, ésta según tarifa 56 (vigente actualmente en el contrato del hotel con la Compañía Eléctrica) es de 12 centavos por cada kW·hr, pero debido a las medidas de ahorro de energía llevadas a cabo en los dos últimos años este promedio a estado en los 11 centavos por cada kW·hr.

dt → Diferencial del tiempo.

Los sobreconsumos de energía se calculan de la forma siguiente:

$$\text{Scen} = (\text{Nec} - \text{Necn}) \cdot \text{ttd} \quad (9)$$

$$\text{Scent} = \text{Nec} \cdot (\text{dttd} - \text{ttd}) \quad (10)$$

$$\text{Scend} = \text{Scen} + \text{Scent} \quad (11)$$

Donde: Scen → Incremento del consumo de energía debido al aumento de la potencia eléctrica, en kW·hr.

Scent → Incremento del consumo de energía debido al aumento del tiempo de trabajo, en kW·hr.

Scend → Incremento del consumo de energía debido a la degradación del sistema, en kW·hr.

ttd → Por ciento de tiempo de trabajo anual; según el fabricante: 70 %; 0,70 en fracción.

dttd → Por ciento de incremento del tiempo de trabajo debido a la degradación, en fracción; se calcula en función al decrecimiento que ha sufrido el frío que se entrega, o sea de la disminución de la capacidad frigorífica, ya que para que el sistema entregue la misma cantidad de frío ahora tiene que trabajar durante un período de tiempo mayor, y se calcula como:

$$\text{dttd} = \frac{\text{Qon} \cdot \text{ttd}}{\text{Qo}} \quad (12)$$

Donde: Qon → Capacidad frigorífica nominal, se calcula a partir de los datos dados por el fabricante.

Qo → Capacidad frigorífica real.

El costo de mantenimiento anual del sistema centralizado de aire acondicionado se conoce por los datos registrados en el departamento de economía, se determina el comportamiento de estos en el tiempo por la siguiente ecuación:

$$C1 = \frac{\text{Cmant} \cdot \text{Tt}}{365} \quad (13)$$

Donde: C1 → Costo de mantenimiento de un circuito de refrigeración, en \$.

Cmant → Costo de mantenimiento anual de un circuito de refrigeración, en \$.

365 → Días que tiene el año, permite distribuir el costo por día.

Tt → Tiempo de trabajo, en días.

Esto quiere decir que los costos de mantenimiento varían en el tiempo, algo lógico ya que ha medida que se degrada más el equipo sus costos de reparación y mantenimiento deben aumentar, todo esto se puede observar en la figura 2.

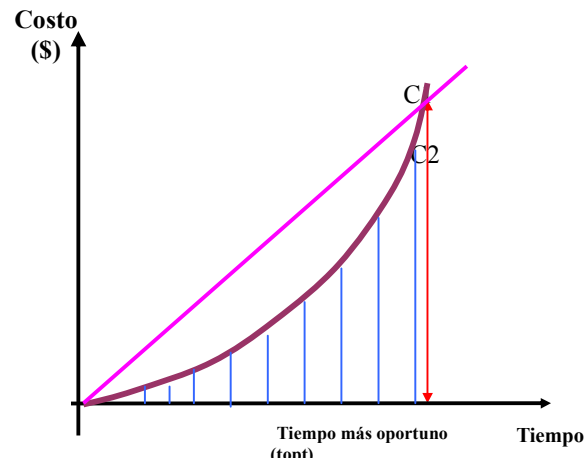


Figura 2: Costo contra tiempo.

Donde se igualen ambos costos se hallará el tiempo más oportuno de reparación y mantenimiento de ese circuito de refrigeración.

Para los 12 casos analizados los parámetros medidos se incluyeron en el rango de las dos curvas de probabilidades analizadas en la figura 1, por lo que podemos asegurar que existe un 100 % de probabilidades de que la curva de la degradación real se encuentre entre el ajuste lineal y exponencial de esa misma curva, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por García Ruano [5], Febles [3] y Rodríguez [4].

Se nota cierta tendencia al aumento de la vida útil de estos equipos desde el comienzo de la aplicación de esta investigación en 1996, debido a que ocho compresores han sobrepasado su vida útil sin roturas; con anterioridad se habían tenido que reponer cuatro compresores desde la inauguración del hotel en 1991.

En los resultados de los cálculos del tiempo más oportuno, el tiempo crítico mínimo y el tiempo crítico máximo; en 10, de los 12 ciclos existentes, se realizaron

sus mantenimientos próximos al tiempo oportuno calculado por el programa, y sólo en dos ciclos, se realizaron en fechas posteriores, pero siempre mucho antes del tiempo crítico mínimo calculado. Todo ello ha permitido reducir las averías imprevistas del sistema centralizado de aire acondicionado, y generalmente son roturas de elementos que forman parte del circuito eléctrico de control (interruptores magnéticos, interruptores de línea, fusibles, entre otros), por lo tanto se puede afirmar que se han reducido los riesgos de escapes de freón a la atmósfera, con su equivalente beneficio a la capa de ozono.

