



9 2ej  
Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
ARAGON

Proyecto Para el Mejoramiento de la  
Confiableidad y la Conservación de  
Equipode Computo del Tipo pc-  
compatibles y cpu vax-vms II 730  
Para el Instituto de Investigaciones  
Eléctricas Sección México D.F.

T E S I S

Que para obtener el titulo de  
INGENIERO MECANICO  
ELECTRICISTA

P r e s e n t a  
Victor Espinosa González

FALLA DE ORIGEN

Director: ING. Luciano Varela Coronel

1990



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## I. ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE CONSERVACION.

### 1.1 GENERALIDADES.

Básicamente, podemos considerar a los trabajos de conservación como aquellos "que hay que ejecutar en algún artefacto, lugar o método, a fin de conservar el servicio para

(1)\*

el cual fue diseñado"

De esta definición se desprende el hecho de que el objetivo de dichos trabajos es, ante todo, la conservación del servicio, y no como erróneamente se ha creído en muchos casos, la del equipo. Por tal motivo, en las labores de conservación se deben equilibrar tres factores esenciales:

- a) calidad económica del servicio
- b) duración adecuada del equipo
- c) costos mínimos de conservación.

En un equipo, las fallas pueden ser ocasionadas por las siguientes fuentes:

1. El equipo mismo. El equipo mismo puede ser una fuente más o menos importante de fallas, dependiendo de las propiedades físicas y químicas de sus partes, la calidad de los materiales empleados en su fabricación, el diseño de las mismas y la calidad de su instalación en el sitio donde prestará servicio

2. El ambiente circundante. Se torna en fuente de fallas cuando es inadecuado para la operación correcta del equipo. Es necesario proporcionar un ambiente adecuado al equipo con el objeto de reducir las fallas por este concepto

3. El personal que en él interviene. Es una fuente potencial de fallas cuando su destreza manual o capacidad de razonamiento lógico son de bajo nivel; también cuando existe desconocimiento o negligencia en la forma de operar y conservar o cuando se hacen modificaciones al diseño original con el fin de ampliarlas o interrelacionarlas con otras.

En cualquier caso, el personal destinado al efecto es el responsable de la buena conservación del equipo, ya que su trabajo se enfoca a evitar la pérdida del servicio que presta éste, que es la verdadera misión de sistema en cuestión. Resulta inadmisibles suponer que cualquier otra operación tenga prioridad sobre las labores de conservación, a no ser que se trate de una emergencia. En resumen, podemos concluir que el principio esencial de la conservación es: "todo equipo debe ser

(1)

intervenido lo menos posible"

\* Las referencias bibliográficas correspondientes, indicadas por números entre paréntesis, se enlistan en la sección D (Bibliografía).

## 1.2 OBJETIVOS.

Los objetivos de los sistemas de conservación pueden ser muy variados y diferir de una empresa a otra, e incluso en periodos de tiempo distintos dentro de una misma empresa. En todo caso, resulta imprescindible definirlos exactamente porque, según sean éstos, así también variará el tipo de sistema a emplear y el modo en que se debe proceder para alcanzarlos. Sin importar la naturaleza de la empresa, el objetivo principal es conseguir el máximo de disponibilidad de los equipos para las actividades de producción, comprendiendo no solo la manufactura de productos, sino también la prestación de servicios de diversa índole. No obstante, existen una serie de factores particulares propios de cada empresa y que afectan profundamente el modo en que se ejecuta la función de conservación, y son:

- tamaño de la empresa y su disposición física
- tipo de proceso
- medio ambiente
- edad media del equipo e instalaciones
- porcentaje de utilización del equipo
- paros laborales, huelgas y vacaciones
- costo total de parada por avería
- grado de especialización del personal destinado a la conservación
- factibilidad de conseguir pólizas de servicio
- volumen, características y seguridad de la información manejada, específicamente para equipo de cómputo.

Para cada caso particular, la lista anterior facilita el hecho de definir los objetivos a conseguir. Fundamentalmente, estos objetivos se dividen en dos categorías: técnicos y económicos, que no pueden establecerse aleatoriamente, por la variabilidad antes mencionada. A continuación se da una serie de puntos de consideración para la determinación de esos objetivos, de acuerdo a las circunstancias del caso.

### a) técnicos

- conservar el equipo e instalaciones en condiciones óptimas
- asegurar su funcionamiento sin averías, sin importar costos
- reducir la pérdida de disponibilidad por avería a un límite aceptable
- obtener del equipo e instalaciones el máximo de rendimiento dentro de un plazo preestablecido con alto grado de calidad
- mantener una limpieza absoluta del equipo e instalaciones en todo momento.

b) económicos

- reducir los gastos de conservación al mínimo y mantenerlos dentro de los límites de un presupuesto
- minimizar los costos de indisponibilidad por avería
- asignar partidas presupuestales para cada componente del equipo en función de su vida útil y su porcentaje de utilización.

De acuerdo al tipo de empresa de que se trate, estos objetivos deberán revisarse periódicamente dentro de un plazo de tiempo específico.

Generalmente, los beneficios a obtener no son cifrables de manera directa e inmediata, pero entre ellos podemos citar los siguientes:

1. menor retraso en la ejecución del trabajo
2. mayor vida del equipo e instalaciones
3. prestación eficaz del servicio
4. disminución de accidentes
5. mejores relaciones laborales.

1.3 TEORIA DE LOS SISTEMAS DE CONSERVACION.

Como se mencionó anteriormente, la conservación implica todas las acciones necesarias para preservar el funcionamiento de un equipo o para reestablecerlo en una condición específica. Desde que los requerimientos de la conservación son a menudo determinados por personas para los que resulta más importante lo que pueda percibirse de un sistema especialmente destinado para ello, que las acciones ejecutadas, el término "servicio" es frecuentemente aplicado para describir tanto a la conservación del equipo como a las relaciones con los usuarios. El objetivo de un buen sistema de conservación debe ser "optimizar la

(15)

disponibilidad operativa contra el costo" La disponibilidad operativa (A) es la probabilidad de que el

sistema opere correctamente cuando sea solicitado desde el medio ambiente operativo actual. Es expresada por la fórmula siguiente:

$$A = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \quad 1.1$$

donde MTBM (Mean Time Between Maintenance): tiempo medio entre acciones conservativas, que comprende al tiempo medio entre fallas MTBF (Mean Time Between Failures), que indica la confiabilidad del equipo

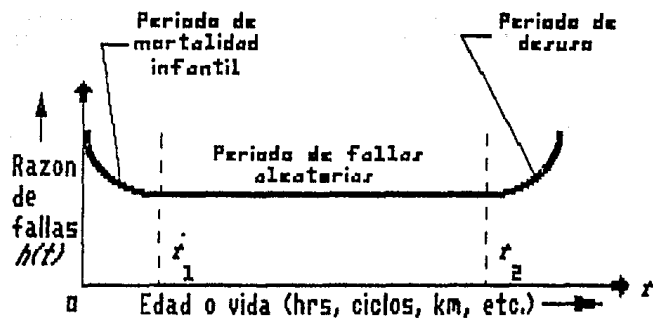
**MDT (Mean Down Time):** tiempo medio de parada, que incluye tiempos por acciones administrativas y de carácter logístico, y tiempos por conservación preventiva y correctiva)

Como se examinará posteriormente, la conservación preventiva abarca al conjunto de acciones destinadas a la preservación de un equipo bajo condiciones específicas mediante la realización de inspecciones sistemáticas y detección y prevención de fallas en etapas tempranas. La conservación preventiva está incluida dentro de una clasificación más general, que se conoce como conservación programada o preplaneada SM (Scheduled Maintenance); en contraste con la conservación no programada UM (Unscheduled Maintenance), en la cual las acciones conservativas son realizadas como resultado de la existencia de una falla y el buscar el reestablecimiento de un equipo bajo una condición predeterminada. La conservación no programada también se conoce con el nombre de conservación correctiva o de emergencia. La conservación programada incluye a su vez a la conservación autoprogramada SSM (Self Scheduled Maintenance) y como un grupo aparte, a la conservación predictiva PDM (Predictive Maintenance).

En la figura 1.1 se muestra una curva que describe el comportamiento típico de la confiabilidad de un equipo durante su ciclo de vida. Esta curva se divide en tres periodos fundamentales, que son:

- a) periodo de fallas tempranas, donde la razón de fallas se decrecienta hasta alcanzar un valor mínimo que es constante para el siguiente periodo, y en el que los desperfectos ocurren como consecuencia de una mala calidad en la manufactura del equipo o por defectos introducidos al prestarles servicio.
- b) periodo de fallas aleatorias, donde la razón de fallas es constante y la probabilidad de ocurrencia de un gran número de causas potenciales de fallas es muy pequeña.
- c) periodo de decurso, donde la razón de fallas se incrementa notablemente hasta el final de la curva, y en el que las fallas son originadas por fatiga, erosión, y otros cambios en las propiedades físicas y químicas de los diversos componentes del equipo, que aparecen conforme transcurre el tiempo o los ciclos de operación.

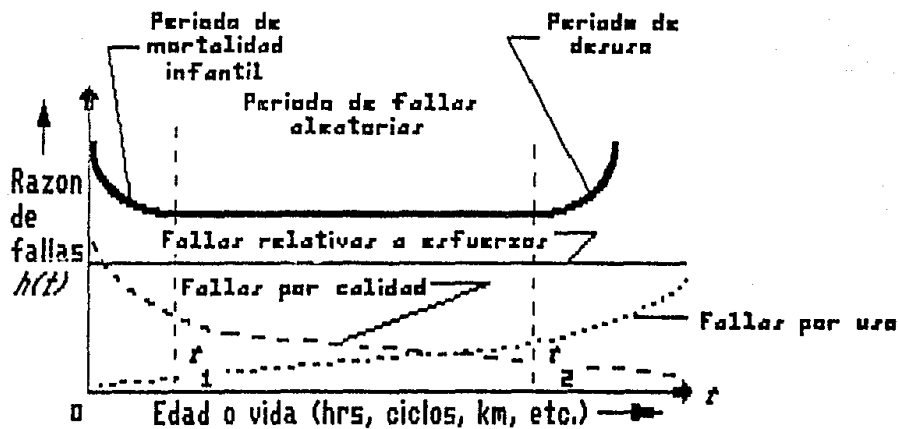
De un análisis más profundo de la curva anterior, se desprende el hecho de que resulta imposible establecer un tiempo específico para la ejecución de las labores de conservación, dado que las fallas pueden ocurrir en cualquier momento, y si no son atendidas oportunamente, pueden resultar en una disminución de la productividad y en un aumento excesivo del costo del equipo. Por otra parte, si las labores de conservación son



a)

FIGURA 1.1 CURVA CARACTERISTICA DE CICLO DE VIDA





b)

FIGURA 1.1 CURVA CARACTERISTICA DE CICLO DE VIDA

programadas con excesiva frecuencia, puede incurrirse en costos extremadamente elevados y en problemas que de otro modo no

hubieran aparecido. Por tal razón algunos autores (15)(1) recomiendan "observar si existe alguna falla; verificar la condición de los componentes críticos, y si están trabajando correctamente, no tocarlos!".

#### 1.4 CLASIFICACION.

Aún cuando no existe empresa o institución alguna donde se aplique exclusivamente un sólo sistema de conservación, y dada la amplia gama de posibilidades a elegir en función de la eficacia, confiabilidad y calidad del servicio obtenido, se han establecido varios criterios de clasificación de los sistemas conservativos, a pesar de la dificultad que ello implica. En vista de esa gran diversidad, se ha optado por seguir el de uso

más generalizado (5)(9), conocido como "criterio técnico", el cual los divide según se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro 1.1 Clasificación y características más importantes de los sistemas de conservación.

Grupo general	Sistema de conservación	Propósito	Características
Conservación no programada	Correctiva	Mejoramiento del equipo en adición a su reparación	Elevación de la productividad del equipo
Conservación programada	Rutinaria	Inspecciones diarias o manuales, exploración, ajuste, lubricación y reemplazo de componentes no críticos	Pretende una protección contra deterioro y reducción del costo de reparación
	Preventiva	Inspección periódica y conservación contra fallas tempranas	Efectivo cuando el ciclo de inspección es adecuado

## Cuadro 1.1 Continuación.

Grupo general	Sistema de conservación	Propósito	Características
	Predictiva	Intenta un sistema de conservación libre	Costos mínimos por conservación bajo condiciones ideales; sin embargo el costo del equipo de revisión, inspección y monitoreo es elevado

### 1.5 CARACTERISTICAS.

#### 1.5.1 CONSERVACION NO PROGRAMADA.

##### 1.5.1.1 CORRECTIVA.

Existe cierta confusión acerca de este término, ya que algunos autores lo aplican a las actividades dirigidas a corregir las averías que se detectan en las inspecciones periódicas de la conservación rutinaria, dejando el equipo en condiciones "precarias" de funcionamiento. Sin embargo, consideraremos la conservación correctiva como "una serie de trabajos que es necesario ejecutar en las instalaciones, aparatos o equipo a nuestro cuidado, cuando éstos dejan de proporcionar el servicio para el cual han sido diseñados, es de

(1) cir, cuando ya es necesario recuperar el servicio", con auxilio de toda la información disponible sobre las condiciones de operación de éstos, las causas que motivaron su avería, costos de información y parada, etc.

Las actividades dentro de un sistema de conservación correctiva pueden agruparse desde dos puntos de vista: económico y

(8) técnico. Desde el punto de vista económico, y con fines de control de costos, dichas actividades se dividen en:

- Conservación directa. Comprende los trabajos para la corrección de las fallas en los equipos, las cuales están íntimamente relacionadas con la utilización de los mismos
- Conservación indirecta. Comprende actividades de experimentación y modificación del equipo e instalaciones tendientes a evitar fallas repetitivas, sin adquirir el carácter de una conservación preventiva propiamente dicha
- Conservación general. Abarca todo el trabajo de correctiva que se aplica a instalaciones y equipos

auxiliares.

Desde el punto de vista técnico, las actividades dentro del sistema de conservación correctiva se dividen en:

1. Conservación correctiva periódica. Realiza correcciones y reemplazos de relativa importancia en intervalos periódicos espaciados aleatoriamente.

2. Conservación correctiva o de emergencia. Constituye el grueso de las actividades dentro de un sistema de conservación correctiva y se genera por la presencia de fallas en el equipo e instalaciones.

(4)

Otros autores clasifican los trabajos de conservación correctiva en conservación correctiva ligera y conservación correctiva a fondo, "dependiendo de la importancia de los trabajos que hay que desarrollar para corregir la falla". En este caso, es posible emplear dos tipos de personal: de escasa preparación en atención a los trabajos de conservación correctiva ligera, y de elevada preparación para los trabajos de conservación correctiva a fondo.

El sistema de conservación correctiva parte de la existencia de un sistema de conservación ya implantado, es decir, es un sistema complementario adosado al principal que actúa a mediano plazo sobre las actividades productivas, disminuyendo sensiblemente la carga de trabajo en el sistema principal. Se controla através de reportes "equipo fuera de servicio" que deben ser atendidos de inmediato, pues de lo contrario significarían la suspensión de un servicio. Este tipo de conservación, por su falta de programación y planeamiento, es la más cara; de ahí que deba tenerse el cuidado de no atribuirle actividades que fundamentalmente correspondan a una conservación preventiva. Así mismo, es indispensable pensar que los trabajos de esta índole sólo serán económicos si son realizados de emergencia, efectuando únicamente aquellos que sean indispensables para el restablecimiento del servicio, sin que ello implique un descuido en su ejecución en afán al deseo de reiniciar su operación rápidamente.

Para aumentar la confiabilidad en equipos cuyo paro ocasionaría un daño significativo a las operaciones productivas, en ocasiones se debe contar con equipo de reserva listo para entrar en acción al ocurrir un desperfecto del que está en servicio, programándose su funcionamiento a intervalos regulares para comprobar su estado.

## 1.5.2 CONSERVACION PROGRAMADA.

### 1.5.2.1 RUTINARIA.

Algunos autores consideran que este sistema es una conservación preventiva dentro de un sistema de conservación correctiva, pero difiere de ambos en los objetivos que persigue y su modo de realización, ya que consiste fundamentalmente en una inspección regular del equipo efectuada diaria o semanalmente, buscando "remediar los defectos de poca monta antes de que den lugar a la necesidad de hacer reparaciones

(2)  
importantes, y renovar el equipo antes de que falle" ; e incluye pruebas de funcionamiento, exploración visual, ajustes, reglajes, etc.

Un buen sistema de inspección abarcará a todos los equipos de la empresa, pondrá a la vista los desperfectos y proporcionará información sobre cuando deben hacerse las renovaciones y reemplazos de determinados componentes, dejando su realización a la conservación preventiva. Los puntos que hay que considerar para la aplicación de este sistema son:

- a) Poseer instrucciones detalladas sobre los componentes del equipo que hay que inspeccionar, las medidas necesarias y los límites de tolerancia de servicio. Pueden emplearse instrucciones de dos clases: generales, que fijan las normas a seguir dentro de la empresa en las diferentes clases de inspección a ejecutar; y específicas, que indican los desperfectos a vigilar en los componentes del equipo, y cuándo y cómo reemplazarlos
- b) Regular la frecuencia de las inspecciones y coordinarlas con las operaciones de conservación. La regulación de las inspecciones tiene por objeto distanciarlas lo más posible, buscando reducir su costo, pero sin apartarse de ciertos límites de tiempo durante el cual no ocurren desperfectos hasta el punto de requerir atención. Su frecuencia se fijará basándose en el criterio personal y la experiencia general con el equipo de que se trate
- c) Asignar los trabajos de inspección a las personas más adecuadas
- d) Instalar registros de inspección y un sistema de seguimiento o vigilancia.

Según lo considere la institución, cada determinado tiempo se modificará el periodo entre inspecciones y el modo de ejecución a fin de actualizarlo y adecuarlo a las necesidades reales de aquella.

### 1.5.2.2 PREVENTIVA.

La conservación preventiva puede ser definida como "la conservación planeada de equipos y componentes, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas. Su finalidad es reducir al mínimo las interrupciones y una

depreciación excesiva, resultantes de negligencias" (1).  
Debidamente dirigido, la conservación preventiva es un instrumento de reducción de costos que ahorra a la empresa o institución dinero en conservación y operación. En todo plan de conservación preventiva, se pueden introducir cuantos refinamientos se deseen. A un extremo del asunto, cuando se trata de una empresa pequeña y las actividades productivas no son críticas, este tipo de conservación puede constar en una inspección formal del equipo por parte de la persona a cargo, de acuerdo con un plan periódico.

A otro extremo se encuentran empresas de tamaño relativamente grande donde algunas o todas las actividades productivas son críticas y en las que se requiere un programa de conservación altamente refinado. Independientemente de esto, un programa de conservación preventiva bien intencionado debe incluir:

1. Una inspección periódica de las instalaciones y equipo para describir situaciones que puedan originar fallas o una depreciación perjudicial

2. Las labores de conservación necesarias para remediar esas situaciones antes de que lleguen a revestir gravedad.

Antes de iniciar un programa de conservación preventiva en regla, es menester llegar a cierta condición de estabilidad que permita su introducción, esto es, elevar el nivel del equipo hasta un estándar mínimo de conservación. De otro modo, la mayoría de los recursos estarían demasiado ocupados en la reparación de averías para que se pueda llevar a cabo la inspección y la conservación bajo el programa. Una investigación del equipo puede llevar a "la eliminación de ciertas unidades de valor marginal que de ordinario imponen una fuerte carga de trabajo al sistema para conservarlas en estado

de operación" (1). Esta clase de equipo no podrá ser retenido si su reconstrucción o compostura resulta antieconómica.

Este exámen también puede "revelar la necesidad de aumentar temporalmente la fuerza de trabajo con el objeto de mejorar los equipos o instalaciones hasta un nivel aceptable, con

anterioridad a la instauración de un programa de este tipo" (1). En este caso, no podrá cargarse el costo a este último, por corresponder más bien a una conservación diferida, consecuente a una impropia en el pasado.

Aún cuando el objetivo principal de la conservación preventiva

es la reducción de costos, su aplicación pone en evidencia otras ventajas, como las siguientes <sup>(1)</sup> :

- menor tiempo perdido como resultado de una reducción drástica de los paros por avería
- menor costo de reparación por doble motivo: menos tiempo de trabajo y parada de producción más corta
- vida útil más larga del equipo e instalaciones, con la consiguiente reducción del plan de inversiones
- disminución de reparaciones importantes
- mejor control de inventario de repuestos
- mayor seguridad para el usuario y el personal destinado a aspectos de conservación
- disminución de reparaciones importantes y trabajos de emergencia
- detección más fácil de incrementos potenciales en los costos por conservación y sus causas (abusos del operario, obsolescencia, manejo y aplicación incorrecta, etc.).

Los pasos fundamentales para la instauración de un programa de conservación preventiva son:

1. Planeación preeliminar. Antes de emprender un programa de conservación preventiva es indispensable trazar un plan y despertar el interés de quienes participen en el mismo, e inclusive de quienes le sean ajenos, y establecer claramente los objetivos del programa junto con itinerario de ejecución. Tan pronto como sea posible, es necesario elaborar un registro de tiempo de paros de equipo causados por deficiencias de conservación donde se indique:

- la identificación del equipo en cuestión
- el tiempo de paro
- la forma de solución del problema.

En caso de ser posible, el costo de conservación se acumulará con anterioridad o simultáneamente al desarrollo del programa.