El método de pronóstico analítico escogido, y la complementación realizada para determinar el tiempo más oportuno de mantenimiento es más sencillo - por su aplicación - para el caso en que existe un aumento del consumo de energía producto de la degradación del sistema, con el cual se puede obtener la integral de la ecuación del consumo de energía en función del tiempo.

#### Análisis Económico

El costo total de la inversión fue de 3 046,75 \$

Teniéndose los costos totales de la inversión, se calcula a continuación el ahorro que se logró. Para ello se posee los datos del compresor que utilizan las enfriadoras. Los ciclos de frío de estos sistemas trabajan por lo general a temperaturas superiores a los 55 °C sin haber recibido ningún tipo de mantenimiento, mediante el mantenimiento predictivo se le realiza la reparación y el mantenimiento en el momento más oportuno, el cual se encuentra por debajo de los 46 °C para todos los casos calculados.

Se obtiene que al evitarse que la temperatura de condensación alcance los 55 °C en los ciclos con recuperación del calor, mediante el mantenimiento predictivo, se logra trabajar con un incremento de la potencia frigorífica de 6,3 %, una disminución de la potencia eléctrica de 9,71 % y un aumento del coeficiente de efecto frigorífico de 15,3 %. Al evitar que la temperatura de condensación alcance los 55°C en los ciclos sin recuperación del calor, se logra trabajar estos sistemas con un incremento de la potencia frigorífica de 7 %, una disminución de la potencia eléctrica de 8,4 % y un aumento del coeficiente de efecto frigorífico de 14,6 %. Analizando lo anterior se puede afirmar que no cabe dudas que el mantenimiento predictivo mejora el estado técnico y económico de la instalación.

Analizando los resultados obtenidos hasta el momento se puede plantear que existen dos causas fundamentales del ahorro: Disminuye la potencia eléctrica consumida debido a la disminución de la presión de condensación; y aumenta la capacidad frigorífica, lo que hace que disminuya el tiempo de funcionamiento de los compresores; o sea, el % de trabajo promedio de la instalación.

El sistema centralizado de aire acondicionado con recuperación del calor trabaja las 24 horas del día y los 365 días al año, por lo que el ahorro de potencia eléctrica es de 172 246,7 kW·hr/año y el ahorro monetario anual obtenido es 18947,2 \$/año. A continuación se determina la factibilidad de acometer la inversión realizada

#### Período de recuperación de la inversión.

Se calcula en función de los costos y los ingresos promedios anuales durante el horizonte analizado; para ello utilizamos la siguiente ecuación adaptada para una inversión que va a durar menos de un año; además tiene en cuenta que todos los cobros y los pagos anuales son iguales.

$$Tr = \frac{CTI}{[Cobros - Pagos \cdot (i + 1)] \cdot (1 - Isr)} \quad (14)$$

$$Tr = 0,34 \text{ años} = 4 \text{ meses y } 3 \text{ días}$$

Donde:

Tr ---- Período de recuperación de la inversión, en años.

i ---- Intereses a pagar por préstamos en el año, o intereses dejados de cobrar por extraer dinero del banco, se toma 0,02 (2%).

n---- Horizonte analizado, 5 años.

Isr----Impuesto sobre la renta, es la parte de lo ahorrado que se paga como impuesto a la ganancia de la empresa, para este hotel es del 35 % sobre la ganancia.

En la variante propuesta se recupera el dinero invertido a los 4 meses y 3 días, el dinero invertido se recupera muy rápido al aplicar el mantenimiento predictivo.

#### Valor actual neto.

Este criterio tiene en cuenta que el dinero invertido pierde valor con el tiempo, debido fundamentalmente al interés bancario. En su cálculo se actualizan todos los flujos de fondo de un año base, y se compara el flujo equivalente, si es mayor que cero es económico realizar la inversión, ya que permite obtener una mayor cantidad que el dinero invertido inicialmente. Todos los cálculos se realizan sobre la base de un interés conocido. Su ecuación es la siguiente:

$$VAN = \sum_{k=0}^n \frac{St_k}{(1 + i)^k} = 265\,549,72 \text{ \$} \quad (15)$$

Donde: St → Movimiento de fondos, en \$.

k → Período analizado, en este caso el año.

### **Tasa interna de retorno**

Consiste en la tasa de interés calculada cuando la ecuación del valor actual neto se iguala a cero. Se aplica generalmente para determinar que interés máximo se debe aceptar de los créditos propuestos o existentes en el mercado financiero; o sea, cualquier interés de crédito o préstamo menor que el calculado es aceptable para realizar la inversión. Se calcula despejando el interés de la siguiente ecuación.

$$0 = \sum_{k=1}^n \frac{St_k}{(1 + TIR)^k} \quad (16)$$

$$TIR = 4,57 = 457 \%$$

Donde: TIR → Tasa interna de retorno, en fracción.