2. Selección de los equipos. La aplicación de la conservación preventiva a todos los equipos sin discriminación, no es adecuado desde el punto de vista económico, en vista de que existen equipos que no justifican la inversión, aunque es necesario indicar que el porcentaje de equipo en esa situación no es elevado. Para decidir a qué equipos se debe aplicar la

conservación preventiva es menester observar las siguientes consideraciones:

- si existe la probabilidad de una falla que pueda poner en riesgo la integridad o la vida del usuario
- si existe equipo de reemplazo en caso de un desperfecto
- si una falla en ese equipo perjudicará severamente los programas y proyectos de la empresa
- si el costo por efectuar una inspección de conservación preventiva resulta más oneroso que el de una reparación en caso de presentarse una avería
- si es poco probable una suspensión y/o daño grave con o sin el control de la conservación preventiva
- si el equipo es obsoleto antes de que llegue a un paro por avería.

3. Análisis de datos históricos de reparación. Un rasgo esencial de la conservación preventiva es la acumulación de datos históricos de reparación de equipo, ya que para su correcta implementación, se requiere un profundo conocimiento de sus problemas. El estudio de las dificultades en el pasado indicará la frecuencia con la que habrán de realizarse las inspecciones para reducir al mínimo las descomposturas, y si es preciso o no una conservación correctiva. La información que servirá de referencia puede tener como fuente cualesquiera de las siguientes:

a) Ordenes de trabajos de conservación (figura 1.2). Sólo se recurrirá a éstas cuando la empresa o institución no cuente con datos sobre las reparaciones realizadas. Dichas órdenes se clasificarán por clave y descripción del equipo, así como por tipos de fallas, abarcando cuando menos los dos últimos años. La información así obtenida se asentará en un registro que incluya:

- clave del equipo
- número de serie y marca
- fecha y tipo de reparación
- lista de partes de repuesto empleadas.

Un exámen de los registros indicará las situaciones que están exigiendo intervenciones de reparación excesivas.

b) Registro de reparaciones de equipo (figura 1.3). Otra



**SOLICITUD DE CONSERVACION No. \_\_\_\_\_**

Fecha de solicitud:		Hora:	Depto. No.:		Ubicación:		
Prioridad del trabajo				Disponibilidad del equipo			
Regular o Importante (1) o Rutina (2)		Emergencia o Descompostura (3) o Seguridad (4)		Tiempo:	Turno:	Fecha:	
Tipo de equipo:			No. de serie:		Marca y modelo:		
No. de inventario:		Clave:	Responsable del equipo:				
Naturaleza del problema:							
Trabajo requerido:				Solicitado por:			
Operarios delegados							
No.	Función	Nombre	Hrs.	No.	Función	Nombre	Hrs.
Fecha de iniciación:		Hora:	Fecha de terminación:		Hora:		
Operaciones realizadas y observaciones (para comentarios adicionales, emplear el dorso):							
Partes de requisición No. _____							
(adjuntar copias de requisición) Horas perdidas: _____							
Revisó: _____				Autorizó: _____			

**FIGURA 1.2 ORDEN DE TRABAJO PARA CONSERVACION PREVENTIVA.**

REGISTRO DE REPARACION DE EQUIPO				CLAVE:	
Descripción:					
Tipo:	Marca:	Modelo:	No. de serie:		
No. de inventario:	Peso:	Dimensiones:	Operación:		
Ubicación:	Departamento:		Responsable del equipo:		
Fecha de compra:	Fecha de recepción:		Fecha de instalación:		
Precio de compra	Especificaciones				
Flete:	Temperatura:	Humedad relativa:	Presión:		
Instalación:	Altura máxima:	Voltaje:	Frecuencia:		
Total:	Corriente:	Potencia disipada:	Ventilación:		
Servicio:	Información adicional:				
Fecha	Labor de conservación efectuada	Costos por refacciones	Hrs. de mano de obra	Hrs. perdidas	

FIGURA 1.3 FORMA DE REGISTRO DE REPARACIONES DE EQUIPO (ANVERSO).

<b>REGISTRO DE REPARACION DE EQUIPO</b>				<b>CLAVE:</b>
<b>Fecha</b>	<b>Labor de conservación efectuada</b>	<b>Costos por refaccio- nes</b>	<b>Hrs. de mano de obra</b>	<b>Hrs. perdidas</b>
<b>Existencia de partes de refacción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Existencia de partes de reafcción</b>	<b>Cantidad</b>	
<b>Accesorios y partes auxiliares</b>	<b>Observaciones</b>			

**FIGURA 1.3 FORMA DE REGISTRO DE REPARACIONES DE EQUIPO (REVERSO).**

fuente potencial de información es el registro de reparaciones de equipo, que básicamente contiene dos tipos de datos:

- los de tipo permanente, físico, que se relacionan con el equipo y su instalación
- los de reparaciones y ajustes de importancia.

En caso de que este registro no exista, debe llevarse a medida que avanza el programa de conservación preventiva.

4. Desarrollo de un sistema de atención por solicitudes de conservación y órdenes de trabajo. Para que un programa de conservación preventiva pueda funcionar con eficacia, puede requerirse la preparación de una solicitud de conservación u orden de trabajo que abarque toda la tarea. Con base en lo anterior, todas las composuras de alguna importancia se anotan en el registro de reparación de equipo, lo que permite conservarlos como datos históricos y evitar las órdenes verbales. De ordinario, estas órdenes deben ser expedidas por la función de control de conservación.

5. Establecimiento de frecuencias de inspección. El establecimiento de las frecuencia con la que se realizan las inspecciones está determinado por la información que se obtenga directamente de los fabricantes y de la proveniente de asociaciones y organizaciones encargadas al respecto, así como de los registros del equipo. Cuando éste es viejo o se le somete a un trabajo intenso, cuando existen determinadas exigencias de seguridad, contaminantes atmosféricos, etc., es probable que se tenga que aumentar la frecuencia de las inspecciones. Si las circunstancias no son tan apremiantes, aquellas serán más espaciadas.

(1)

En general, existen dos sistemas para hacer las inspecciones periódicas, que son:

- inspección general. Son efectuadas por empresas pequeñas porque la administración es mas sencilla. La inspección de todo o la mayor parte del quipo se realiza de una sola vez, con auxilio de una lista comprobatoria elaborada con anticipación. Comúnmente, el ciclo de inspección se inicia por aquellos equipos que fallen con mayor frecuencia. Este método puede dar lugar a que se sobrevigilen algunas partes de la maquina, causando una pérdida de tiempo y esfuerzo. No obstante, es factible hacer indicaciones que permitan conocer el grado de periodicidad con que deban hacerse las revisiones, lo cual evitará en cierto modo este problema.

- inspección especializada. Contiene un grado de refinamiento más alto que la general. Se emplea en grandes empresas y

ahorra inspecciones. Se basa en los diferentes periodos de duración que poseen los diversos componentes del equipo. Así, las partes que duran más, no son examinadas con la misma frecuencia que las que fallan más seguido. Con esto, es posible lograr considerables economías en el tiempo destinado a revisiones.

La fijación de frecuencias de inspección es un asunto que requiere experiencia. La tendencia en las primeras fases de la conservación preventiva es inspeccionar excesivamente, lo que incrementa significativamente los costos; sin embargo, un análisis más profundo de las fallas puede auxiliar en cierto sentido a evitar dicho exceso.

6. Elaboración de un registro de comprobación de conservación preventiva. El registro de comprobación de conservación preventiva es una de las fuentes de información más importantes para ese sistema. De acuerdo con el tipo de inspección realizada en el equipo, dicho registro contendrá lo siguiente:

- a) inspección general. Aquí se indicarán las características de mayor importancia del equipo que requieren revisión en forma de una lista de verificación o cotejo, además de otros datos adicionales que informen completamente sobre la forma de ejecución de la inspección y los resultados obtenidos de ésta
- b) inspección especializada. En este caso la lista de cotejo se hace más detallada, haciendo mención de los componentes básicos o subgrupos eléctricos, electrónicos, mecánicos, etc., registrándose cada una de las situaciones examinadas y el tiempo probable que se empleará en su corrección.

Una vez recopilada esa información, se entregará a la función de control de la conservación, donde se expedirán las órdenes necesarias para que se efectúen las reparaciones recomendadas. La inspección formal respaldada con una lista de cotejo de conservación preventiva proporciona las siguientes ventajas sobre una simple inspección informal:

- constituye un recordatorio para el personal a cargo, impidiendo la omisión de detalles de importancia
- representa una fuente de información para realizar análisis periódicos
- asegura una inspección completa y uniforme independientemente de quién sea la persona que la ejecute
- permite la anotación de observaciones relativas a un punto de inspección, para poner atención en cualquier avance de la falla

- proporciona a la función de control de la conservación una base para determinar el tipo de acción a emprender.

7. Programación de actividades de conservación preventiva. Elaborada la lista de cotejo para cada componente del equipo e instalación, deberá hacerse un programa o itinerario, a efecto de asegurar que se realicen con oportunidad las inspecciones necesarias. Las operaciones de inspección deben ser estudiadas cuidadosamente a efecto de determinar el tiempo de ejecución; así, la carga de trabajo expresada en el registro de comprobación puede caber en un programa que establezca un flujo de inspecciones uniforme a lo largo de todo el año, tomando en cuenta variaciones y necesidades estacionales.

Las listas de cotejo mencionadas se clasificarán en dos grupos:

- a) las de periodicidad variable: atañen al equipo crítico para las actividades productivas, que puede revisarse según su uso, el cual es proporcional al volumen de éstas.
- b) las de frecuencia fija: corresponden a inspección de instalaciones auxiliares, ya que reconocen como base únicamente el tiempo.

La programación puede hacerse de dos maneras:

- Manual. En este caso es necesario preparar un registro escrito para cada inspección y para cada equipo (figura 1.4), donde se anotarán los siguientes datos:

número de referencia de la lista de cotejo

denominación del equipo

renglón programado, es decir, si se trata de todo el equipo o sólo de alguno de sus componentes

ciclo de inspección

sitio de emplazamiento, etc.

Elaborados estos registros, se ordenarán de acuerdo al ciclo de inspección. Así, el sistema consistirá en la preparación del itinerario de inspección mediante la consulta de los registros correspondientes a un ciclo dado.

- Con computadora. Aquí se procede a elaborar un programa que presente, de acuerdo con el ciclo de inspección requerido, los equipos que deberán revisarse; así como otra información que resulte pertinente, la cual estará almacenada en una base de datos general. Es necesario fijar un momento preciso en que el

		CLAVE:
<u>TARJETA DE PROGRAMACION DE CONSERVACION PREVENTIVA</u>		
Tipo: _____	No. de serie: _____	
Marca: _____	Modelo: _____	
Ubicación del equipo: _____		
Depto.: _____	Responsable: _____	
Clase de inspección: _____		
Frecuencia de inspección: _____		
Hoja de cotejo de inspección No.: _____		
Observaciones (instrucciones especiales de programación: _____		
_____		
_____		

FIGURA 1.4 FORMA PARA PROGRAMACION DE ACTIVIDADES DE CONSERVACION PREVENTIVA.

equipo sea susceptible de inspección; no obstante, hay que aceptar cierto margen, ya que una emergencia o una actividad productiva crítica puede modificar dicha disponibilidad. En caso de surgir una situación semejante, habrá que proceder con el cambio de día u hora de inspección.

8. Exámen del equipo seleccionado. Todo equipo dentro de un área previamente establecida deberá ser revisado para precisar el trabajo que haya realizarse para un preacondicionamiento, así como sus necesidades de limpieza, ajuste, etc. sobre una base diaria, semana, mensual, trimestral o cualquiera otra conveniente, incluyendo un cálculo de la frecuencia con la que habrán de realizarse las reparaciones totales. En una forma de exámen o inspección de conservación preventiva se anotarán los datos correspondientes a esa función.

La experiencia ha demostrado que realizando adecuadamente este sistema de conservación, "es posible disminuir la carga de trabajo en un 25% con respecto a la presentada en un sistema de conservación correctiva"<sup>(1)</sup>.

#### 1.5.2.3 PREDICTIVA.

Como consecuencia de las severas crisis económicas posteriores a la Segunda Guerra Mundial y las fuertes presiones originadas por la competencia industrial europea y de extremo oriente, muchas empresas norteamericanas se vieron forzadas a reducir costos en diversos rubros, como en los sistemas de conservación de equipos; aún cuando éstos fueran de producción continua.

La conservación preventiva, empleada durante muchos años como un recurso útil bajo circunstancias más o menos similares, resultó inadecuada para las nuevas exigencias. Algunos equipos recibían poca o ninguna conservación, mientras que otros recibían una atención excesiva, lo que dió lugar a un elevado número de paros por avería, además de altos costos por reemplazos innecesarios de partes aún en buen estado. Con dichos programas, muchos departamentos de conservación encontraron imposible anticipar paradas para revisión y tomar las acciones correctivas correspondientes.

Esto dió pie al desarrollo de técnicas matemáticas y de instrumentos de medición y prueba que permitieran cuantificar la magnitud de la vida útil de los diversos componentes de un equipo en particular, y determinar el instante en que deberían ser reemplazados o reparados. Posteriormente, dichas técnicas se modificaron y agruparon para constituir lo que actualmente se conoce con el nombre de sistema de conservación predictiva. Este sistema busca, esencialmente, "diagnosticar la existencia

<sup>(9)</sup>  
de fallas incipientes", con el objeto de proporcionar al



equipo una reparación oportuna, asegurando la disponibilidad del servicio a un costo bajo. La conservación predictiva se vincula con el monitoreo periódico de parámetros de operación del equipo en el sentido de observar cambios que pronostiquen fallas. La medición del funcionamiento de un equipo en especial contra estándares preestablecidos permite identificar desviaciones antes de que ocurran fallas graves en el mismo, asegurando una alta productividad y elevada calidad en el trabajo efectuado.

Aún cuando algunos autores <sup>(2)(3)(8)</sup> ignoran la existencia de <sup>(1)(4)</sup> la conservación predictiva, y otros <sup>(13)</sup> la clasifican como una variante de la conservación preventiva, actualmente la mayoría coincide en considerarla como un sistema aparte. Sobre esto, señala R. L. Marinello <sup>(13)</sup> las siguientes diferencias entre ambos sistemas:

**Cuadro 1.2 Diferencias entre conservación preventiva y conservación predictiva**

Tipo de conservación:	Conservación preventiva	Conservación predictiva
Análisis:	Historia de reparación del equipo Estimación de las expectativas de vida de los componentes	Evaluación completa del equipo Establecimiento de un perfil normal de operación
Detección de anomalías operativas:	Detenciones periódicas para inspección visual de los componentes en operación Periodo de parada por avería teórico basado en datos históricos y vida media de los componentes	Monitoreo constante durante toda la operación del equipo Detección de paradas potenciales por avería en etapas tempranas, permite dejar tiempo para acciones correctivas programadas
	Pequeña o nula advertencia antes de parada por avería	Advertencia automática para prevención de avería

**Cuadro 1.2 Continuación.**

<b>Tipo de conservación:</b>	Conservación preventiva	Conservación predictiva
<b>Determinación de parada para revisión:</b>	Al ocurrir la avería, desmontaje del equipo para estudio de causa y efecto  Evaluación de registros históricos de conservación	Análisis documentado y completo que reporta la forma de operación del equipo Señalamiento preciso de causales de detención por avería mientras está en operación el equipo
<b>Acción correctiva:</b>	Inspección periódica mediante desmontaje del equipo y reemplazo de partes sospechosas  Posibilidad de labores de conservación excesivas	Reparación o reemplazo únicamente de partes deterioradas  Labores de conservación ejecutadas solo cuando son requeridas
<b>Puntos de referencia para elaboración de presupuestos de conservación:</b>	Aproximación de costos pasados de conservación  Sobreexistencia de refacciones para resolver paradas por averías catastróficas	Evaluación detallada de costos de conservación y ahorros Evaluación más detallada de inventario de refacciones

(14)

En general, existen doce pasos esenciales para la construcción de un programa de conservación predictiva, y son:

1. Exploración del área de cobertura del sistema. Es el primer paso para determinar la viabilidad de un programa de conservación predictiva. Idealmente debe basarse en un análisis del funcionamiento de los equipos existentes en el área de cobertura del sistema en términos de disponibilidad, confiabilidad, tiempo de parada, etc. Dicha información raramente está disponible; no obstante, la viabilidad de aplicación de la conservación basada en las condiciones del equipo es juzgada por el número y tipo de máquinas en adición con la experiencia exhaustiva de consultores expertos en conservación predictiva.

2. Selección de los equipos. Lo que se pretende en este punto es administrar cierto número de equipos, considerando sus requerimientos de energía, objetivos de producción, costos por parada, etc.

3. Selección de técnicas de monitoreo óptimas. En esta etapa se determinan las siguientes cuestiones, estipulándose como condiciones para la realización del monitoreo:

- Qué se va a medir? Debe existir un parámetro que sea indicativo de la condición del equipo y del progreso de la falla.

- Cómo se va a medir? Deben señalarse instrumentos y técnicas disponibles capaces de monitorear el parámetro en cuestión.

- Cuándo se va a medir? La técnica de monitoreo debe proveer un período usual de detección de fallas, esto es, debe dejar tiempo entre la confirmación de la existencia de un problema en el equipo y la aparición de una falla eventual. Este hecho determinará la frecuencia de monitoreo.

- Dónde se va a medir? El establecer el momento y el lugar preciso de medición es de gran importancia, en el sentido de obtener una detección temprana de las fallas en el equipo.

4. Establecimiento del sistema. Una vez establecidas las técnicas óptimas de monitoreo para cada componente crítico de un equipo en particular, se fusionan con vista a realizar un programa racional de monitoreo acompañado con:

- a) el establecimiento de programas de inspección
- b) el diseño de un sistema simple para manejo de datos que ejecute lo siguiente:
  - recolección de datos
  - grabación de datos
  - análisis de datos
  - recuperación y reportes
- c) un programa de educación y capacitación del personal a cargo.

5. Fijación y verificación de los límites aceptables de condición operativa. El objetivo de esta etapa es el establecimiento de niveles "normales" de condición de los

---

a Monitoreo: neologismo derivado de la palabra monitor (del latín monitor), "el que avisa a otro" (tomado del PEQUEÑO LAROUSSE ILUSTRADO - Toro y Gisbert, Miguel - 7a. edición, editorial Larousse, México D. F. 1970, página 696).

parámetros de monitoreo, que representen una condición aceptable del equipo. Esto puede establecerse únicamente si se parte de la experiencia acumulada y de los datos históricos. No obstante, en etapas iniciales, cuando dichos datos no están disponibles, las recomendaciones del fabricante del equipo y los manuales e instructivos del usuario proveen algunas guías a seguir.

Basándose en dichos niveles "normales", los límites de acción establecen qué hechos representan un deterioro significativo en la condición del equipo y advierten claramente sobre la inminencia de una falla catastrófica.

Es esencial que los límites ya establecidos sean verificados periódicamente, según lo indiquen la experiencia y los datos históricos.

6. Determinación de la línea de referencia de operación del equipo. Dado que la condición operativa inicial de un equipo no siempre es conocida, es necesario determinarla a través de la aplicación de las técnicas de monitoreo ya establecidas, bajo condiciones previamente seleccionadas, y comparar las lecturas observadas contra límites aceptables ya señalados.

Donde la condición operativa del equipo es aceptable, éste pasa a un programa de monitoreo rutinario. Las mediciones efectuadas inicialmente sirven de patrón de comparación si una falla es detectada durante la operación del equipo.

Si el equipo presenta una condición inaceptable bajo los límites señalados, esto indica la existencia de una falla o de límites inadecuados. Un análisis más profundo es necesario para localizar y corregir la falla, o si ésta no es encontrada, para revisar los límites elegidos.

7. Medición periódica de parámetros indicativos. Este paso representa el programa de monitoreo rutinario establecido en los pasos 3. y 4. El objeto de este programa es la detección de un deterioro significativo en la condición del equipo a través de un análisis dirigido de los datos medidos (paso 10), después del cual el equipo pasa a un análisis más amplio de su condición operativa (paso 11).

8. Recolección de datos.

9. Grabación de datos.

10. Análisis de detección de fallas (dentro de los límites preestablecidos).

11. Análisis de condición operativa. Este es un análisis más profundo sobre la condición operativa del equipo, que a menudo incluye la aplicación de cierto número de técnicas. El objetivo de este análisis es la confirmación de la existencia de una falla y el señalar un diagnóstico junto con un pronóstico que indique:

- tipo de falla
- localización
- grado de severidad
- acción correctiva requerida.

12. Corrección de la falla. Una vez diagnosticada la falla, es responsabilidad de la administración a cargo programar la ejecución de la acción correctiva. En esta etapa es esencial señalar la causa que originó la falla y la forma de corrección. Los detalles de la falla, una vez identificada, deben retroalimentarse al programa de conservación predictiva para la confirmación del diagnóstico y el mejoramiento de su capacidad de detección de fallas.

No obstante, la conservación predictiva presenta una gran desventaja: toma para su ejecución demasiado tiempo del destinado a las actividades productivas, como también ocurre en la conservación preventiva. El monitoreo periódico de algunos parámetros operativos de los equipos debe ser programado para cada uno en particular, lo que causa su detención el tiempo necesario para la verificación. Esto resulta especialmente crítico en equipos que son indispensables para la operación del sistema.

## II. PRINCIPIOS DE ADMINISTRACION Y CONTROL.

### 2.1 GENERALIDADES.

Las actividades de conservación básicas son, en orden de importancia, las siguientes:

1. reemplazo o reparación los equipos principales y auxiliares deteriorados o dañados.

2. si en un trabajo de reparación se requiere cierta destreza en proporción directa con la complejidad del equipo, el personal que posea esta capacidad será asignado al mismo con objeto de reducir el tiempo de parada del sistema que, con operarios menos hábiles, aumentaría sensiblemente.

3. buscando reducir el tiempo que el equipo debe permanecer fuera de servicio a causa de su reparación del sistema, es posible seleccionar y sustituir equipos, dispositivos y métodos de control que mejoren los procedimientos de trabajo y el control de inventario. Las funciones de inspección periódica y reparación también buscan reducir los costos de reparación.

4. así como la mecanización y la automatización han progresado, los costos de oportunidad y conservación debidos a las deficiencias que pudiese presentar este servicio también se han incrementado, y en consecuencia, los análisis de confiabilidad, disponibilidad, conservabilidad y economía han experimentado un gran desarrollo. En consecuencia, la forma en que se administren dichas actividades resulta determinante para la efectividad del sistema.

La administración, según Reyes Ponce<sup>(23)</sup>, se define como: "el conjunto sistemático de reglas para lograr la máxima eficiencia en las formas de estructurar y manejar un organismo social" a. El proceso administrativo es un continuo inseparable y único en el que cada parte está indisolublemente unida a las demás y que, además, se dan simultáneamente. No obstante, con el fin de comprender y aplicar mejor la administración, es conveniente dividirlo en varias fases, las cuales se tratarán con mayor detalle más adelante, así como el modo en que determinan las

---

a Aún cuando el término "organismo social", como objeto de la administración, pudiera aparecer inaplicable a los sistemas de conservación, éste no es el caso, según se observa de la definición dada por Reyes Ponce: "organismo social es la unión moral de hombres, que en forma sistemática coordinan sus medios para lograr un bien común".

características de los sistemas de conservación.

## 2.2 IMPORTANCIA DE LA ADMINISTRACION DE LA CONSERVACION.

La constante mecanización del trabajo de las empresas no sólo ha incrementado el crecimiento y ganancias de éstas, sino que ha estimulado el desarrollo de la economía nacional y el ascenso del nivel de vida promedio.

Sin embargo, cuando una interrupción ocurre en el funcionamiento del equipo y auxiliares, el resultado se refleja en severas pérdidas y daños. Por ejemplo, en el caso de la contaminación del aire o agua provocada por la explosión de un reactor nuclear, un accidente en una planta química o una interrupción en las comunicaciones nacionales, existirán severos efectos físicos, económicos y anímicos sobre la sociedad. Tanto las empresas públicas como las privadas son afectadas por los desperfectos de sus equipos en los siguientes aspectos:

- a) Un sobregasto en los recursos productivos como material, energía y mano de obra
- b) Incremento en los costos de reparación y paro
- c) Confusión en la producción y planeamiento administrativo, y demora en la obtención de resultados
- d) Deterioro en la motivación del personal
- e) La posibilidad de inconformidad pública.

Cuando el equipo empleado es extremadamente grande, extremadamente pequeño, o de alta velocidad, o más aún, tiene que operar bajo severas condiciones de presión y temperatura, resulta imposible para los sentidos humanos y la habilidad física del personal hacer frente a la presencia de una condición inusual en el equipo mientras está en operación; con el diagnóstico de la falla o con las operaciones de conservación y reparación.

Actualmente, dos de los esfuerzos realizados dentro de la administración de la conservación son reducir al mínimo el efecto de fallas en el equipo y obtener información sobre la experiencia y el conocimiento obtenido de los trabajos de conservación y del fabricante a efecto de reducir el número de dichos trabajos. Las características indispensables para

efectuar una administración de la conservación en cualquier industria o institución, independientemente de la escala de sus operaciones y los objetivos a cumplir, son las siguientes:

- análisis económico y de disponibilidad, y evaluación de la administración de la conservación

- funcionamiento, organización, sistematización y elaboración de procedimientos para la función administrativa
- elaboración de un sistema de diagnóstico para conservación
- mejoramiento de la destreza del personal y su motivación en actividades productivas y de conservación.

### 2.3 ELEMENTOS DEL PROCESO ADMINISTRATIVO.

(23)

Según Reyes Ponce, los elementos del proceso administrativo son "los pasos o etapas básicas a través de los cuales se realiza aquella". Existen varios criterios de división que establecen las etapas básicas de dicho proceso; sin embargo, aquí se tomará el seleccionado por Reyes Ponce b, que se resume en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1 Elementos del proceso administrativo.

Fase	Elemento	Etapas
<u>Mecánica</u> : construcción y estructuración del organismo social	<u>Previsión</u> : determinación de los cursos de acción a seguir con base en investigaciones técnicas sobre condiciones futuras	<u>Objetivos</u> : determinación de fines <u>Investigaciones</u> : descubrimiento y análisis de los medios con que se cuenta <u>Cursos alternativos</u> : adaptación genérica de los medios encontrados a los fines propuestos
	<u>Planeación</u> : determinación del curso con creto de acción a seguir, fijando principios de orientación, secuencias de operación y tiempos	<u>Políticas</u> : principios orientadores de acción <u>Procedimientos</u> : secuencias de operaciones o métodos <u>Programas</u> : fijación de tiempos requeridos

---

b Establecido por L. Urwick en su libro: "LOS ELEMENTOS DE LA ADMINISTRACION", editorial Herrero Hermanos Sucrs. S. A., México D. F. 1960, páginas 15 a 22.



Cuadro 2.1 Continuación.

Fase	Elemento	Etapa
<p><u>Dinámica</u>: manejo operación y funcionamiento del organismo social</p>	<p><u>Organización</u>: estructuración técnica de relaciones existentes entre funciones, niveles y actividades de elementos humanos y materiales</p> <p><u>Integración</u>: obtención y articulación de elementos materiales y humanos necesarios para el funcionamiento del organismo social</p> <p><u>Dirección</u>: impulso, coordinación y vigilancia de las actividades de cada elemento, a efecto de una ejecución más eficaz</p>	<p><u>Jerarquías</u>: fijación de autoridad y responsabilidades de cada nivel</p> <p><u>Funciones</u>: determinación de divisiones de grandes actividades especializadas</p> <p><u>Obligaciones</u>: labores que debe desempeñar cada unidad de trabajo</p> <p><u>Selección</u>: técnicas de búsqueda y selección de los elementos adecuados</p> <p><u>Introducción</u>: métodos para articular adecuada y rápidamente los elementos nuevos</p> <p><u>Desarrollo</u>: métodos para mejorar los elementos existentes</p>
		<p><u>Mando o autoridad</u>: formas para delegarla y ejercerla</p> <p><u>Comunicación</u>: proceso por virtud del cual conocimientos, comportamientos, tendencias, etc. son conocidos por los demás elementos del sistema</p> <p><u>Supervisión</u>: verificación de la forma de ejecución de las actividades contra planes y programas preestablecidos</p>

Cuadro 2.1 Continuación.

Fase	Elemento	Etapa
	<u>Control</u> : establecimiento de sistemas de medición de resultados actuales y pasados, y su comparación con los esperados con el fin de corregir, mejorar o formular planes	<u>Establecimiento de normas</u> : referencias técnicas de comparación  <u>Operación de controles</u>  <u>Interpretación de resultados</u> : realimentación al sistema

Aún cuando existe una relación estrecha entre los seis elementos, ésta parece ser mas clara entre:

- previsión y planeación
- organización e integración
- dirección y control.

Merece especial mención la clasificación establecida por Fayol c, "el padre de la administración científica", que establece cinco grupos de elementos relacionados directamente con la "administración de cosas", los cuales se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.2 Elementos de la "administración de cosas".

Elementos	Técnicas
<u>Operaciones financieras</u> : procuran al organismo social medios económicos indispensables para la adquisición de elementos humanos y materiales, así como establecer la mejor manera de combinarlos y aprovecharlos	- Técnicas para la adquisición de capitales y la estructuración financiera  - Técnicas para el manejo financiero

---

c tomada de H. Fayol - ADMINISTRACION INDUSTRIAL Y GENERAL-  
editorial Argentina de Administración y Finanzas, Buenos Aires  
(Argentina) 1960, páginas 15 a 32.

## Cuadro 2.2 Continuación.

Elementos	Técnicas
<u>Operaciones productivas</u> : se realizan bajo las normas técnicas correspondientes, con el fin de crear los bienes o prestar los servicios que constituyen el objetivo del organismo social	<ul style="list-style-type: none"><li>- Técnicas de instalación</li><li>- Técnicas de operación</li><li>- Técnicas de desarrollo</li></ul>
<u>Operaciones de ventas o distribución</u> : tienen por objeto hacer que los bienes o servicios que produce el organismo social lleguen de forma más efectiva a los usuarios que habrán de requerirlos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Técnicas de mercadotecnia</li></ul>
<u>Operaciones de registro</u> : fijan los resultados de la operación de la empresa en forma permanente de modo que en cualquier momento pueda conocerse la situación administrativa de la misma	<ul style="list-style-type: none"><li>- Registros permanentes escritos o por computadora</li></ul>
<u>Operaciones de compra</u> : buscan adquirir los bienes que la empresa requiere para sus operaciones, al mejor precio posible y en la forma apropiada	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sistemas de información sobre abastecimientos y requisición</li><li>- Investigación de proveedores</li><li>- Procedimientos de compra</li><li>- Sistemas de almacenamiento</li><li>- Control de inventario, etc.</li></ul>

Cuadro 2.2 Continuación.

Elementos	Técnicas
<u>Operaciones de conservación</u> : se refieren a la mejor forma de proteger los bienes materiales y recursos de la empresa	- Conservación correctiva, preventiva y predictiva - Seguridad industrial y seguros

2.4 TECNICAS PARA LA ADMINISTRACION DE LA CONSERVACION.

2.4.1 ANALISIS ECONOMICO Y DE DISPONIBILIDAD.

La operación sin tiempos fuera de servicio durante la totalidad del ciclo de vida sería deseable para un equipo recién adquirido. No obstante, actualmente el tiempo fuera de servicio ocasionado por una falla o deterioro es susceptible de ocurrir. Si no hay fallas ni deterioro, las actividades de conservación son innecesarias y como resultado no existen pérdidas o costos ocasionados por éstas. De otro modo, el costo de adquisición de un equipo sería extremadamente elevado. En consecuencia, la economía en la administración de la conservación debe evaluarse como un total del costo de conservación, costos por oportunidad, costos de adquisición y costos de instalación. La disponibilidad, definida como "la probabilidad que el sistema opere satisfactoriamente en cualquier punto en el tiempo cuando

(27)  
es empleado bajo condiciones preestablecidas", es uno de los conceptos más importantes bajo los cuales es evaluada la efectividad del sistema. Está dada por la expresión indicada en el capítulo anterior (ver fórmula 1.1). No obstante, algunos autores emplean también la siguiente:

$$A = \frac{T}{T + \frac{p}{o}} \quad 2.1$$

donde T : tiempo de operación del equipo

o : tiempo de parada (por conservación y retrasos  
p logísticos y administrativos)

Analizando dicha fórmula, se deduce que si  $T \rightarrow 0$ ,  $A \rightarrow 1$ , mientras que si  $T \rightarrow \infty$  o  $T \rightarrow 0$ ,  $A \rightarrow 0$ . Lo primero representa situación ideal donde la disponibilidad es del 100% y no existen

labores de conservación, mientras que lo segundo representa una situación totalmente desfavorable donde el equipo presenta desperfectos constantemente, reduciéndose su disponibilidad al mínimo d.

La disponibilidad mejora cuando el tiempo de operación se incrementa como consecuencia del desarrollo de la confiabilidad del equipo, y también cuando el tiempo de conservación es reducido por técnicas progresivas de realización de labores de conservación.

El desarrollo en la administración de la conservación de un equipo recién adquirido sobre las bases de una evaluación de las economías obtenidas representa una acción de reducción del tiempo de conservación, mejorando la disponibilidad y reduciendo los costos por oportunidad y conservación.

#### 2.4.2 ANALISIS DE FALLAS.

Como se mencionó en el capítulo anterior, la ocurrencia de fallas en un equipo puede ser descrita por una curva, de acuerdo al tiempo de uso. Existen en esta curva tres periodos fundamentales:

- un periodo inicial, denominado "periodo de fallas tempranas". En este periodo las fallas son causadas principalmente por un mal diseño, procesamiento defectuoso, errores o manejo inapropiado

- un periodo intermedio, llamado "periodo de fallas aleatorias", éstas son causadas por una operación errónea del equipo, en cuyo caso la conservación rutinaria y la operación correctiva son indispensables

- un periodo final, llamado "periodo de desuso", la falla es originada principalmente por el uso de la máquina, la corrosión o los cambios físicos que experimente. En este instante, la conservación preventiva o correctiva resultan efectivos. Si el costo por conservación es extremadamente elevado, el reemplazo es lo más aconsejable.

El análisis de fallas significa una investigación sistemática y un estudio para clarificar los efectos de las potenciales o

---

d Cuando  $T \rightarrow \infty$ ,  $A \rightarrow 1/(1 + T)$ . Para esta última expresión, si  $T$  es suficientemente pequeño,  $A$  tiende a 1; en cambio para un valor elevado de  $T$ ,  $A$  tiende a cero.

actuales orígenes de fallas, mecanismos de fallas y probabilidad de ocurrencia en el trabajo.

Los métodos indicados a continuación son empleados por el análisis de confiabilidad durante la etapa de diseño. El análisis en modo de falla y efectos y el análisis del árbol de fallas son los métodos más populares. Los procedimientos prácticos de estos métodos se describen brevemente en el cuadro siguiente

Cuadro 2.3 Características de los métodos para análisis de fallas

Objetivo	Método
Pronóstico de variación de características y deterioro	Método de análisis del "peor caso" Métodos de análisis estadísticos
Descomposición de las causas de fallas	Análisis del "árbol de fallas"
Análisis secuencial de la ocurrencia de fallas	Análisis del "árbol de eventos"
Efectos de fallas	Análisis en modo de fallas

#### 2.4.2.1 EN MODO DE FALLAS Y EFECTOS.

El propósito de este método es estimar el modo potencial de fallas y la mayor causa de falla así como evaluar el efecto en el objetivo del sistema. Los procedimientos prácticos de este método son esbozados a continuación:

- análisis de la estructura del objetivo del sistema y descomposición de éste en subsistemas, componentes y partes
- definición de la misión de los subsistemas, componentes y partes basándose en las especificaciones del sistema
- determinación del nivel de descomposición que se analizó en el primer paso
- clasificación de los subsistemas, componentes y partes de acuerdo a sus funciones en el sistema
- establecimiento de la misión final del objetivo del sistema y composición de diagramas de bloque funcionales de confiabilidad que expresen las relaciones funcionales del sistema, subsistemas, componentes y partes de acuerdo a la clasificación del paso anterior

- enumeración de los modos potenciales de falla por medio de diagramas de bloque funcionales de confiabilidad a través de métodos de sugerencia de ideas

- selección coordinada con el diseño, confiabilidad y pruebas de ingeniería, de algunos modos efectivos de falla conjunto con lo indicado en el paso precedente

- referencia a pruebas o documentos sobre fallas concernientes a sistemas similares a objeto de determinar la mayor causa de falla

- almacenamiento de los resultados obtenidos en un formato de análisis.

#### 2.4.2.2 METODO DEL "ARBOL DE FALLAS".

Para eliminar los "eventos indeseables" que perturban la seguridad y confiabilidad de un sistema, las causas reales de los mismos se localizan utilizando símbolos que los representan y símbolos de compuertas lógicas. Los procedimientos seguidos por este método son los siguientes:

- definición de la estructura del objetivo del sistema, misiones y requerimientos de confiabilidad y seguridad

- selección del evento ápice de los muchos "eventos indeseables"

- enumeración de las causas de dicho evento

- descripción de las relaciones entre el evento ápice y los eventos causantes con símbolos de puertas lógicas

- exploración hasta los eventos causales básicos de los listados en el paso anterior

- resumen de los resultados de los pasos anteriores en un diagrama del "árbol de fallas"

- obtención de la probabilidad de ocurrencia de cada evento y cálculo de la probabilidad de ocurrencia del evento ápice

- empleando los resultados del paso anterior, desarrollo de los eventos causales que tengan un efecto importante aún en el evento ápice

- si la probabilidad de ocurrencia de cada evento es imposible de obtener, se debe seleccionar y desarrollar algunos eventos causales que se considere tengan un efecto importante.

Las causas de falla son clasificadas de acuerdo a los siguientes

factores: factores de funcionalidad, factores ambientales y factores temporales.

#### 2.4.3 ANALISIS DE DATOS SOBRE CONFIABILIDAD Y CONSERVABILIDAD.

A continuación se señalan las etapas dentro del análisis de datos sobre confiabilidad y conservabilidad.

Cuadro 2.4 Etapas para análisis de datos de confiabilidad y conservabilidad.

Etapas	Variable estudiada	Contenido
<u>Recolección de datos de fallas</u>	Intervalo de muestreo Tamaño de intervalo	(1) Teoría de muestreo (2) Tiempo anterior a la falla (3) Tiempo de reparación
<u>Análisis de datos</u>	Precisión Horas-hombre	(1) Clasificación (por importancia o por modo) (2) Análisis estadístico (diagrama de Pareto, histogramas, prueba de hipótesis y estimación de MTBF: tiempo medio entre fallas, MTF: tiempo medio anterior a la falla, MTTR: tiempo medio de reparación (3) Análisis de fallas y análisis en modo de fallas y efectos (análisis del árbol de fallas, simulación, etc.), diagrama del Pescado
<u>Evaluación de medidas de cuantificación</u>	Costo de funcionamiento	(1) Evaluación de la importancia (MTBF, MTTR, costo de efectividad, graduación del análisis en modo de fallas y efectos) (2) Medidas de cuantificación (mejoramiento de diseño, desarrollo de proceso, mejoramiento ambiental, desarrollo de administración de conservación métodos de prueba de desarrollo, educación o adiestramiento) (3) Confirmación de la efectividad



#### 2.4.4 MODELOS DE INVENTARIO.

Una de las técnicas más eficaces para proporcionar cursos alternativos de acción dentro de la administración de la conservación es el empleo de modelos determinísticos de (28)

inventario. Estos pueden determinar el nivel adecuado del mismo; el monto mínimo de materiales que satisface mejor todos los requerimientos; el momento más oportuno para hacer las requisiciones; la forma en la que deben disponerse los almacenes; el lugar de colocación, etc. Para su aplicación es necesario conocer e

- a) Los costos que no varían con el tamaño del lote o pedido. Dentro de éstos, el más representativo es el costo de preparación de los pedidos, puesto que se consume, en promedio, el mismo tiempo para elaborar cualquier pedido y la misma cantidad de material y personal.
- b) Los costos que varían con el tamaño de lote. Entre los costos que varían de acuerdo al tamaño del lote están:
  - costos de piezas y refacciones adquiridas: entre más piezas y refacciones se adquieran, mayor será la cantidad a invertir
  - costos de transportación y flete: varían en proporción directa al tamaño del lote
  - costos de almacenaje, manejo y recibo de piezas: entre mayor sea el número de piezas manipuladas, mayor será el tiempo requerido para su manejo e inspección, y en consecuencia, el costo por dicha actividad aumentará considerablemente.

La nomenclatura empleada en los modelos de inventario se resume en el siguiente cuadro.

---

e En el caso de sistemas productivos, los costos que no varían con el tamaño del lote incluyen a los costos por preparación de máquinas o equipos; en tanto que los costos que varían con el tamaño del lote incluyen a los costos de mano de obra directa.

Cuadro 2.5 Nomenclatura empleada en los modelos determinísticos de inventario

Nomenclatura	Significado
TIC	Costo total incremental
TIC <sub>o</sub>	Costo total incremental óptimo
C <sub>P</sub>	Costo de preparación de un pedido
C <sub>H</sub>	Costo de mantener el inventario en unidad/año
D	Demanda anual en unidades
I	Nivel de inventario
Q	Tamaño del lote o pedido
Q <sub>o</sub>	Lote óptimo o económico
I <sub>máx</sub>	Inventario máximo a mantener
C <sub>S</sub>	Costo unitario por escasez
N <sub>o</sub>	Ciclo de reposición del pedido
I <sub>máx o</sub>	Inventario óptimo máximo a mantener
k <sub>1</sub>	Precio original
k <sub>2</sub>	Precio de descuento
b	Cantidad ofrecida por los proveedores para dar un descuento
F <sub>H 2</sub>	Fracción adicional de inventario por cambiar con cambio de precio.
T <sub>o</sub>	Tiempo óptimo entre pedido y pedido

#### 2.4.4.1 CLASICO.

En este modelo, no existe periodo de escasez y el lote requerido es entregado inmediatamente después de ser solicitado (figura 2.1).