Analizando estos dos criterios más el movimiento de fondo de la variante, no cabe dudas que el mantenimiento predictivo es una variante mucho más ventajosa, ya que reporta una cantidad considerable de dinero ahorrado al cabo de cinco años comparado con el mantenimiento preventivo, además la inversión se recupera más rápidamente, y la tasa interna de retorno es mucho mayor al 2 % definido con anterioridad.

La falta de adopción de la variante propuesta del mantenimiento predictivo, en el horizonte analizado, se convierte en un costo de oportunidad de 265 549,72 \$, para los hoteles que poseen sistema centralizado de aire acondicionado, por no aplicar esta variante en vez del mantenimiento preventivo, condición más que suficiente para aconsejar su ejecución; aunque se aclara que muchos hoteles no tienen implantado ni siquiera el mantenimiento preventivo. La sustitución del mantenimiento preventivo que se realizaba en el hotel al sistema centralizado de aire acondicionado, por la propuesta del mantenimiento predictivo, le ha permitido ahorrar anualmente 21 262 \$; logrado gracias a la reducción del sobreconsumo de energía eléctrica, y a la reducción de los costos de mantenimiento en estos sistemas.

### **3. Conclusiones**

El mantenimiento predictivo no es más que una forma de mejoramiento continuo logrado a través de una particular filosofía. En consecuencia, si las empresas no lo aplican, deberán hacerlo con una opción muy similar, pero en ningún caso no hacer nada, pues eso significa en un corto plazo dejar de ser competitivo. El presente trabajo ratifica esta aseveración.

La aplicación del diagnóstico y pronóstico técnico a los sistemas centralizados de aire acondicionado, además de resolver los problemas técnicos que puede presentar la instalación, permitirá a ésta reducir sus costos en 243627,78 USD en 5 años de trabajo, con una recuperación de la inversión de 4 meses y 3 días.

Con esta propuesta también se aumenta la vida útil de los equipos, a la vez que alivia el trabajo riguroso que tienen en la actualidad, obteniéndose una reducción del costo de mantenimiento.

Al evitarse que ocurran averías imprevistas se reducen los riesgos de que se produzcan escapes de freón a la atmósfera; por lo cual la aplicación de este trabajo contribuye a la preservación de la capa de ozono, realizando un modesto aporte en la lucha por cuidar la naturaleza y mejorar el medio ambiente.

### **4. Recomendaciones**

Aplicar el mantenimiento predictivo de forma automatizada, para agilizar y controlar las actividades de mantenimiento en tiempo real.

Difundir estas técnicas en otras empresas que se encuentran interesadas en métodos modernos de mantenimiento y en reducir sus costos de producción.

### **5. Referencias**

1. Portuondo Pichardo, F. y otros: *Sistema Alternativo de Mantenimiento*. Ingeniería Industrial, Vol. X, No 2, pp. 113 a 118, 1989.
2. Sánchez Ávila, J.L. y J.V. García Ruano: *Diagnóstico y pronóstico técnico para el mantenimiento de los sistemas centralizados de aire acondicionado*. Memorias del III Taller Internacional de Mantenimiento Industrial TIMANTE'99. Universidad de Matanzas, 26 al 29 de enero de 1999.
3. Febles Rodríguez, J.P.: *Los métodos de diagnóstico y pronóstico del estado técnico para el mantenimiento en centrifugas*. Tesis Doctoral, IPSJAE, La Habana, 1986.
4. Rodríguez, C.: *Aplicación del Diagnóstico y Pronóstico del Estado Técnico al Mantenimiento del Generador de Vapor de la Central Termoeléctrica 'Antonio Guterres'*. Tesis Doctoral presentada en la Universidad Central de Las Villas y defendida en Matanzas, 1990.
5. García Ruano, J.V.: *Metódica de selección de sistemas de control automático y de diagnóstico para motores diesel navales*. Tesis Doctoral, Leningrado, URSS, 1979.

## **Develop and application of the diagnosis and technical prediction to the maintenance of the centralized systems of conditioned air.**

### **Abstract:**

In this paper is exposed the application of the maintenance by diagnosis and technical prediction to the centralized system of air conditioned with heat recovery of the hotel Beautiful LTI Costa; as a solution to the serious problems that the technical management services faces in the tourist facilities to carry out a maintenance with quality and with smaller cost. The development of an experimental plan, in the hotel facilities, allowed to obtain the curves that express the behavior of the degradation of these systems in the time, as well as to determine the most opportune moment for the realization of the maintenance.

The application of this investigation allowed the implementation of a less expensive maintenance and of more quality, increasing the profitability of the maintenance work, and what is decisive in this installation type: the security in the exploitation as a guarantee of a service without failures

**Key words: maintenance, refrigeration, prediction, diagnosis, prognostic.**