En este caso

$$TIC = \left[ \text{costo anual de preparación de los pedidos} \right] + \left[ \text{costo de mantener la piezas en inventario} \right] \quad 2.2$$

donde

$$\text{Número de pedidos/año} = D/Q \quad 2.3$$

$$\text{Inventario promedio en cada momento} = Q/2 \quad 2.4$$

por lo tanto

$$TIC = C_P \begin{bmatrix} D \\ - \\ Q \end{bmatrix} + C_H \begin{bmatrix} Q \\ - \\ 2 \end{bmatrix} \quad 2.5$$

maximizando la expresión anterior en función de Q y sustituyendo esta literal por Q<sub>o</sub>, tenemos

$$Q_o = \left[ \frac{C_P D}{C_H} \right]^{1/2} \quad 2.6$$

Sustituyendo 2.6 en 2.5

$$TIC_o = \left( 2 C_P C_H D \right)^{1/2} \quad 2.7$$

además

$$N_o = \frac{D}{Q_o} \quad 2.8 \quad \text{y} \quad T_o = \frac{1}{N_o} \quad 2.9$$

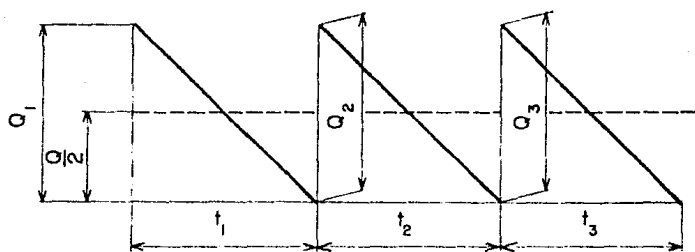


FIGURA 2.1 MODELO CLASICO DE INVENTARIO

#### 2.4.4.2 PARA ESCASEZ.

En la práctica se dan condiciones que presentan grandes diferencias con respecto a las del modelo clásico, pues no siempre se surten los pedidos a tiempo ni se proporcionan en la cantidad solicitada al proveedor, lo cual da lugar a una escasez de piezas y refacciones en el almacén que origina una elevación de costos de paradas por avería y demás relacionados con la conservación. El modelo que más se adecua a estas circunstancias es el llamado "modelo para escasez". En dicho modelo, la función de costos para cualquier ciclo de trabajo estará dada por la siguiente expresión

$$TIC = \left[ \begin{array}{l} \text{costo de prepara-} \\ \text{ción del pedido} \\ \text{para el ciclo} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{l} \text{costo de mante-} \\ \text{ner el inventa-} \\ \text{rio promedio du-} \\ \text{rante el ciclo} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{l} \text{costo de la} \\ \text{escasez del} \\ \text{ciclo} \end{array} \right] \quad 2.10$$

donde existen las siguientes condiciones:

a) Costo de preparación de un pedido = C 2.11  
(para cualquier periodo) P

b) Durante un periodo  $t_1$  del ciclo llegan y se tienen unidades en inventario (figura 2.2). Como el pedido es incompleto y llega fuera de tiempo, lleva el inventario hasta  $I_{\text{máx}}$ , de tal modo que

en el periodo  $t_1$  el inventario promedio es igual a  $\frac{I_{\text{máx}}}{2}$ . Si el costo de mantener una unidad en cualquier periodo es  $C_2$ , entonces el costo de mantener las unidades en inventario durante el periodo  $t_1$  será

$$(C_2) \left( \frac{I_{\text{máx}}}{2} \right) (t_1) \quad 2.12$$

pero

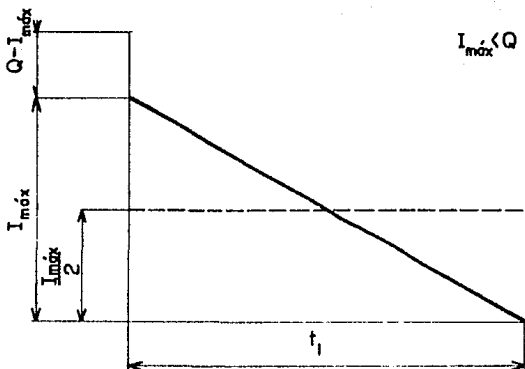


FIGURA 2.2

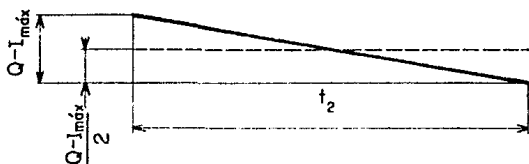


FIGURA 2.3

FIGURAS 2.2 Y 2.3 MODELO DE INVENTARIO PARA ESCASEZ

$$T_0 = \frac{Q}{D}, \text{ y por tanto } t_1 = \frac{I_{\text{máx}}}{D} \quad 2.13$$

sustituyendo 2.13 en 2.12, se tendrá el costo de mantener el inventario promedio durante  $t_1$ , es decir:

$$\frac{C_H \left[ \frac{I_{\text{máx}}}{2} \right]^2}{2D} \quad 2.14$$

c) Durante el periodo  $t_2$  se presenta escasez por pedidos o unidades pendientes (figura 2.3). El monto de pedidos o unidades pendientes está dado por  $Q - I_{\text{máx}}$ , y serán pendientes durante el periodo  $t_2$  de tal manera que el promedio de pedidos pendientes será  $(Q - I_{\text{máx}})/2$ . Si el costo de escasez por unidad es  $C_S$ , entonces el costo de escasez durante el periodo  $t_2$  está dado por

$$\frac{C_S \left[ \frac{Q - I_{\text{máx}}}{2} \right]^2}{2D} \quad 2.15$$

sustituyendo 2.11, 2.14 y 2.15 en 2.10, tendremos los costos totales incrementales para cualquier ciclo de trabajo, es decir

$$TIC = C_P + \frac{C_H \left[ \frac{I_{\text{máx}}}{2} \right]^2}{2D} + \frac{C_S \left[ \frac{Q - I_{\text{máx}}}{2} \right]^2}{2D} \quad 2.16$$

Sin embargo, debe recordarse que durante el ciclo se solicitó un pedido de tamaño  $Q$ , si importar las situaciones posteriores en el ciclo. Por lo tanto, el número de veces que ese ciclo se repite

durante el año sea igual a

$$N = D/Q \quad 2.17$$

multiplicando 2.16 por 2.17 tenemos

$$TIC = C_P \begin{bmatrix} D \\ - \\ Q \end{bmatrix} + \frac{C_H \begin{bmatrix} I \\ \text{máx} \end{bmatrix}^2}{2Q} + \frac{C_S \begin{bmatrix} Q - I \\ \text{máx} \end{bmatrix}^2}{2Q} \quad 2.18$$

La función 2.18 representa los costos totales incrementales anuales para un modelo de escasez. Maximizando dicha ecuación con respecto a Q y a I máx y sustituyendo respectivamente estas variables por Q<sub>o</sub> e I máx<sub>o</sub>, tenemos las siguientes expresiones:

$$Q_o = \begin{bmatrix} 2C_D \\ P \\ - \\ C \\ H \end{bmatrix}^{1/2} \begin{bmatrix} C_H + C_S \\ - \\ C \\ S \end{bmatrix}^{1/2} \quad 2.19$$

$$I_{\text{máx } o} = \begin{bmatrix} 2C_D \\ P \\ - \\ C \\ H \end{bmatrix}^{1/2} \begin{bmatrix} C_S \\ - \\ C_H + C_S \end{bmatrix}^{1/2} \quad 2.20$$

Sustituyendo 2.19 y 2.20 en 2.18

$$TIC_o = \begin{bmatrix} 2C_C D \\ P H \end{bmatrix}^{1/2} \begin{bmatrix} C_S \\ - \\ C_H + C_S \end{bmatrix}^{1/2} \quad 2.21$$



### 2.4.4.3 DE DESCUENTO O CON CAMBIO DE PRECIO.

Para este modelo se emplea el diagrama de flujo mostrado en la figura 2.4, cuya secuencia de pasos y decisiones se describirá posteriormente; y las fórmulas a continuación se anotan.

$$Q_o = \left[ \begin{array}{c} 2C D \\ P \\ \hline kF \\ H \end{array} \right]^{1/2} \quad 2.22$$

$$TIC_o = \left( \frac{2C kF D}{P H} \right)^{1/2} + kd \quad 2.23$$

donde  $Q_o$  puede ser  $Q_{10}$  o  $Q_{20}$ ,  $k$  puede ser  $k_1$  o  $k_2$ ,  $F$  puede ser  $F_H$  o  $F_H$  y  $TIC_o$  puede ser  $TIC_{10}$  o  $TIC_b$ , según las condiciones de

cada situación. Para cualquier circunstancia:

$$F_H = 1 \quad 2.24 \quad \text{y} \quad F_H = \frac{C b}{H} \quad 2.25$$

Costo anual del inventario

La secuencia de pasos y decisiones que sigue el diagrama de flujo para este modelo se describe a continuación:

- Calcular  $Q_{20}$  por la fórmula 2.22
- Si  $Q_{20}$  es mayor o igual a  $b$ , entonces  $Q_o = Q_{20}$
- Si  $Q_{20}$  es menor que  $b$ , calcular  $TIC_{10}$  y  $TIC_b$  por la fórmula 2.23
- Si  $TIC_{10}$  es menor que  $TIC_b$ , entonces  $Q_o = Q_{10}$

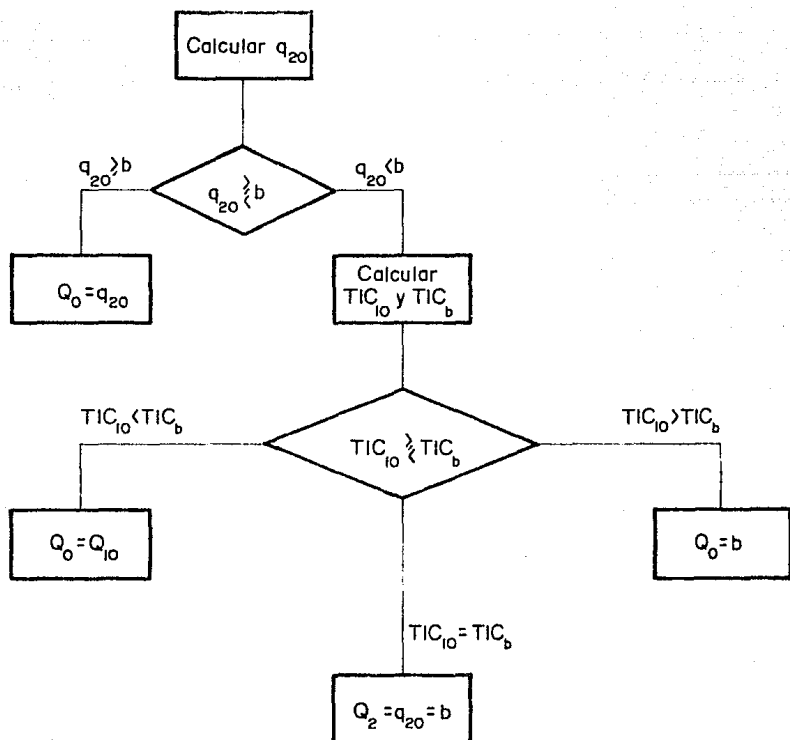


FIGURA 2.4 MODELO DE INVENTARIO CON CAMBIO DE PRECIO

- Si  $TIC_{10}$  es igual a  $TIC_b$ , entonces  $Q_{20} = b$
- Si  $TIC_{10}$  es mayor que  $TIC_b$ , entonces  $Q_o = b$ .

## 2.5 FUNCIONES DE LOS SISTEMAS DE CONSERVACION.

Existen dos criterios de clasificación para las funciones de conservación. El primero (8) las divide en dos grupos generales:

a) Funciones primarias. Son las que justifican la existencia del sistema, y comprenden:

- la conservación del equipo existente en la empresa o institución
- la conservación de los edificios e instalaciones auxiliares
- la inspección y reparación del equipo
- las modificaciones al equipo e instalaciones auxiliares
- las nuevas instalaciones de equipo.

b) Funciones secundarias. Son las que, por diversos factores (experiencia, conocimiento técnico, etc.), no pueden ser delegadas a otra función, y por lo tanto son asumidas por el sistema. Dentro de este grupo están incluidas las siguientes:

- almacenamiento
- protección de las instalaciones
- disposición de desperdicios
- recuperación
- administración de seguros
- servicios de intendencia
- contabilidad
- reducción de contaminación ambiental
- otros.

(5)  
El segundo criterio considera que las funciones de conservación pueden ser clasificadas como sigue:

1. Funciones administrativas: determinación de políticas de administración, establecimiento de una organización y sistematización de la conservación, planeación, programación y control de las actividades de conservación, análisis económico y evaluación, desarrollo de la habilidad del personal y motivación, administración de contratos de operación, control presupuestario, conservación de los registros y reportes de conservación, medición de la efectividad de la conservación, control de partes,

herramientas y equipos sustitutos.

2. Funciones técnicas: análisis del funcionamiento de equipos, análisis de causas de fallas, preparación de estándares e instructivos para inspección, exploración y reparación, análisis de reemplazo.

3. Funciones operativas: inspección (de rutina, periódica y por solicitud), preparativos para operación (lubricación, ajuste, reparación), trabajo con equipos auxiliares (facilidades de manufactura, soldadura, acabado, etc.).

#### 2.6 ORGANIZACION DE LOS SISTEMAS DE CONSERVACION.

La organización se define como "la estructuración técnica de las relaciones que deben existir entre las funciones, niveles y actividades de los elementos materiales y humanos de un organismo social, con el fin de lograr su máxima eficiencia dentro de los

planes y objetivos señalados" (8). En general, existen cuatro posibles formas de organización para un sistema de conservación. Los diferentes tipos se resumen en el siguiente cuadro, junto con su característica más importante y sus ventajas y desventajas (figuras 2.5 a 2.8).

Cuadro 2.6 Tipos de organización de los sistemas de conservación.

Tipo de organización	Característica más sobresaliente	Ventajas	Desventajas
<u>Centralizada</u>	Organización central; los operarios son designados al trabajo de cualquier departamento y reportan a una sola persona	1) Atención rápida y sencilla de los grupos especializados de alto nivel dentro del sistema 2) Justificación de presupuestos para gastos de conservación y de horas-hombre empleadas, estableciéndose prioridades, manteniendo la tecnología del trabajo a la más alta calidad y la ma	1) Ineficiencia en la supervisión 2) Tiempo improductivo 3) Un mismo trabajo hecho por diferente personal 4) La prioridad de los trabajos depende de las actividades productivas

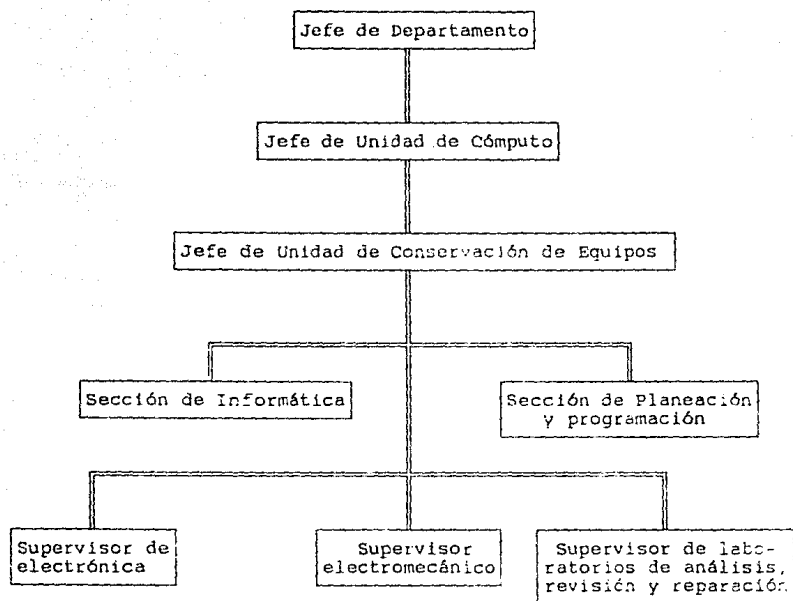
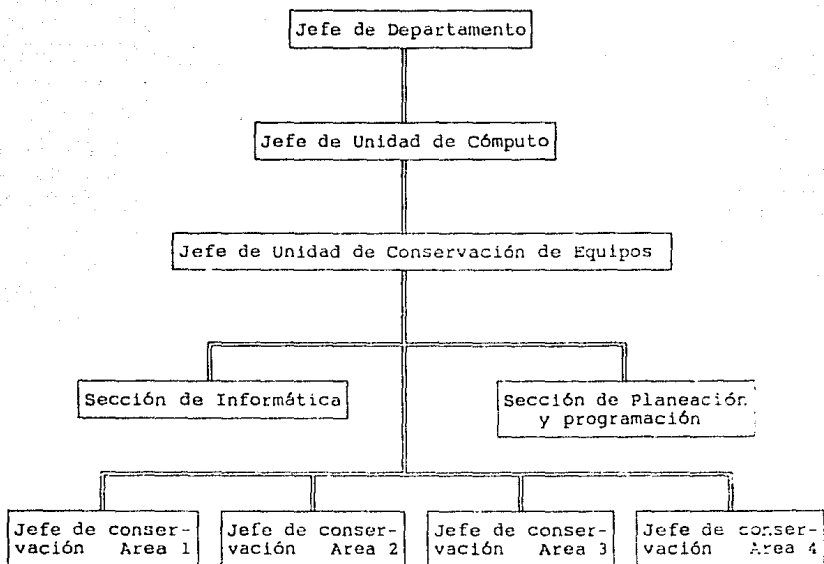
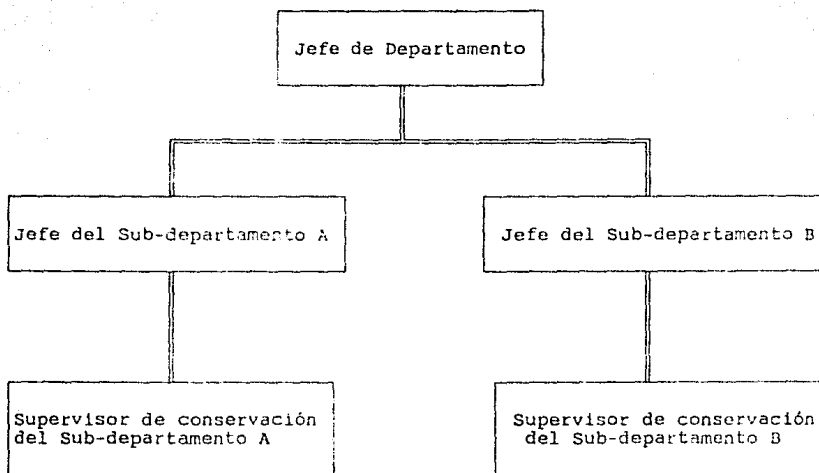


FIGURA 2.5 SISTEMA DE ORGANIZACION CENTRAL



**FIGURA 2.6** SISTEMA DE ORGANIZACION POR AREAS



**FIGURA 2.7 SISTEMA DE ORGANIZACION DEPARTAMENTAL**

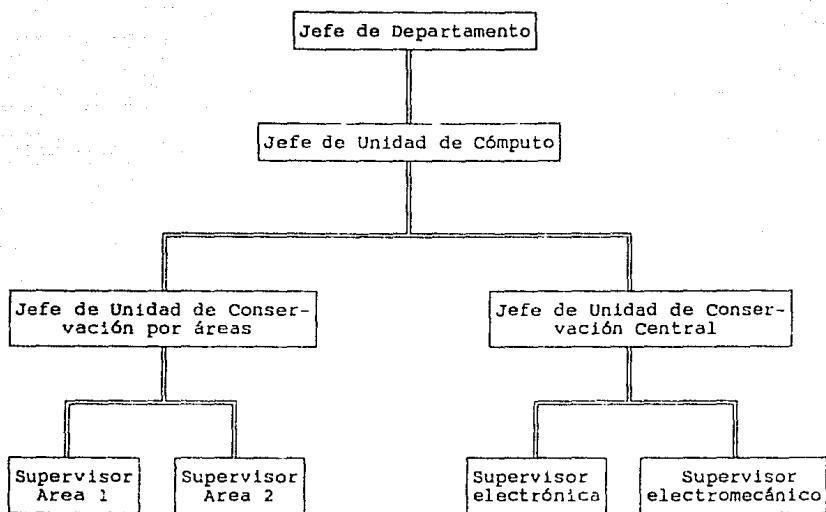


FIGURA 2.8 SISTEMA DE ORGANIZACION COMBINADO



Cuadro 2.6 Continuación.

Tipo de organización	Característica más sobresaliente	Ventajas	Desventajas
<u>Organización por áreas</u>	El personal es asignado a áreas específicas, reportando a una sola persona	<p>yor cantidad de equipos disponibles</p> <p>3) Considerable flexibilidad al asignar personal de diferentes oficios a distintos tipos de trabajo</p> <p>4) Contabilidad de costos centralizada</p>	<p>1) Tendencia a realizar más trabajos de los necesarios</p> <p>2) Problemas de disponibilidad de equipo al efectuar trabajos similares en áreas diferentes</p> <p>3) La especialidad del personal no es bien empleada, se limita al conocimiento de un equipo en particular</p>
<u>Descentralizada (por departamentos)</u>	Está en función de las actividades productivas; el personal está a cargo de un solo individuo	<p>1) Conservación más accesible y rápida</p> <p>2) Reducción del tiempo de desplazamiento</p> <p>3) Mejor supervisión del trabajo</p>	<p>1) Tendencia a hacer más trabajos de los necesarios</p> <p>2) La responsabilidad del equipo se divide</p> <p>3) La especialidad del personal no es bien empleada, se limita</p>

Cuadro 2.6 Continuación.

Tipo de organización	Característica más sobresaliente	Ventajas	Desventajas
<u>Organización combinada</u>	Es una combinación de la organización centralizada y por áreas	1) Existencia de un grupo capaz de manejar proyectos grandes de reparación 2) El personal de áreas está en mejor disponibilidad de dar mejor servicio a los usuarios 3) Supervisores y personal tienen mayor familiarización con el equipo	ta al conocimiento de un equipo en particular. 1) Pérdidas de tiempo por traslados 2) Duplicación de equipo 3) Sobreservicio en diversas áreas

2.7 DESTREZA Y MOTIVACION DEL PERSONAL.

Siguiendo el progreso de la mecanización y la automatización en las instituciones e industrias de servicio, las tareas de los operarios se han hecho más simples, y existe un cierto número de éstas en las cuales el persona a cargo sólo tiene que observar instrumentos. En consecuencia, comienzan a perder interés en su labor y autodesarrollo, y distraen su atención de ésta. Bajo dichas circunstancias, aparecen muchos problemas en el equipo a causa de la falta de cuidado en la realización de las operaciones, y el personal es afectado por accidentes, al mismo tiempo que la productividad decrece.

Como los equipos son actualmente más precisos y complejos, un alto nivel de destreza para su conservación es requerida. En el pasado existía la tendencia de administrar en forma separada no sólo trabajos de reparación, sino también aquellos relacionados con la revisión y verificación del equipo en uso y asignarlos a especialistas. Como resultado, el personal estaba sujeto a un constante aumento de la tensión psicológica como consecuencia de la monotonía y la desilusión. Cuando recién existe un problema en un equipo, los trabajos de

conservación son fáciles, el tiempo fuera de servicio es bajo y los costos por conservación y oportunidad son reducidos. Más aún, como los problemas y las fallas aparecen en forma aleatoria, ocurre el hecho de que el personal que está a cargo directamente de la operación y cuidado del equipo puede localizar dichos problemas en una etapa aún temprana. Basándose en lo anterior, recientemente varias empresas han introducido y desarrollado vías para armonizar las necesidades del personal con las de la organización. Por ejemplo, se ha diseñado una nueva actividad en cual el operador tiene la responsabilidad de encontrar una condición inusual de operación en el equipo en una etapa temprana y verificar tanto el problema como la posible falla; una educación y adiestramiento adicional le son proporcionadas a fin de mejorar su destreza. En este aspecto las empresas esperan satisfacer las necesidades del personal y liberarlo de la monotonía. Así, es posible observar varios casos donde las empresas han reducido la monotonía e incrementar la motivación del operario y la eficiencia de la conservación.

## 2.8 CONTROL DE LA CONSERVACION.

Como resultado de la introducción de los nuevos criterios de conservación establecidos por el sistema predictivo, la etapa de control del proceso administrativo de la conservación ha adquirido una importancia relevante, ya que ella no sería factible la recopilación de la información sobre el estado de funcionamiento de un equipo en cualquier momento, lo cual impediría la realización de las acciones correctivas necesarias en caso de presentarse una falla aún incipiente, contribuyendo a incrementar la gravedad de la misma.

Los principios que rigen esta etapa constituyen el fundamento de la conservación predictiva, y son <sup>(23)</sup> :

1. La distinción entre las operaciones de control y la función de control. La función es de carácter administrativo, y es la respuesta al principio de la delegación, es decir, cuanto mayor delegación se necesite, se requiere mayor control. En cambio, las operaciones son de carácter técnico, es decir, son un medio para auxiliar al sistema en sus funciones.
2. El control es imposible si no existen estándares de alguna manera prefijados, y será tanto mejor, cuanto más precisos y cuantitativos sean éstos.
3. El carácter medial del control. Un control sólo deberá usarse si el trabajo, gasto, etc. que impone, se justifican ante

los beneficios que de él se esperan.

4. El principio de excepción. El control administrativo es mucho más eficaz y rápido, cuando se concentra en los casos en los que no se logró lo previsto, más bien que en los resultados que se obtuvieron como se había planeado.

Según Reyes Ponce<sup>(23)</sup>, las reglas y procesos que rigen esta etapa son:

- a) Los pasos que debe poseer todo sistema de control:
  - Establecimiento de los medios de control
  - Operaciones de recolección y concentración de datos
  - Interpretación y valoración de los mismos
  - Utilización de los mismos resultados
- b) La selección de aquellos medios de control que puedan considerarse estratégicos
- c) El reflejo que los sistemas de control deben observar de la estructura de la organización
- d) El grado de consideración que la naturaleza del medio y la función de control merecen al iniciarse la implantación del sistema
- e) La flexibilidad del control
- f) La rapidez con que el control reporte las desviaciones
- g) La claridad del control para todos aquellos que han de emplearlos
- h) La concentración con que los controles deben llegar a los más altos niveles administrativos que los han de emplear
- i) La conducción que los controles deben tener hacia la una acción correctiva
- j) Los pasos que debe poseer un sistema de utilización de datos de control:
  - análisis de los hechos
  - interpretación de los mismos
  - adopción de medidas aconsejables
  - iniciación y revisión estrecha
  - registro de los resultados obtenidos

k) Beneficios que se esperan del control:

- seguridad en la acción seguida
- corrección de los desperfectos
- mejoramiento de lo obtenido
- nueva planeación general
- motivación del personal.

2.8.1 SISTEMAS DE ADMINISTRACION Y CONTROL.

Un sistema para la administración y el control de la conservación implica la conexión orgánica del mismo con actividades previamente seleccionadas como la ejecución de políticas y establecimiento de fuentes de administración. Este sistema consistiría a su vez en varios subsistemas, como el sistema de control de la conservación, el sistema de operación para la conservación, el sistema de información sobre conservación, el sistema de administración de la conservación por computadora, el sistema de programación y control de la conservación, el sistema de diagnóstico para la conservación, etc.

El sistema de control de la conservación comprende al sistema de control de trabajos para conservación, al sistema de control de condiciones de conservación, etc. El sistema de control de trabajos para conservación establece o fija estándares de tiempo, realiza la programación y el control de la conservación mediante métodos de redes y programa de métodos de trabajo observando programas de conservación preventiva y predictiva, y labores de conservación por descompostura así como los respectivos trabajos de reparación. Los costos por conservación y recursos son determinados por el sistema de control para las actividades correspondientes. El sistema de control de condiciones de conservación consiste en un banco de datos sobre fallas. Por otra parte, si se desea un sistema de administración de la conservación por computadora, deben hacerse previamente las siguientes consideraciones:

1. Verificar la existencia de una cooperación entre un operario familiarizado con las operaciones de conservación con otro que posea un conocimiento amplio sobre características y manejo de computadoras.

2. Fijar la forma de comunicación entre la computadora y el usuario.

## 2.8.2 CONTROL PRESUPUESTARIO Y DE COSTOS.

Los costos por conservación significan un aspecto de suma importancia en las actividades actuales de una empresa, considerando que no sólo están formados únicamente por el precio de conservación como tal, sino también por los costos que suponen la detención del servicio, los proyectos retrasados y los salarios pagados inútilmente. No obstante, para poder establecer una disminución real de los costos ocasionados por este aspecto, es necesario conocerlos a fondo, lo que se logra a través de un control contable que permita:

- a) Conocer todos los gastos importantes de conservación y los principales defectos del sistema en materia de rentabilidad, para efectuar las correcciones necesarias
- b) Establecer métodos y programas de trabajo anuales, previendo medios de financiamiento, con opción a alternativas diferentes
- c) Efectuar reemplazos justificados de equipo en el instante adecuado
- d) Administrar el presupuesto con el máximo de economía sin perjudicar el servicio

Para que dicho control sea eficaz, deberá tener las siguientes características:

- Flexibilidad al cambio de cursos de acción
- Rapidez de respuesta en la extracción de datos
- Factibilidad de realización antes y después del intervalo de tiempo considerado
- Su ejecución estará a cargo de una entidad descentralizada cercana al jefe de conservación, lo que permitirá rapidez de reacción, reducción de errores de aplicación, mejor apreciación de gastos y facilidad en la obtención de estadísticas.

Simultáneamente, la confección de presupuestos evitará la práctica de políticas autoritarias que demeriten la calidad del servicio prestado. Se entiende como presupuesto "una estimación

(4)  
del costo del trabajo de realización para un periodo futuro".  
Los pasos a seguir para su elaboración se anotan a continuación:

1. Dividir la empresa en servicios homogéneos desde el punto de vista de mando, suministros, edificios, etc.

2. Designar en cada servicio al responsable considerando la gestión dentro del presupuesto de conservación

3. Reunir la totalidad de cuentas de conservación precedentes (al menos cinco años)

4. Dividir las cantidades invertidas en conservación entre los servicios antes señalados exceptuando los trabajos nuevos importantes desde el punto de vista contable

5. Actualizar costos para obtener el importe del año en curso mediante la aplicación de un factor corrector sobre cifras de años anteriores

6. Obtener el valor medio anual de los gastos ocasionados por cada servicio

7. Partiendo de estos resultados, determinar un presupuesto anual por servicio, practicando economías del orden del 20%, que es lo que puede esperarse por un control presupuestario

8. Estimar el presupuesto mensual de cada servicio, a objeto de distribuir adecuadamente los recursos disponibles y evitar excesos.

9. Deben autorizarse ligeros excesos al finalizar un periodo a condición de recuperarlos en el siguiente.

Adicionalmente, existe una serie de controles operativos que aseguran un correcto funcionamiento del control presupuestario mediante la promoción de las normas que se enlistan seguidamente:

\* Debe evitarse la ejecución de trabajos de conservación que estén fuera del presupuesto del peticionario, o que no hayan sido acordados con anterioridad

\* Las peticiones deberán ser hechas por el responsable presupuestario del servicio

\* Los trabajos de conservación realizados por cada servicio deben contabilizarse a fin de evitar fraudes o mala calidad

\* Cada trabajo debe ser asignado por máquina, y estar registrado en una cuenta particular

\* Los gastos por suministros auxiliares como: calefacción, agua, energía eléctrica, aire acondicionado, etc. deben vigilarse cuidadosamente y reducirse siempre que sea posible.

### 2.8.3 SISTEMAS DE DIAGNOSTICO.

Si ya se han establecido programas de conservación e intervalos de tiempo de reparación, es posible que el intervalo óptimo fluctúe a causa de las condiciones de operación y otras razones, resultando en una sobreconservación o causando una falla de gravedad; de ahí la importancia de un sistema de diagnóstico para la conservación. Un sistema de este tipo, como su nombre lo indica, busca diagnosticar la condición de un equipo cuando está en operación con vista a mejorar la eficiencia operativa y eliminar costos de conservación, en el sentido de adecuar la distribución del tiempo del servicio; conduciéndose por métodos de medición de parámetros operativos, verificaciones de funcionamiento y técnicas de procesamiento de señales. Siguiendo el ejemplo de los sistemas de diagnóstico para la conservación que han sido aplicados a equipos complejos de precisión usados en procesos industriales de plantas acereras y químicas, tenemos que:

1. La técnica empleada para el diagnóstico de la condición del equipo y auxiliares es la siguiente:

- a) división del equipo en grupos racionales de acuerdo con las características del diagnóstico
- b) análisis de las fallas y las características de cada grupo de acuerdo con una segunda etapa de análisis
- c) desarrollo y determinación de métodos de medición de parámetros operativos, verificaciones de funcionamiento y técnicas de procesamiento de señales, tomando en cuenta el objeto del diagnóstico, las características del equipo y auxiliares, la facilidad de observación, la confiabilidad y la economía del diagnóstico.

Un test funcional que indique claramente si el equipo está funcionando o no, es altamente deseable, puesto que proporciona un informe rápido sobre el estado del mismo al personal a cargo. Está demostrado que algunas personas no son sensibles a mediciones y lecturas, y requieren una señalización más evidente. No obstante, aún cuando el ser humano posea "sensores" que le permitan detectar cambios en el medio ambiente que lo circunda, dichos sensores no son siempre confiables y sus percepciones frecuentemente son inválidas, de ahí la necesidad de emplear conjuntamente instrumentos de medición que permitan detectar condiciones inusuales en los equipos.



2. Los equipos de prueba deben ser realizados conforme a la técnica o método de verificación y diagnóstico desarrollada para cada grupo; preferiblemente debe ser portátil. Los métodos de verificación y diagnóstico pueden ser clasificados en cuatro categorías (15) :

- Manual. Se caracteriza por la manipulación física directa efectuada por el propio personal con ayuda de instrumentos de uso estándar como voltímetros, osciloscopios, etc. Es lenta, ardua y generalmente confiable.

- Semiautomático. Se caracteriza por la utilización de equipo manual y automático simultáneamente. Un equipo de prueba es considerado semiautomático cuando para su funcionamiento se requiere la participación del operador entre un 2% y un 50%. Comparativamente es más costoso, rápido y complicado que el de tipo manual, pero menos costoso, más simple y lento que el de tipo automático. Es recomendable cuando:

Los métodos manuales no puedan ejecutar el diagnóstico tan rápido como se requiera

Un alto grado de repetibilidad entre lecturas o ajustes sea necesario

No existan recursos suficientes para la adquisición de un equipo automático

Pueda tolerarse un incremento en peso y tamaño del equipo de prueba.

- Automático. Este método se distingue por el empleo de equipo de prueba automático que, además de ser más costoso, añade complejidad al sistema. Requiere una cantidad de tiempo considerable para su diseño, implantación y desarrollo. A menos que un gran número de pruebas y rutinas de diagnóstico sean requeridas, no es recomendable. Por sí solo no constituye una solución para las posibles fallas que se presenten. Implica un cambio en el diseño del sistema.

- Integrado. Emplea equipo electrónico diseñado para formar parte del conjunto principal. Las mediciones de diferentes tipos de parámetros operativos como voltajes, frecuencias, pulsos y relaciones de tiempo operativas o secuenciales son realizadas por los pequeños componentes electrónicos integrantes del equipo. Las señales resultantes de la prueba pueden ser enviadas a dispositivos de diagnóstico o a instrumentos accedidos al sistema.

3. Un sistema de diagnóstico computarizado debe hacerse en el sentido de detectar condiciones inusuales en el equipo y auxiliares en etapa temprana e indicar la causa de la falla y su localización, conjuntamente con su solución, automáticamente.

### III. DIAGNOSTICO DE PROCEDIMIENTOS ACTUALES Y ANALISIS DE FALLAS EN EQUIPOS DE COMPUTO DEL TIPO PC-COMPATIBLES

#### Y CPU VAX 11/730.

##### 3.1 GENERALIDADES.

La decisión administrativa en favor de un producto específico de entre un cierto número de alternativas (equipos o sistemas) resulta de la evaluación de la función desempeñada por éste bajo diversas circunstancias. Este criterio a menudo resulta complejo debido a la inclusión de factores humanos, económicos y de diseño, los cuales están íntimamente relacionados a través de los diversos controles administrativos existentes sobre procedimientos de compra, sistemas logísticos y métodos de operación del producto en el ambiente del usuario. Estos aspectos de la función del producto o sistema están estrechamente vinculados con su diseño y características físicas, y son incluidas bajo el término de efectividad del sistema, que se define como "la probabilidad de que el sistema pueda encontrarse sucesivamente con una demanda operacional en un

(5) tiempo dado cuando éste opera bajo condiciones específicas". La efectividad es función de una serie de atributos, como la adecuación de diseño del producto o sistema, las medidas de funcionamiento, la seguridad, la confiabilidad, la calidad, la productividad y la conservabilidad; y se ve afectada cuando el sistema es sujeto a diseño, manufactura, empleo y conservación. De los puntos anteriores, la confiabilidad, definida como "la probabilidad de que un sistema dado ejecute una función determinada satisfactoriamente, durante su vida calculada, bajo

(5) condiciones particulares de operación", es uno de los más importantes para la efectividad del sistema. No obstante, es concepto abstracto difícil de entender y medir conforme aumenta la complejidad del producto o sistema, por que algunas organizaciones no han logrado implementar un comprensivo programa de confiabilidad.

De cualquier forma, la historia demuestra que donde ésta fue reconocida como un componente necesario para el desarrollo de un programa, pudo ser cuantificada, precedida, controlada y sostenida en el área de trabajo.

La creciente demanda mundial de productos y sistemas altamente confiables propició la realización de investigaciones sobre las causas de desperfectos en los mismos. La importancia de un análisis organizado sobre fallas fue bien reconocida por los iniciadores en el estudio de la confiabilidad, Doctores Robert

Lusser y Leslie Ball. Muchas de las conferencias realizadas sobre confiabilidad entre 1954 y 1956 exponen los beneficios de

(27)

la práctica de autopsias a partes y componentes dañados. En la actualidad se han logrado avances significativos en este campo, desarrollándose los métodos señalados en el capítulo anterior. Sin embargo, sólo un número reducido de empresas poseen laboratorios para análisis de fallas repetitivas y reparación de componentes críticos de sus equipos; la mayoría no poseen procedimientos establecidos para análisis de las partes que han fallado, como es el caso del Instituto de Investigaciones Eléctricas con relación a sus equipos de cómputo.

El propósito de este capítulo puede dividirse en dos: la descripción de una visión de los procedimientos y proyectos que hay en esa institución para la conservación de los equipos de cómputo a su cargo y de las diversas alternativas ofrecidas por empresa especializadas, y el establecimiento de las bases para el proyecto que se propone mediante el análisis del funcionamiento y fallas en equipos del tipo PC-compatibles y CPU VAX-VMS 11/730 ahí existentes, indicándose así mismo los principios teóricos que regirán la forma de operación y ejecución de dicho proyecto.

### 3.2 DIAGNOSTICO DE PROCEDIMIENTOS ACTUALES.

#### 3.2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas es un organismo público descentralizado creado por decreto presidencial del día 1 de diciembre de 1975, "para investigar y ayudar a los problemas científicos y tecnológicos de la Industria Eléctrica Nacional, en los aspectos de Servicio público, Fabricación de Equipos y

(52)

Utilización eficiente de la Electricidad". El decreto en cuestión señala como objetivos de esta institución:

- a) Contribuir al desarrollo científico y tecnológico en todo lo relacionado con la generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica
- b) Impulsar la investigación científica y tecnológica para el aprovechamiento de la generación de electricidad, de otras fuentes de energía, tales como la nuclear, solar, geotérmica, dentro del marco de una política nacional de energéticos
- c) Fomentar la fabricación nacional de equipos y materiales utilizables para la industria eléctrica, en el servicio público, mediante la transferencia y la adaptación de tecnologías extranjeras a las características y recursos

del país y a la creación de procesos tecnológicos propios.

El programa general de trabajo de esta institución abarca aspectos tales como investigación aplicada, desarrollo experimental, estudios específicos, asesoría técnica y asistencia técnica a usuarios. Su plan de desarrollo comprende programas institucionales de investigación, proyectos bajo contrato y acciones coordinadas con instituciones de enseñanza superior y de investigación.

Para efectuar con mayor eficiencia las actividades anteriores, el Instituto de Investigaciones Eléctricas ha sido dividido en las siguientes áreas básicas:

- Fuentes de Energía
- Sistemas de Potencia
- Equipos
- Estudios de Ingeniería
- Adiestramiento y comunicación

Además, esta institución cuenta con facilidades de apoyo en las siguientes áreas: planeación, finanzas, relaciones internacionales y cómputo, que conforman el Secretariado Técnico. El I. I. E. cuenta con instalaciones localizadas en: Cuernavaca (Morelos), México D. F., Mexicali (Baja California Norte), Salazar (Estado de México) y Caléxico (California) en los Estados Unidos de Norteamérica.

En vista de la imprescindible necesidad de captura y procesamiento de datos para la realización plena de sus objetivos, el I. I. E. elaboró desde sus inicios un trabajo denominado "Estudio de los requerimientos de computación del I.

(52)

I. E. y recomendaciones para su satisfacción", donde se expone el imperativo de establecer una Unidad de Cómputo "para planear, coordinar y controlar las actividades relacionadas con la

(52)

sistematización de datos". Así, en abril de 1977 se creó esta Unidad, dependiente del Secretariado Técnico.

También se recomendó la instalación de terminales en las sedes de Palmira, Morelos y México D. F. con objeto de procesar en forma remota los diversos trabajos, através de enlaces telefónicos, tanto locales como de larga distancia, en el sistema UNIVAC-110 de la Comisión Federal de Electricidad.

El estudio antes citado fue sometido a la consideración de la Secretaría de Programación y Presupuesto y aprobado con fecha 30 de junio de 1977. Posteriormente, se obtuvo el permiso correspondiente ante la Dirección General de Telecomunicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para la

operación de una red privada de comunicaciones, y el 1 de

septiembre de 1978 comenzó la operación normal del equipo, previéndose la satisfacción de las necesidades por un año. Adicionalmente se obtuvieron dos enlaces através de red conmutada al Sistema Nacional de Tiempo Compartido de la Comisión Federal de Electricidad. También en ese año se crea formalmente la Unidad de Cómputo México D. F. En marzo de 1979, dado el creciente número de personal y proyectos existentes, y los problemas que ello acarreó, se efectuó un estudio de viabilidad sobre la adquisición de una minicomputadora para usos generales, donde se proponían dos alternativas:

1. aumentar el número de terminales remotas del sistema UNIVAC-110 utilizando el respaldo potencial de otra computadora
2. adquirir un equipo adicional que satisfaga los requerimientos existentes, sustituyendo en parte a las terminales ya instaladas.

El estudio fue sometido a la consideración del Consejo Interno de Administración, quien optó por la compra de una computadora científica multiusuario multitarea DIGITAL VAX 11/780, que se instaló en Palmira, Morelos, junto con la conservación del servicio de tiempo compartido, lo cual permitió conservar a la mayoría del personal en esa sede e instalar departamentos de investigación directamente en el campo, con servicios de cómputo vía red de teleproceso a los siguientes lugares:

- La Gerencia Administrativa y la División de Adiestramiento y Comunicación, ubicadas en la ciudad de Cuernavaca, Morelos
- El local ubicado en la calle de Leibnitz No. 14, piso 7, en México D. F., donde se encontraban las oficinas de la Unidad de Cómputo
- La División de Sistemas de Potencia, ubicadas en la calle de Shakespeare No. 6 de México D. F.
- La División de Adiestramiento y Comunicación, ubicada en la calle de Melchor Ocampo No. 403 de esa misma ciudad
- El Departamento de Geotermia de la División de Fuentes de Energía, y parte de la Gerencia Administrativa, ubicadas en la ciudad de Mexicali, Baja California Norte.

En 1981 se adquirió un equipo similar al anterior, que fue destinado para uso exclusivo de la sede de Palmira, Morelos, mientras que el ya existente se destinó al servicio local y al teleproceso en México D. F. y Mexicali.

En 1982 se abandonó el proceso en los sistemas UNIVAC-110 y de

tiempo compartido de C. F. E., se conectaron los computadores a través del sistema DECNET y se modificaron los sitios donde había conexión vía teleproceso, dejándose de prestar este servicio en la ciudad de Cuernavaca a la Gerencia Administrativa y en México D. F. al local de Melchor Ocampo No. 403, para instalarse en la calle de Dante No. 36 de esa misma ciudad.

En 1984 se trasladó la ubicación de las oficinas de la Unidad de Cómputo México D. F. al edificio de la calle de Dante No. 36, piso 7, junto con todo el equipo existente de teleproceso.

En 1985 se inició en Palmira la operación de seis sistemas adicionales DIGITAL VAX-VMS 11/730 en forma independiente para las áreas de Análisis de Redes, Simulación, Sistemas de Información e Información Técnica, Estudios de Ingeniería y Uso de CAD/CAM.

En 1987, como resultado de la creciente demanda de servicios de cómputo en la sede de México D. F. se instala un equipo VAX-VMS 11/730 para uso exclusivo de Estudios de Ingeniería y se adquieren cuatro computadoras personales OLIVETTI M-24 compatibles con I. B. M., con el objeto de contar con terminales adicionales del sistema VAX, y descargar en buena medida el trabajo de dichos procesadores, mediante la realización de procesos aislados.

A partir de ese año, el crecimiento de equipo de cómputo en la sede de México D. F. ha sido como se muestra en el siguiente cuadro

Cuadro 3.1 Crecimiento de equipo de cómputo en la sede de México D. F. del I. I. E. entre 1987 y 1990.

<u>Equipo</u>	<u>Año</u>			
	1987	1988	1989	1990
Terminal de video	7	4	1	
Terminal impresora	4			
Graficador	3		1	
Tableta digitalizadora		2		
Computadora personal	4	8	18	13
Impresoras para PC		5	5	3
Impresoras laser		2	1	
<u>Total</u>	18	21	26	15

### 3.2.2 SITUACION ACTUAL.

En la actualidad, la sede de México D. F. del I. I. E. cuenta con servicios de proceso local y remoto. El primero se realiza con una computadora DIGITAL VAX-VMS 11/730 en conexión con 16 terminales instaladas en el edificio de la calle de Dante No. 36, y dos computadoras DIGITAL MICROVAX II en adición a otra computadora DIGITAL VAX-VMS 11/730 instaladas en el edificio de la calle de Lebnitz No. 14.

El segundo se realiza vía teleproceso através de 5 canales telefónicos multiplexados entre México D. F. y Palmira, Morelos en modo full duplex a 9600 baud, los cuales proporcionan servicio a 40 terminales más. Además, hasta este año (1990), se han instalado 43 computadoras personales compatibles con I. B. M., como se describe en el cuadro 3.2, algunas de las cuales están conectadas a la red de computadoras VAX.

Cuadro 3.2 Computadoras personales existentes en el I. I. E. hasta 1990.

<u>Cantidad</u>	<u>Marca</u>	<u>Modelo</u>
8	Olivetti	M 24
4	Olivetti	M 28
4	Olivetti	M 240
3	Olivetti	M 250
7	Olivetti	M 280
13	Olivetti	M 290
2	Olivetti	M 380/C
1	Televideo	
1	Olivetti	Con monitor M280, teclado y CPU M28

La Unidad de Cómputo México D. F. del I. I. E., desde su creación en 1978, ha tenido la responsabilidad de tomar todas aquellas acciones que sean necesarias para asegurar y preservar servicios de procesamiento de datos en aquellas áreas de la institución donde se requeridos. Hasta ahora, y para cumplir con este fin, se ha seguido el sistema de conservación planteado por el proyecto "Instalación y mantenimiento preventivo y correctivo a equipos terminales, computadoras personales y red de cómputo".



consistente en "atención a reportes y mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos terminales de datos del I. I. E., las computadoras personales y la red de cómputo".

Las actividades antes mencionadas fueron inicialmente desarrolladas por el entonces jefe de la Unidad de Cómputo México y dos asesores en materia de software.

Desde 1980 y hasta la fecha, se cuenta con un solo investigador para la realización de la totalidad de labores de conservación en esa sede, además de los egresados de escuelas superiores participantes en el programa de becarios de servicio social, prácticas profesionales y tesis de licenciatura establecido en 1986, donde se les capacita en el uso y conservación de equipos de cómputo.

Fundamentalmente, la Unidad de Cómputo México D. F. verifica, instala y entrega los equipos de procesamiento de datos provenientes de la sede de Palmira, Morelos, y posteriormente proporciona soporte tanto al hardware como al software consistente en:

a) Atención a los reportes de falla (Conservación correctiva. Para dar atención a los reportes de falla en los equipos a cargo de la unidad, existe un registro (figura 3.1) donde se anota la siguiente información:

- el número de reporte
- la hora y el día en que se reportó la falla
- el número de identificación del equipo
- la ubicación del equipo
- la falla observada por el usuario
- el nombre del usuario

Una vez que se tiene conocimiento de esta información, el personal a cargo se desplaza hasta el lugar donde se ubica el equipo, lo revisa y trata su reparación en dicho sitio, según las circunstancias. Si se diagnostica una descompostura más o menos grave, se desinstala y se transporta hasta las oficinas de la Unidad en la calle de Dante No. 16. piso 7 donde se desmonta y revisa nuevamente buscando detectar el módulo o componente defectuoso, sustituyéndolo por uno en buen estado al mismo tiempo que se envía el primero a la Unidad de Palmira para su reparación. En caso de que esto no sea factible, se envía el equipo completo. A su vez, si la Unidad de Palmira no logra reparar el componente, procede a solicitar ayuda con alguna de las siguientes instancias:

- compañías privadas independientes que venden el equipo en cuestión.



- el distribuidor del equipo en el país
- el fabricante del equipo.

A objeto de efectuar un mejor control de los envíos de equipo, se elabora un formato de entrada-salida de equipos donde se anotan una serie de datos que, posteriormente, se vacían en un registro anual de entrada salida de equipos (figura 3.2), mencionándose seguidamente:

- número de movimiento
- descripción del equipo
- número de serie y número asignado dentro del inventario del I. I. E.
- fecha del movimiento
- carácter del movimiento (envío o recibo)
- persona que envía o recibe
- persona a quien se envía o de quien se recibe
- causa del movimiento
- retornó a la unidad? (sí o no)
- fecha de retorno

Buscando evitar una suspensión del servicio otorgado por el equipo en cuestión, en ocasiones se reemplaza por otro similar, si se tiene disponible.

Una vez que se termina la reparación, se reemplaza el componente dañado o llega el equipo reparado, se procede a terminar el reporte anotando los datos siguientes en el registro:

- la valoración de la falla hecha por el personal a cargo de la atención del reporte
- la hora y el día en que se corrigió
- la acción correctiva tomada

b) Conservación preventiva. Por lo regular se hace después de un periodo de seis meses, y consiste en el desmontaje de cada componente del equipo, su limpieza, su reensamblaje, ajuste y verificación final. Una vez realizado se procede a llenar una "historia de conservación o mantenimiento preventivo del equipo" (figura 3.3), donde se anota:

- la fecha del mantenimiento preventivo
- la persona que elaboró el mantenimiento preventivo
- los módulos que se limpiaron
- los módulos que se ajustaron
- las teclas que fueron programadas (tecla y secuencia)
- la localización del equipo

CONTROL DE ENTRADAS Y SALIDAS DE EQUIPO U. C. M.

HOJA \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

No. DEL MOV.	DESCRIPCION DEL EQUIPO	No. DEL IIE No. DE SERIE	FECHA DEL MOVIMIENTO	PERSONA QUE ENVIA	PERSONA A QUIEN SE ENVIA	CAUSA DEL MOV.	REGRESA (SI/NO)	FECHA DEL REGRESO

FIGURA 3.2 REGISTRO ACTUAL DE ENTRADA-SALIDA DE EQUIPO DE COMPUTO.

HISTORIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TERMINAL No. \_\_\_\_\_ No. DE SERIE \_\_\_\_\_ No. IIE \_\_\_\_\_

FECHA DEL MP	PERSONA QUE ELABORA MP	MODULOS QUE SE LIMPIAN	MODULOS QUE SE AJUSTAN	TECLAS PROGRAMADAS TECLA SECUENCIA	LOCALIZACION DEL EQUIPO	PUERTO ASIGNADO	ESTADO ACTUAL

FIGURA 3.3 FORMA DE REGISTRO ACTUAL PARA HISTORIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

- el puerto asignado
  - el estado actual
- c) Instalación de paquetería y asesorías en manejo de software y hardware. La Unidad de Cómputo México D. F. efectúa la instalación y habilitación de paqueterías, proporciona asesorías sobre uso y manejo adecuado, realiza diagnósticos y soluciona los problemas que se presentan durante su empleo.
- d) Diseño de instalaciones auxiliares. La Unidad de Cómputo México D. F. también se ha hecho cargo de diseñar todas aquellas instalaciones auxiliares que sean requeridas para nuevas adquisiciones de equipo de cómputo, las cuales son preparadas por la representación en México D. F. de la Gerencia Administrativa y supervisadas por dicha unidad.
- e) Administración y control del inventario de equipos de cómputo adquiridos por el I. I. E. para los usuarios de esa sede. La Unidad administra y controla las existencias de equipo de cómputo mediante la realización anual de un inventario (figura 3.4), que incluye la siguiente información:
- clave de referencia del equipo
  - tipo de equipo
  - marca
  - modelo
  - número de inventario del I. I. E.
  - ubicación
  - cubículo
  - departamento responsable
  - persona responsable
  - uso actual
  - fecha de instalación
  - número de serie
  - nombre del usuario
  - departamento responsable del servicio
  - accesorios
  - observaciones

Entre 1986 y 1989 se atendieron 1041 reportes de los que 75 resultaron con módulos o equipos dañados que fueron enviados a Palmira para su reparación, mientras que los restantes se debieron a fallas de comunicaciones, falso contacto, desconocimiento en el uso y manejo del equipo, errores de software, fallas en la instalación eléctrica o en el suministro de energía, abuso, etc. Estos últimos pudieron corregirse







localmente, aún cuando se carece de la infraestructura, los insumos y el personal adecuados. No existe un laboratorio de conservación destinado exclusivamente a los equipos existentes en esa unidad, y la requisición de refacciones es complicada y difícil, pues está sujeta al criterio de personal que labora en Palmira, el cual desconoce la situación y necesidades de la sede en México D. F.

Como resultado de la dependencia que en materia de conservación se tiene con la sede de Palmira y el constante incremento en el número de equipos, se ha observado que para reestablecer el servicio de un equipo dañado es necesario esperar al menos seis o siete días hábiles: cuatro por traslado entre ambas sedes y dos por reparaciones, en contraste con el tiempo indispensable para su reparación, que varía entre 0.5 y 2 días. Esto trae como consecuencia:

- a) aumento excesivo del tiempo de respuesta del servicio
- b) reducción de la vida útil del equipo por los frecuentes desplazamientos a que se ve objeto
- c) incremento considerable en los gastos de conservación del I. I. E. México
- d) retraso en los proyectos de investigación ahí realizados
- e) imposibilidad en la adquisición de experiencias sobre esta materia del personal de esa sede
- f) incremento considerable de la carga de trabajo del personal de Palmira
- g) carencia de suficiente información sobre los equipos para hacer su reparación.

Por otro parte, no se tiene una idea exacta de la confiabilidad y disponibilidad del equipo, pues los registros de las fallas y conservación preventiva están incompletos o no actualizados, lo que impide una correcta planeación del servicio.

A su vez, la conservación preventiva no se efectúa con la frecuencia ni en la forma adecuadas, limitándose únicamente a la ejecución de pruebas sencillas para verificar la correcta operación de los equipos y la limpieza y ajuste a semiprofundidad después de un periodo de seis meses; y sólo se da cuando hay una reducción significativa en la cantidad de equipos sujetos a conservación correctiva, dado que para su ejecución sólo se cuenta, como se mencionó anteriormente, con un solo investigador. Así, la calidad del servicio de conservación proporcionado por esta unidad y la confiabilidad de operación del equipo existente

se han visto seriamente demeritadas.  
 Se ha planteado la sustitución con servicios especializados de conservación, pero esta alternativa es extremadamente costosa, pues significaría un gasto adicional cercano a los 5000 dólares por año.

### 3.2.3 PROYECTOS A CORTO Y MEDIANO PLAZO.

Dentro del I. I. E. se han planteado diversos proyectos a corto y mediano plazo relacionados con la conservación de equipo de cómputo e instalaciones auxiliares. A continuación se exponen brevemente aquellos que de alguna forma conciernen a este aspecto.

Cuadro 3.3 Proyectos a corto y mediano plazo de la Unidad de Cómputo del I. I. E.

<u>Proyecto</u>	<u>Objetivos</u>	<u>Inversión estimada (% del costo total)</u>
Dirección de la Unidad de Cómputo, integración de computadoras personales y promoción de la red de investigación	a) administración de los recursos de la unidad b) promoción de desarrollo tecnológico	11.73478
Diseño, adecuación y soporte del hardware y software en la UCM	a) conservación de equipo de cómputo b) asistencia técnica	8.90916
Instalación y conservación correctiva de computadoras personales	a) conservación de equipo PC-compatibles	10.17261
Instalación, pruebas y conservación del equipo central de cómputo auxiliar	a) conservación de equipo de cómputo central y periférico b) conservación de instalaciones auxiliares	39.58800
Adecuación y soporte local del hardware en la UCM	a) conservación de equipo de cómputo terminal y PC-compatibles	8.62070

Cuadro 3.3 Continuación

<u>Proyecto</u>	<u>Objetivos</u>	<u>Inversión estimada (% del costo total)</u>
Integración y equipamiento de computadoras personales	a) conservación de equipo con garantía vencida	9.01690
Adecuación y soporte de la red local y terminales remotas	a) remodelación de enlaces de comunicaciones	7.12352
Interconexión de las redes locales de Palmira México con redes de investigación académica	a) facilidades de comunicación con NFS, BIT-NET, TELEPAC y UNAM	4.83433

3.3 ALTERNATIVAS DE CONSERVACION.

Como todos los equipos sofisticados, las computadoras tienen un ciclo de reparación, verificación, operación, falla y retorno a reparación. Cuando el costo de una máquina que no está en operación es alto, deben aplicarse métodos para reducir en tiempo que permanezca en ese estado.

El costo de dicho tiempo no sólo incluye el de la renovación de la parte dañada; también incluye el costo por correr nuevamente programas interrumpidos por el desperfecto y quizá la pérdida de datos de tiempo real, de control en procesos externos, costos de oportunidad y costos ocasionados por el malestar e insatisfacción del usuario, así como una reducción de la confianza en el sistema. Otros costos están relacionados con las acciones de

(6)  
 diagnóstico, reparación, logística y contabilidad .  
 Muchas empresas, aún aquellas que poseen más experiencia en el manejo de equipo de cómputo, deciden a menudo no proporcionar ellas mismas labores de conservación a sus equipos (procesadores, memorias, programas, periféricos, etc.) y optan por otras alternativas de conservación, como la realización de un contrato con el fabricante, con los distribuidores o con compañías especializadas para que les proporcionen este servicio, aún cuando el costo del mismo sobre la vida útil de un equipo en relación con el capital invertido en su compra es, en la mayoría de los casos, extremadamente elevado. No obstante, los servicios por ellos ofrecidos pueden satisfacer, en ciertos casos y con relativa eficiencia, parte o la totalidad de las

necesidades de conservación de la empresa. Algunos de los servicios más comunes incluyen (30) :

- Ingeniería de diseño (diseño, especificaciones y modificaciones del equipo para cubrir los requerimientos y necesidades de cada cliente)
- Instalación e implementación (suministro e instalación del equipo, incluyendo adaptaciones de software y desarrollo de interfaces del sistema)
- conservación y reparación (incluyendo diagnósticos remotos y servicio y soporte en el sitio de ubicación del equipo)
- desplazamientos, adiciones y cambios (cambios, modificaciones y adiciones del equipo existente de acuerdo con las necesidades actuales del cliente).

En el pasado, la totalidad de las empresas poseedoras de un equipo de cómputo recurrían al fabricante o al vendedor para un servicio continuo en el sitio mismo de ubicación del equipo, después de su adquisición. En la actualidad, existe un cierto rango de opciones disponibles, pero el número de alternativas posibles no se ha incrementado.

En general, la selección de una o más de las varias alternativas de conservación disponibles depende de los siguientes criterios: (19)

- a) el número de unidades que posea la empresa (o el número de unidades que planea adquirir a corto plazo)
- b) el grado de necesidad de los servicios proporcionados por el equipo
- c) la disponibilidad de sistemas alternativos en caso de falla
- d) el nivel de capacitación del personal que exista en la empresa
- e) el grado de demanda de equipos de cómputo

Basándose en lo anterior, es factible comparar diversas opciones y elegir la que mejor convenga a la empresa. No obstante, es menester el conocimiento más o menos profundo de cada una, con objeto de justificar la selección. A continuación se describen brevemente las características de cada de ellas (19) :

1. Servicio de conservación/repación del vendedor. Esta opción requiere el desplazamiento del equipo hasta el lugar de venta por parte del usuario, y su permanencia en el mismo para proporcionarle el servicio requerido. Este servicio usualmente dura una semana. La principal ventaja de este procedimiento es que probablemente, es la aproximación de costo más efectivo al servicio del microsistema. Además, en el sitio de adquisición existe todo el equipo necesario para prueba, reparación, etc., lo que resulta en un rápido diagnóstico. La desventaja de este tipo de arreglo para reparación es que, generalmente, el usuario permanece sin su equipo por un periodo de tiempo relativamente largo. Otra desventaja de esta opción es que el usuario debe desconectar su sistema y llevarlo hasta el centro de servicio, lo cual necesita tiempo para su planeación y ejecución. Esta opción es ofrecida por empresas independientes especializadas en microsistemas, así como por los vendedores de estos equipos.

2. Contrato con el distribuidor para conservación en el sitio de ubicación del equipo. Con este arreglo se establece un contrato con el distribuidor o proveedor para realizar labores de conservación en el sitio de ubicación del equipo y servicio a microsistemas para un periodo específico de tiempo (usualmente un año). Cuando el microsistema falla bajo esta opción, se llama al distribuidor y personal especializado es enviado al cliente. Esto ocurre por lo regular en un tiempo de 24 hrs. El personal especializado cuenta usualmente con las refacciones y el grado de conocimiento necesario para reparar o reemplazar el componente defectuoso en el mismo lugar donde se encuentra el equipo. La ventaja de esta opción es que el microsistema no requiere su transportación al centro de servicio para su reparación. Puesto que la reparación se hace en el lugar donde se instaló el equipo, éste se encuentra en facultad de entrar nuevamente en operación de forma rápida. La desventaja de esta opción es que el costo asociado con este tipo de conservación/repación es alto comparado con aquella que requiere el traslado del equipo hasta el laboratorio de conservación. Como la opción anterior, el contrato especifica el pago de una cantidad fija por mes, independientemente si se ejecutan labores de conservación o no. Otra desventaja es la limitada cantidad de recursos humanos disponibles, ya que no siempre es posible la rápida visita del personal destinado al servicio. Además, si la reparación del microsistema es imposible de ejecutar en el sitio de ubicación, debe ser transportado hasta el laboratorio de conservación. Este servicio en ocasiones también es proporcionado, pero debe tenerse en mente que usualmente sólo se da al equipo adquirido

con dicho distribuidor. Puesto que la mayoría de los microsistemas consisten de dispositivos adquiridos con dos o más proveedores, resulta difícil y costoso conseguir el servicio de cada uno para los diversos componentes del equipo. En esta situación, el servicio proporcionado por empresas especializadas independientes resulta más conveniente, puesto que éstas proporcionan servicio a un amplio rango de equipos.

3. Conservación mediante desplazamiento del equipo o del servicio. Este arreglo puede ser fijado con el vendedor para la conservación directa del equipo mediante su desplazamiento hasta el laboratorio de conservación o el desplazamiento del servicio hasta el sitio de ubicación del equipo. Esta opción no requiere el establecimiento de un contrato, por lo que el cliente tiene ambas opciones disponibles. Así, está en posibilidad de decidir el uso de un servicio en particular, dependiendo de las circunstancias. Donde sea conveniente, la opción de desplazar el equipo hasta el laboratorio de conservación puede ser empleada, ofreciendo al cliente un cierto grado de flexibilidad en la elección del servicio de reparación. Como no existen arreglos contractuales, no existen erogaciones mensuales por este concepto. El pago es hecho sólo cuando se hace algún trabajo de reparación. Si el servicio no es satisfactorio, puede elegirse otro con mayor facilidad que si se hubiera firmado un contrato. Cuando se considere el servicio de otro vendedor, la selección inicial de esta opción puede ser ventajosa.

Desafortunadamente, la mayoría de los usuarios subestiman el costo total del servicio proporcionado por alguna de las alternativas anteriores porque el costo real a menudo es desconocido. Una buena regla a seguir es que "el costo total del ciclo de vida del equipo es, típicamente, dos y media veces superior que el costo inicial de adquisición" (30).

Más allá del ciclo de vida, "los costos del servicio pueden ser una y media veces mayores que el costo de adquisición del equipo" (30).

Por lo tanto, la mala elección de alguna de las alternativas anteriores puede resultar en una pésima calidad de servicio, elevados costos de parada por avería y de servicio a lo largo del ciclo de vida del equipo. Algunas de las consideraciones que deben hacerse al seleccionar una o más de dichas alternativas son:

- Definir las necesidades y requerimientos de servicio existentes más allá del ciclo de vida del equipo. Es necesario especificar las necesidades que se tengan de diseño y modificaciones, instalaciones e implementación, conservación y reparación. Hay que asegurarse de definir

la respuesta al servicio y los límites de tiempo para reparación

- Establecer especificaciones del servicio y bases para evaluación. Deben identificarse los servicios ofrecidos, los tipos de equipo que estarán sujetos a conservación, el diseño, instalación, objetivos de conservación y de tiempos de reparación, y necesidades relativas al servicio y soporte incluyendo transportación, embalaje, documentación, refacciones y disponibilidad
- Solicitación de propuestas de servicio. Se debe entrar en contacto con compañías que den dichos servicios con con objeto de solicitar propuestas de servicio, presupuestos e información sobre la cobertura geográfica e infraestructura que ellos ofrecen
- Evaluación de propuestas. Es necesario desarrollar cuadros comparativos a fin de evaluar las propuestas ofrecidas en términos de capacidad de servicio, tiempo de respuesta y tiempo de reparación, facilidad para proporcionar el servicio en el sitio de ubicación del equipo y costos, para establecer negociaciones.
- Supervisión y revisión de la operación del servicio. Regularmente se debe revisar y supervisar la forma en que opera el servicio, a fin de elaborar un reporte que, mensual o semanalmente, debe enviarse a la compañía responsable.

La ejecución adecuada del proceso anterior permite una importante reducción en el costo del servicio durante el ciclo de vida del equipo y de paradas por avería, del costo total que involucra la selección de las alternativas en cuestión.

4. Autoconservación. Esta opción requiere que el mismo usuario, o personal dependiente de la empresa expresamente contratado para ello, proporcione reparación y conservación del equipo a su cargo. En cada caso, debe existir un experto responsable, cuyas tareas incluyan la reparación y conservación de todos los microsistemas existentes en la empresa, así como la instalación de nuevos componentes, como modems, interfaces a sistemas telefónicos y redes locales de comunicación. Las ventajas de esta opción son reparación rápida de los componentes defectuosos, y ejecución adecuada de los programas de conservación. Puesto que se ha empleado un cierto número de personal, existe más seguridad en la elaboración de un buen trabajo. La desventaja de esta opción es el costo asociado con el mantenimiento de una

unidad permanente para el servicio y conservación de los microsistemas. No obstante, los altos costos debidos a la escasa confiabilidad y las necesidades de conservación son fuertes argumentos para diseñar un sistema de servicio y conservación para el equipo. Decisiones sobre cuándo debe una empresa tener su propio personal de conservación, qué partes y refacciones deben tenerse en almacén y en qué cantidad, que tipo de instrumentos de medición y prueba se requieren, tienen que ser cuidadosamente analizados. Las herramientas matemáticas ofrecidas por la investigación de operaciones, como la programación dinámica y otras, son a menudo utilizadas para modelar al sistema en un intento por arribar a la solución óptima de este complejo problema. En general, si un número suficiente de microsistemas ha sido instalado en la empresa, ésta resulta ser la opción más efectiva, como lo indica el cuadro 3.4.

Cuadro 3.4 Tabla comparativa de alternativas de conservación

	Servicio de conservación y reparación del vendedor	Conservación mediante desplazamiento del equipo o del servicio	Contrato con el distribuidor para conservación en el sitio de ubicación del equipo	Autoconservación
Número de microsistemas	1 - 6	7 - 15	15 - 25	25 +
Urgencia de reparación	Baja	----->	----->	Alta
Disponibilidad de sistemas alternativos	Alta	----->	----->	Baja
Demanda de uso	Baja	----->	----->	Alta
Nivel de experiencia	Baja	----->	----->	Alta



### 3.4 PRINCIPIOS DE CONFIABILIDAD.

Casi todo equipo industrial se deteriora con la edad o el uso, a menos que se tomen medidas para conservarlo o mantenerlo. En algunas ocasiones en lugar de conservarlo puede ser más económico reemplazarlo por otro. A menudo sucede que se sustituyen equipos no porque cumplan con las normas de diseño o los requerimientos actuales de la empresa, sino porque hay equipo más moderno que cumple con normas superiores. Así, se presentan dos posibles alternativas:

- a) establecer un sistema de conservación con inspecciones a intervalos predeterminados para reducir la probabilidad de falla
- b) reemplazar el equipo en un tiempo específico

Ambas alternativas tienen como fin principal elevar la confianza que se tenga en la operación del equipo, y garantizar la prestación del servicio en todo momento. Por lo tanto, y con el propósito de comprender mejor las bases teóricas del sistema de conservación que se propone, intentaremos establecer algunas consideraciones iniciales, definiendo una serie de términos como confiabilidad, conservabilidad, disponibilidad y otros relacionados.

La confiabilidad, como se mencionó anteriormente, es una de las mayores cualidades que determinan la efectividad de un sistema. Aunque existen varias acepciones sobre este término, generalmente se define como "la probabilidad que un sistema dado ejecute una función determinada satisfactoriamente durante al menos un periodo dado de tiempo, cuando es operado bajo condiciones

(27)

establecidas". Con esta definición, los problemas más evidentes son:

1. La aceptación de la noción probabilística de la confiabilidad del sistema
  2. Los problemas asociados con la determinación de un funcionamiento adecuado
  3. El buen juicio necesario para determinar el estado apropiado para las condiciones de operación.
- La confiabilidad es un atributo inherente al sistema que resulta justo cuando éste es diseñado y son indicadas su capacidad, modo de funcionamiento y gasto de energía. El nivel de confiabilidad es establecido en la fase de diseño, y subsecuentemente el empleo y las pruebas que se efectúen no incrementan la confiabilidad sin un cambio en el diseño básico. En sí la confiabilidad es un

concepto abstracto que es difícil de comprender y medir, conforme se incrementa la complejidad del sistema, resultando casi imposible de controlar y demostrar en la etapa productiva, y entonces asegurarla como una característica operativa bajo las condiciones ambientales de uso proyectadas. No obstante, en aquellas circunstancias donde se reconoció a la confiabilidad como un componente necesario para el desarrollo de un programa, y con la práctica de varios métodos de ingeniería a través del ciclo evolutivo de vida de un sistema, pudo cuantificarse durante la especificación de los requerimientos de diseño; pudo predecirse mediante pruebas; pudo controlarse durante la producción y pudo mantenerse en el campo de trabajo.

#### 3.4.1 ACTIVIDADES DURANTE EL CICLO DE VIDA DEL SISTEMA.

Las actividades de confiabilidad deben expandirse durante todo el ciclo de vida del sistema, existiendo una retroalimentación continua entre ellas, pasando los diseños a través de varios ciclos del programa de dichas actividades. Dichas actividades (5)

son:

- a) La necesidad. La necesidad de programas de confiabilidad debe anticiparse desde el principio. La necesidad de dichos programas no debe ser sobreenfatizada. Se justifican basándose en requerimientos específicos del sistema expresados en términos del costo del ciclo de vida y otros de carácter operativo. Como se mencionó, la efectividad de un sistema puede determinarse por sus características de confiabilidad.
- b) Objetivos y definiciones. Todos los requerimientos deben especificarse en términos de objetivos bien definidos. Los objetivos y requerimientos son determinados por las siguientes medidas:
  - medidas de confiabilidad. Confiabilidad de la misión, función de confiabilidad basada en la distribución específica de fallas, tiempo medio de fallas MTTF (mean time to failure) y razón o porcentaje de fallas
  - medidas de conservabilidad. Función de conservabilidad basada en la distribución de tiempos de reparación, tiempo medio de reparación MTTR (mean time to repair), percentil del tiempo de reparación y

## porcentaje de conservación

En adición existen otras medidas que se definen a continuación:

- confiabilidad de la misión: es la probabilidad de que el producto y/o sistema complete sucesivamente una misión dada bajo requerimientos operativos específicos y tiempo de duración
  - conservabilidad: se define como la probabilidad de que un sistema que ha fallado pueda reiniciar su operación en un intervalo específico de tiempo fuera de servicio. El tiempo fuera de servicio incluye el tiempo de detección de la falla, el tiempo de reparación activa, el tiempo logístico conectado con la reparación del producto y el tiempo de actividades de carácter administrativo.
- Una definición de más extensa de conservabilidad (M: maintainability) es dada por Goldman y Slattery (1967) (50)

como: "...las características (cualitativa y cuantitativamente) del diseño e instalaciones que hacen posible alcanzar objetivos operacionales con un mínimo de gasto de esfuerzos para su conservación (energía, destreza manual, instrumentos de medición y prueba, datos técnicos y facilidades de soporte) bajo condiciones ambientales operativas, con la realización de programas de conservación o sin ella...". La cualidad precedente, como la definición cualitativa de confiabilidad, puede expresarse cuantitativamente por medio de la teoría de la probabilidad. Entonces, de acuerdo con Goldman y Slattery: "...conservabilidad es la característica del diseño e instalación la cual puede ser expresada como la probabilidad de que éstos puedan ser restablecidos a condiciones específicas de operación en un tiempo dado cuando la acción de conservación es ejecutada de acuerdo a lo prescrito en procedimientos y fuentes de información...". Matemáticamente puede ser expresada como

$$-t/\text{MTTR}$$

$$M = 1 - e$$

3.1

donde t: tiempo específico de reparación  
MTTR: tiempo medio de reparación.

La función de conservabilidad describe probabilísticamente qué tanto permanece el sistema en

modo de falla (ver inciso 3.5).

- reparabilidad: trata sólo con el tiempo de reparación activa y está determinada por esta medida como variable aleatoria y su distribución asociada. La reparabilidad se define como la probabilidad de que un sistema que ha fallado pueda restablecerse a una condición operativa satisfactoria en un intervalo específico de tiempo de reparación activa. Esta medida resulta valiosa para la administración del sistema en el aspecto de facilidades de reparación, puesto que ayuda a cuantificar la carga de trabajo y a su distribución entre el personal correspondiente
- servicialidad: se define como la "facilidad" con la cual el sistema puede ser reparado. La servicialidad, como la confiabilidad, es una característica de diseño del sistema y debe planearse en la etapa respectiva. La servicialidad es difícil de determinar en función de una escala de porcentajes; sin embargo, puede medirse fácilmente con una escala ordinal especificando la tasa de desarrollo y el procedimiento de jerarquización, el cual requiere que el sistema sea comparado y graduado de acuerdo con la facilidad del servicio que deba suministrarsele
- facilidad de operación: se define como la probabilidad de que un sistema opere o pueda operar cuando es utilizado bajo condiciones preestablecidas. La facilidad de operación trata con todos los elementos de tiempo, como tiempos de almacenaje, de operación, de permanencia fuera de servicio, etc.
- disponibilidad: se define como la probabilidad de que un sistema pueda operar satisfactoriamente en cualquier instante. La disponibilidad considera únicamente el tiempo de operación, excluyendo tiempos muertos. Por lo tanto, resulta ser el valor medio de la tasa del tiempo de operación del sistema al tiempo de operación más el tiempo de permanencia fuera de servicio. La disponibilidad es función de la confiabilidad y conservabilidad del sistema (ver ecuaciones 1.1, 2.1 e inciso 3.5)
- disponibilidad intrínseca: es más restringida que el caso anterior, porque se limita sólo a los tiempos de operatividad y reparación activa.
- adecuación de diseño: es la probabilidad que el sistema

modo de falla (ver inciso 3.5).

- **reparabilidad:** trata sólo con el tiempo de reparación activa y está determinada por esta medida como variable aleatoria y su distribución asociada. La reparabilidad se define como la probabilidad de que un sistema que ha fallado pueda restablecerse a una condición operativa satisfactoria en un intervalo específico de tiempo de reparación activa. Esta medida resulta valiosa para la administración del sistema en el aspecto de facilidades de reparación, puesto que ayuda a cuantificar la carga de trabajo y a su distribución entre el personal correspondiente
- **servicialidad:** se define como la "facilidad" con la cual el sistema puede ser reparado. La servicialidad, como la confiabilidad, es una característica de diseño del sistema y debe planearse en la etapa respectiva. La servicialidad es difícil de determinar en función de una escala de porcentajes; sin embargo, puede medirse fácilmente con una escala ordinal especificando la tasa de desarrollo y el procedimiento de jerarquización, el cual requiere que el sistema sea comparado y graduado de acuerdo con la facilidad del servicio que deba suministrarsele
- **facilidad de operación:** se define como la probabilidad de que un sistema opere o pueda operar cuando es utilizado bajo condiciones preestablecidas. La facilidad de operación trata con todos los elementos de tiempo, como tiempos de almacenaje, de operación, de permanencia fuera de servicio, etc.
- **disponibilidad:** se define como la probabilidad de que un sistema pueda operar satisfactoriamente en cualquier instante. La disponibilidad considera únicamente el tiempo de operación, excluyendo tiempos muertos. Por lo tanto, resulta ser el valor medio de la tasa del tiempo de operación del sistema al tiempo de operación más el tiempo de permanencia fuera de servicio. La disponibilidad es función de la confiabilidad y conservabilidad del sistema (ver ecuaciones 1.1, 2.1 e inciso 3.5)
- **disponibilidad intrínseca:** es más restringida que el caso anterior, porque se limita sólo a los tiempos de operatividad y reparación activa.
- **adecuación de diseño:** es la probabilidad que el sistema

complete sucesivamente su misión, dado que el mismo está operando bajo condiciones especificadas con anterioridad.

- efectividad: es la probabilidad que el sistema pueda encontrarse sucesivamente con una demanda operacional dentro de un tiempo dado cuando es usado bajo condiciones específicas.

Así, estas medidas deben definirse claramente, y los requerimientos específicos del sistema hacer uso de ellas. La efectividad de un programa de seguridad del producto depende de dichas definiciones.

- c) Concepción y planteamiento del programa. Basados en la confiabilidad y en otros requerimientos operativos, varios conceptos deben desarrollarse, de manera que potencialmente cubran esos requerimientos. También en esa etapa la totalidad de los planes y programas para seguridad del sistema deben ser formulados, y las responsabilidades y obligaciones asignadas a los diferentes grupos de trabajo. La etapa conceptual es una parte importante del ciclo de vida del sistema, por ser la que tiene mayor impacto sobre el futuro del mismo. Estudios realizados por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América indican que el 70 % del costo del ciclo de vida del sistema es determinado por las decisiones tomadas en esta etapa.
- d) Actividades de aseguramiento del sistema. Los planes desarrollados en el paso anterior son implementados y la totalidad del programa es monitoreada continuamente. Debe existir una adecuada organización en el instante de implementar dichos planes, con responsabilidades bien definidas.
- e) Diseño. El concepto para el sistema seleccionado en la etapa de planeación es sujeto a diseño de cada uno de sus componentes. La confiabilidad y conservabilidad del diseño deben ser evaluadas cuidadosamente. Varias metodologías, como revisión del diseño, análisis en modo de fallas y efectos, análisis del "árbol de fallas" y aproximaciones probabilísticas del diseño pueden ser aplicadas en este paso. La confiabilidad, como se mencionó con anterioridad, es un parámetro de diseño que

debe incorporarse al sistema en este paso.

- f) Desarrollo y prototipo. Los prototipos deben desarrollarse en base a las especificaciones del diseño. La confiabilidad de éste es verificada mediante pruebas sobre el prototipo. Si presenta deficiencias, son corregidas mediante rediseño. El desarrollo de la administración para los planes de confiabilidad debe realizarse en esta etapa sin omitir un monitoreo constante del mismo y del progreso del programa. Después que el sistema ha adquirido un nivel satisfactorio de confiabilidad, se procede a su establecimiento.
- g) Establecimiento. El sistema es establecido basándose en las especificaciones de diseño. Son esenciales en esta etapa metodologías de control para partes, materiales y procedimientos. Uno de los objetivos del programa de control de calidad es asegurarse que la confiabilidad inherente al diseño del sistema no se degrade.
- h) Empleo generalizado por los usuarios. Antes que el sistema sea empleado por los consumidores o usuarios, es importante desarrollar todos los servicios e instrucciones sobre conservación, que deben estar bien documentadas. Como la confiabilidad, la conservabilidad debe ser considerada en todo el ciclo de vida, con el propósito de sostener los niveles requeridos de disponibilidad y confiabilidad en el uso cotidiano. Los programas de conservabilidad deben desarrollarse en la etapa de planeación.
- i) Evaluación del sistema. El sistema en el uso práctico es evaluado continuamente para determinar si la confiabilidad original y los objetivos de conservabilidad son preservados en el sistema. Con este propósito deben establecerse programas de monitoreo de confiabilidad y recolección de datos de uso.
- j) Retroalimentación continua. Debe existir una retroalimentación continua entre todos los pasos por los que pasa el ciclo de vida del sistema. Un sistema apropiado de comunicación deberá desarrollarse entre todos los grupos responsables de los diversos pasos.

Esto contribuirá al perfeccionamiento del sistema.

### 3.4.2 MEDIDAS.

La confiabilidad ha sido definida como la probabilidad de que un sistema dado funcione satisfactoriamente para una función determinada bajo condiciones específicas de operación. Entonces, la confiabilidad está relacionada con la probabilidad de funcionamiento sucesivo de cualquier sistema. Resulta claro que se debe definir qué se entiende por funcionamiento sucesivo del sistema o qué por falla del sistema; de otro modo, no es posible predecir cuándo falle. El tiempo anterior a la falla o "vida" de un sistema no puede ser definido determinísticamente, puesto que es de carácter aleatorio. Entonces, se debe cuantificar la confiabilidad mediante la asignación de una función probabilística al tiempo entre fallas. Denotemos por  $t$  a la variable que representa el tiempo anterior a la falla. Entonces, la confiabilidad en cualquier tiempo  $t$ , denotada por  $R(t)$ , es la probabilidad de que no falle en el tiempo  $t$ , o matemáticamente

$$R(t) = P\{t > t\} \quad 3.2$$

Sea  $f(t)$  la función de densidad de probabilidad de la variable continua aleatoria de falla  $t$  a. Entonces, la función de distribución acumulativa  $F(t)$  estará definida por la siguiente expresión b

$$P\{t \leq t\} = F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad 3.3$$

De las ecuaciones 3.2 y 3.3 tenemos algunas relaciones fundamentales entre las funciones de confiabilidad, acumulativa y de densidad.

---

a La función de densidad de la probabilidad es también conocida como función de densidad, y corresponde a distribuciones de frecuencia relativa llevadas al límite. Cuando tal función es dada se dice que la distribución de probabilidad continua para la variable aleatoria continua  $t$  ha sido definida (tomado del libro TEORIA Y PROBLEMAS DE ESTADISTICA, de Murray R. Spiegel, Serie Schaum, editorial Mc Graw Hill, México D. F., febrero 1986, capítulo 6, páginas 101 y 102).

b Acumulando las probabilidades de un evento se obtiene una distribución de probabilidad acumulada, que es análoga a la distribución de frecuencia relativa acumulada. La función asociada a esta distribución se conoce como función de distribución acumulativa (referencia: ver nota (a)).



$$R(t) = 1 - P\{t \leq t\} = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(\tau) d\tau \quad 3.4$$

Estas funciones están relacionadas entre sí, y la selección de una determina el estado de las otras, lo que puede ser visto fácilmente analizando las ecuaciones 3.2, 3.3 y 3.4.

Obviamente, la función de confiabilidad inherente al sistema, por virtud de su diseño, dicta la probabilidad de operación sucesiva del sistema. Surge entonces la cuestión de cómo se puede conocer la forma de una función de confiabilidad para un sistema en particular. Existen básicamente tres pasos que deben seguirse al respecto:

1. Probar muchos sistemas en modo de falla empleando un perfil de la misión que sea idéntico a las condiciones de uso. Esto permitirá el desarrollo empírico de una curva de distribución de fallas.

2. Probar muchos subsistemas y componentes en modo de falla recreando las condiciones de uso en el medio ambiente de la prueba. Esto permitirá el desarrollo empírico de funciones de confiabilidad para cada componente y de ahí será factible derivar la función de confiabilidad del sistema.

3. Basándose en experiencias pasadas con sistemas similares, debe hacerse una hipótesis de la distribución de fallas fundamental. Entonces, se pueden probar algunos sistemas para determinar los parámetros requeridos de adaptación de la distribución de fallas a una situación particular.

Por ejemplo, el tiempo de vida de diferentes componentes electrónicos sigue la distribución exponencial dada por la siguiente expresión:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0, \quad \lambda > 0 \quad 3.5$$

donde la función de distribución acumulativa y la función de confiabilidad están dadas por (figura 3.5)

$$F(t) = \int_0^t \lambda e^{-\lambda \tau} d\tau = 1 - e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0 \quad 3.6$$

$$R(t) = e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0 \quad 3.7$$

Para aplicar esta distribución, debe conocerse el valor del parámetro  $\lambda$  para cada situación en particular. Varios estudios

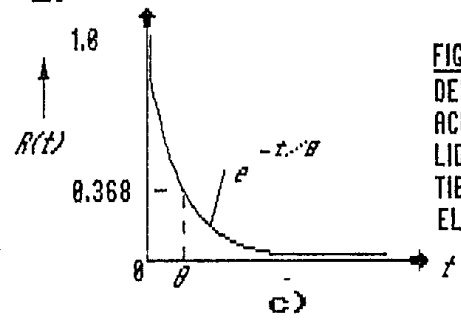
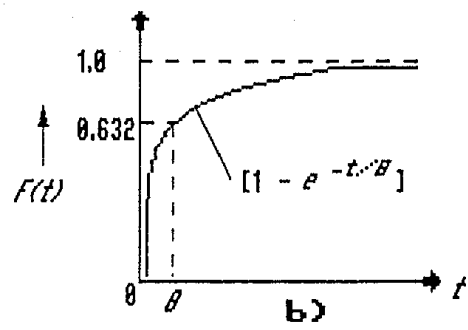
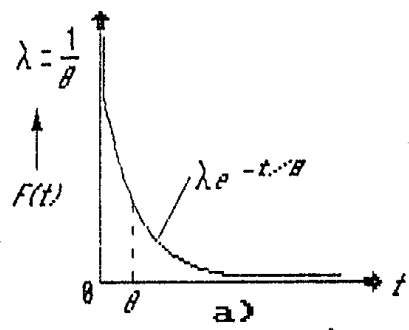


FIGURA 3.5 FUNCIONES DE DENSIDAD (a), DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA (b) Y DE CONFIABILIDAD (c) PARA EL MODELO DEL TIEMPO DE VIDA EN COMPONENTES ELECTRONICOS

se han desarrollado con valores de este parámetro para la mayoría de los componentes electrónicos en ambientes y misiones específicas.

4. En algunos casos la falla está envuelta en una situación particular requiriéndose entonces la derivación de una hipótesis para una distribución en particular. Por ejemplo, la fatiga en algunos metales tienden a seguir una distribución normal logarítmica o la distribución de Weibull. Así, una vez que la distribución es seleccionada, los parámetros para una situación en particular deben ser averiguados.

Otra medida que frecuentemente es empleada como un indicador indirecto de la confiabilidad del sistema es la esperanza matemática o la media del tiempo anterior a la falla MTTF (mean time to failure), que es el valor medio de la variable aleatoria tiempo entre fallas. Entonces, el MTTF se define teóricamente como c

$$MTTF = E\{t\} = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad 3.8$$

Algunas veces el término tiempo medio entre fallas MTBF (mean time between failures) es usado para denotar  $E\{t\}$ . El problema con usar sólo el MTTF como indicador de la confiabilidad del sistema es que éste únicamente determina dicha confiabilidad si la distribución fundamental del tiempo de fallas es exponencial. Si la distribución de fallas es otra, el MTTF puede producir errores de comparación.

Si tenemos una población relativamente grande cuya confiabilidad deseamos estudiar, ya sea con propósitos de reemplazo o de conservación, resulta importante conocer el porcentaje de la población que ha "sobrevivido" un tiempo específico, fallará de inmediato. Esta es la razón de fallas o porcentaje de riesgo, que está dado por la siguiente relación:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad 3.9$$

c Sea  $t$  una variable aleatoria continua con distribución de probabilidad  $f(t)$ . El valor esperado o la esperanza matemática de  $t$  es

$$E\{X\} = \int_{-\infty}^{+\infty} t f(t) dt$$

(referencia: ver nota (a)).

Para comprender mejor la noción de porcentaje de riesgo a continuación se da una serie de relaciones matemáticas. Se define como el límite de una razón de fallas instantáneas donde no ocurre falla alguna hasta el tiempo  $t$  y está dada por:

$$h(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{P\{t < t_s(t + \Delta t) | t > t\}}{\Delta t} \quad 3.10$$

$$= \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t R(t)} \quad 3.11$$

$$= \frac{1}{R(t)} \left[ - \frac{d}{dt} R(t) \right] \quad 3.12$$

También

$$f(t) = h(t) \exp \left[ - \int_0^t f(\tau) d\tau \right] \quad 3.13$$

y entonces

$$R(t) = \left[ - \int_0^t f(\tau) d\tau \right] \quad 3.14$$

### 3.4.3 MODELOS.

Para analizar y medir las características de confiabilidad y conservabilidad de un sistema, es necesaria la elaboración de un modelo matemático del mismo que muestre las relaciones funcionales entre todos los componentes, los subsistemas y todo el sistema en conjunto.

La confiabilidad del sistema, como se mencionó anteriormente, es función de la confiabilidad de sus componentes. Un modelo de la confiabilidad del sistema consiste en algunas combinaciones de diagramas de bloques, o carta de causas-consecuencias, donde se describen todas las fallas del equipo, las distribuciones de reparación, el estado de cada parte y las estrategias de reparación. Todos los análisis de confiabilidad y las optimizaciones son hechos con auxilio de modelos matemáticos conceptuales del sistema.

El diagrama de bloques citado anteriormente es obtenido por medio de un análisis cuidadoso de la forma de operación del sistema.

El análisis debe basarse en los efectos ocasionados por fallas en varios componentes sobre el funcionamiento del sistema en conjunto; el ambiente de soporte y los requerimientos, incluyendo factores como el número y asignación de componentes y personal para reparación; y la misión del sistema. El análisis de ingeniería del sistema debe ser hecho en el sentido de desarrollar un modelo de confiabilidad. Dicho análisis consiste en lo siguiente:

1. Desarrollo de un diagrama funcional de bloques del sistema basado en los principios físicos que gobiernan su operación
2. Desarrollo de relaciones lógicas y topológicas entre los elementos funcionales del sistema
3. Empleo de estudios para evaluación de funcionamiento, con objeto de determinar las excepciones en las cuales el sistema puede operar en un estado degradado
4. Definición de partes y estrategias de reparación (para sistemas bajo conservación).

Basándose en el análisis precedente, puede desarrollarse un diagrama de bloques de confiabilidad para cuantificar las diferentes medidas de confiabilidad y conservabilidad. El diagrama de bloques de confiabilidad es un medio gráfico que muestra todos los sucesos o combinaciones de falla del sistema. Algunas guías para dibujar dichos diagramas se dan a continuación:

1. El grupo de componentes que sean esenciales para el funcionamiento del sistema son dibujados en serie
2. Los componentes que puedan ser sustituidos por otros son dibujados en paralelo
3. Cada bloque en el diagrama es como un interruptor: cerrado cuando el componente que representa está trabajando y abierto cuando el componente ha fallado. Cualquier camino cerrado a lo largo del diagrama es un camino sucesivo.

El comportamiento en falla de todos los componentes redundantes debe ser especificado. Un sistema redundante es aquél donde un número mayor de elementos de los absolutamente necesarios, son empleados para la operación del sistema. Un sistema es no redundante o de estructura simple cuando es diseñado de tal manera que sólo un mínimo número de sus componentes es empleado para realizar su función. La redundancia se justifica si, aún después de usar los

componentes de la más alta calidad disponible, no se consigue el valor de confiabilidad deseado, o si se desea que la tolerancia a fallas sea una capacidad adicional del sistema. Los elementos adicionales del sistema, denominados como elementos redundantes, no necesariamente deben ser elementos físicos o "hardware"; también puede emplearse tiempo de computo, "software" e información adicionales.

(6)

Algunos tipos comunes de redundancia son:

- a) Redundancia Triple Modular TMR (triple modular redundancy): este tipo de redundancia es también conocido como sistema de selección de línea múltiple. Uno de los primeros y más conocidos esquemas de este tipo fue desarrollado por John Von Neumann. Cada unidad simple es triplicada y cada conjunto de tres unidades independientes alimenta a un selector de mayoría, del cual sale la señal de mayoría (figura 3.6). El sistema falla si más de una unidad falla, en cuyo caso es reconocida de inmediato por el selector de mayoría sobre cualquiera en buen estado. El esquema es generalizado por una redundancia N-modular NMR (N-modular redundancy) donde N representa el número adicional de unidades. Existen diversos esquemas para protección del selector y con variantes de la estrategia básica de la TMR. La confiabilidad de un sistema con TMR está expresada como:

$$R_{\text{sistema}} = (R_1 + 3R_2(1 - R_1))R_3 \quad 3.15$$

es decir, el producto de la confiabilidad del selector  $R_3$  y la confiabilidad del sistema TMR idealizado, que a su vez es el resultado de la suma de probabilidades de dos eventos:

1. que todas las unidades sobrevivan  $R_1$ , y
2. que dos unidades cualesquiera sobrevivan y una falle  $3R_2(1 - R_1)$

- b) Redundancia Cuádruple (Quadded Redundancy): es un método de redundancia de componentes aplicable a circuitos con compuertas alternativas AND y OR. Es similar al concepto anterior, con la diferencia que las funciones de selección, restauración y cobertura de la falla están distribuidas en la red y no son separables como en la TMR. En general, el procedimiento seguido requiere que cada compuerta lógica sea cuadruplicada y que cada grupo tenga

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

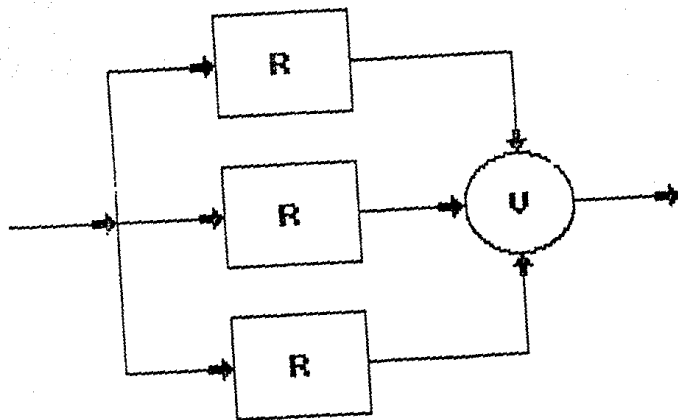


FIGURA 3.6 REDUNDANCIA TRIPLE MODULAR

el doble del número de entradas que las compuertas no redundantes reemplazadas. Las salidas de cada etapa son interconectadas con las entradas de la etapa posterior siguiendo un patrón, de manera que los efectos de errores en etapas iniciales sean corregidos en las subsiguientes.

- c) Redundancia con reemplazo en espera (Standby Replacement Redundancy): En este tipo de redundancia, sólo una unidad está operando, a diferencia de la TMR (figura 3.7). Cuando la unidad activa falla, dicho evento es detectado por un circuito adicional, y el componente defectuoso es reemplazado mediante reconexión instantánea por alguno de la reserva de componentes en espera, restituyendo el estado operacional del sistema. La confiabilidad de un sistema con este tipo de redundancia está dada por

$$R_{\text{sistema}} = 1 - (1 - R)^{S + 1} \quad 3.16$$

la cual es la probabilidad que no todas las unidades fallen

- d) Redundancia híbrida (Hybrid Redundancy): es una síntesis de la TMR y la redundancia con reemplazo en espera (figura 3.8). Consiste básicamente en un sistema TMR (o, en general, un sistema NMR) con un banco de componentes de modo que si algún componente de las unidades TMR falla, es reemplazado de inmediato. La detección de la falla es lograda por medio de detectores de error, que comparan las salidas individuales de cada unidad de redundancia triple modular con la salida del sistema. Si existe diferencia, el detector de error activa un circuito de interconexión dentro de la red que realiza el reemplazo de la unidad defectuosa por otra en buen estado. Cuando todas las unidades disponibles son utilizadas, la redundancia híbrida se simplifica a una TMR. Es posible efectuar variaciones y adaptaciones para cada equipo en particular. La confiabilidad de un sistema con este tipo de redundancia está expresada como

$$R_{\text{sistema}} = 1 - [(1 - R)^{S + 3} + (S + 3)(1 - R)^{S + 2} R] \quad 3.17$$

que es la probabilidad que no todas las  $S + 3$  unidades fallen y que no cualquiera de las  $S + 2$  unidades fallen con una en buen estado.



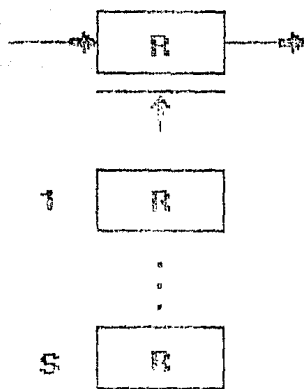


FIGURA 3.7 REDUNDANCIA CON REEMPLAZO EN ESPERA

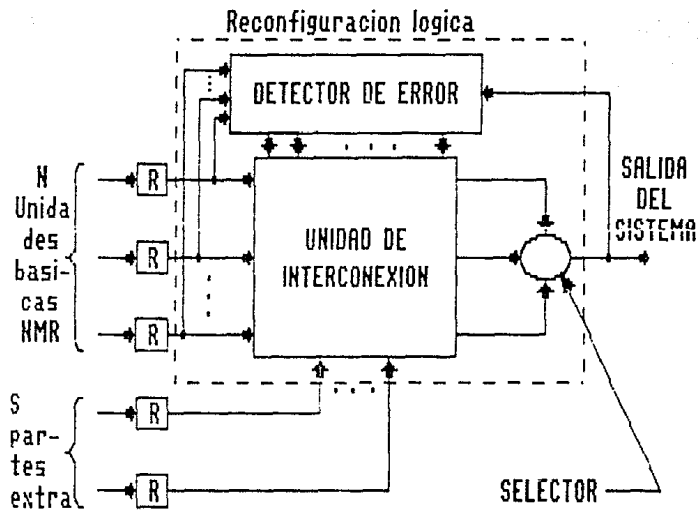


FIGURA 3.8 REDUNDANCIA HIBRIDA

208

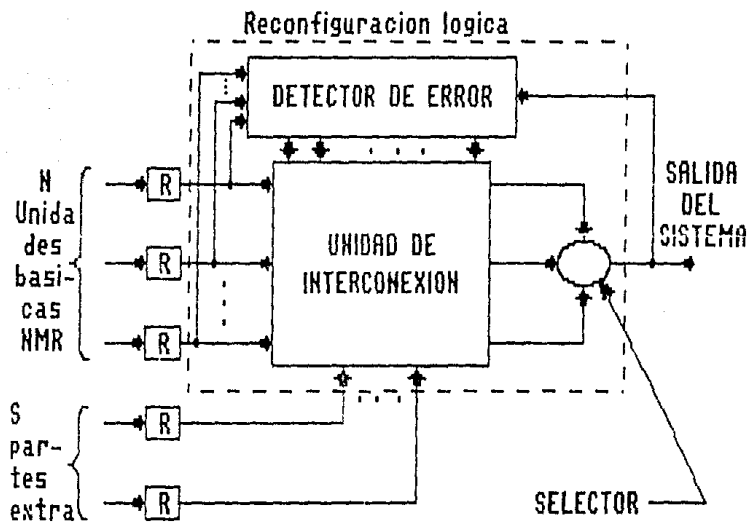


FIGURA 3.8 REDUNDANCIA HIBRIDA

Algunas relaciones matemáticas entre la confiabilidad del sistema y la confiabilidad de sus componentes son dadas a continuación. En estas expresiones,  $R$  denota la confiabilidad del sistema y  $R_i$  la confiabilidad del  $i$ -ésimo componente, donde  $i = 1, 2, \dots, n$ , y  $n$  es el número de componentes del sistema. En adición, las siguientes relaciones asumen que todos los componentes operan o fallan independientemente de los otros.

1. Configuración Serie. Si un sistema está compuesto por cierto tipo de elementos de tal manera que una falla en cualquiera de ellos causa una falla total del sistema, entonces se considera que esos elementos funcionan en serie (figura 3.9). Para la sobrevivencia del sistema, dichos elementos también deben sobrevivir. La probabilidad de sobrevivencia del sistema no puede ser mejor que la del elemento con menor probabilidad de sobrevivencia. Cuando dichos elementos son independientes uno de otro, la probabilidad de sobrevivencia del sistema es calculada mediante el producto de las probabilidades de sobrevivencia individuales de cada elemento. Así, tenemos

$$R_s = \prod_{i=1}^n R_i \quad 3.18$$

para una situación estática; y para una situación dinámica

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad 3.19$$

La razón de fallas del sistema  $h_s(t)$  está dada por

$$h_s(t) = \sum_{i=1}^n h_i(t) \quad 3.20$$

donde  $h_i(t)$  es la razón de falla del  $i$ -ésimo componente.

2. Configuración en paralelo. La configuración en paralelo es ejemplo de una redundancia de protección. El sistema es compuesto por elementos funcionales conectados en paralelo, de tal manera que si uno de éstos falla, la unidad paralela continuará ejecutando la función en cuestión (figura 3.10). La confiabilidad del sistema, asumiendo la independencia de falla de los elementos, está dada por



FIGURA 3.9 CONFIGURACION SERIE

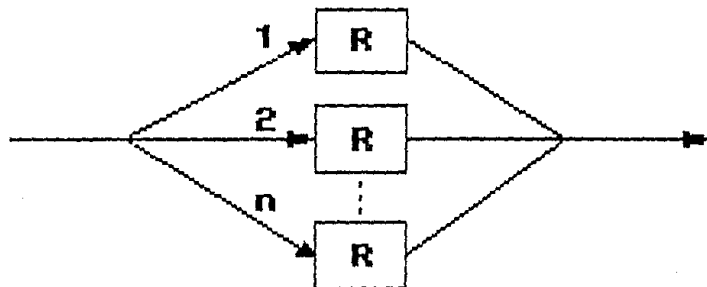


FIGURA 3.10 CONFIGURACION EN PARALELO

$$R_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \quad 3.21$$

para una situación estática, y

$$R_s(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t)) \quad 3.22$$

para una situación dinámica. La expresión anterior representa la probabilidad de que no todos los  $n$  elementos fallen. El término  $(1 - R_i(t))$ , conocido como la inconfiabilidad de la unidad, es la probabilidad que dicha unidad falle.

3. Configuración  $k$  de  $n$  ( $k$ -out-of- $n$  configuration). En esta configuración el sistema trabaja si y solo si al menos  $k$  de  $n$  componentes funcionan,  $1 \leq k \leq n$ . Para este caso, cuando  $R_i = R(t)$  para toda  $i$  tenemos

$$R_s(t) = \sum_{i=k}^n \binom{n}{i} [R(t)]^i [1 - R(t)]^{n-i} \quad 3.23$$

4. Sistemas coherentes. Muchos sistemas no se pueden representar mediante diagramas de bloques trazados de acuerdo a alguna de las tres configuraciones anteriores. En estos casos es necesario recurrir al concepto de sistemas coherentes, por medio del cual es posible determinar la confiabilidad de cualquier sistema. El funcionamiento de cada uno de los  $n$  componentes del sistema es representado por una variable indicadora binaria  $x_i$ , la cual toma el valor de 1 si el  $i$ -ésimo componente funciona y 0 si falla. Similarmente, la variable binaria  $\phi$  indica el estado del sistema, y  $\phi$  es función de  $x = (x_1, \dots, x_n)$ .

La función  $\phi(x)$  es denominada "función estructural del sistema". La función estructural es representada usando los conceptos de trayectoria mínima y el corte mínimo. La trayectoria mínima es el mínimo conjunto de componentes cuyo funcionamiento asegura la operación del sistema. El corte mínimo es el mínimo conjunto de componentes cuya falla ocasiona una falla general del sistema. Sea  $\alpha_j(x)$  la  $j$ -ésima mínima trayectoria de estructura serie para

la trayectoria  $A_j$ ,  $j = 1, \dots, p$  y  $\beta_k(x)$  el  $k$ -ésimo mínimo corte

de estructura paralela para el corte  $B_k$ ,  $k = 1, \dots, s$ .

Entonces tenemos

$$\alpha_j(x) = \prod_{i \in A_j} x_i \quad 3.24$$

$$\beta_k(x) = 1 - \prod_{i \in B_k} (1 - x_i) \quad 3.25$$

y

$$\Phi(x) = 1 - \prod_{j=1}^p [1 - \alpha_j(x)] \quad 3.26$$

$$= \prod_{k=1}^s \beta_k(x) \quad 3.27$$

La confiabilidad del sistema estará dada por

$$R = P[\Phi(x) = 1] = E[\Phi(x)] \quad 3.28$$

Los calculos exactos para  $R$  son generalmente tediosos porque las trayectorias y los cortes  $B_k$  son dependientes, puesto que pueden contener al mismo componente. Sin embargo, es posible conocer los valores límite de la confiabilidad del sistema. Dichos límites están dados por

$$\prod_{k=1}^s P[\beta_k(x) = 1] \leq P[\Phi(x) = 1] \leq 1 - \prod_{j=1}^p [1 - P[\alpha_j(x) = 1]] \quad 3.29$$

5. Análisis del "árbol de fallas". El análisis del "árbol de fallas" es uno de los métodos más recientes para la seguridad del sistema y el análisis de confiabilidad. El concepto fue originado en los Laboratorios Telefónicos Bell como una técnica para la evaluación de la seguridad en sistemas de control de lanzamiento en misiles. A diferencia de la mayoría de las técnicas de confiabilidad, con carácter netamente inductivo y tendencia al aseguramiento de la ejecución de la misión por parte del sistema, el análisis del "árbol de fallas" es un estudio deductivo detallado que usualmente requiere una información considerable sobre el sistema. Se encarga de asegurar que todos los aspectos críticos del sistema sean identificados y controlados. Es una representación gráfica de la lógica

Booleana asociada con el desarrollo de una falla particular del sistema (consecuencia) llamada "evento cumbre", que puede comprender todos los eventos que ocurren simultáneamente o un solo evento específico, y las fallas básicas (causas) llamadas "eventos primarios". Las ventajas de este tipo de análisis son:

- a) provee opciones para el análisis cuantitativo y cualitativo de la confiabilidad
- b) ayuda al analista a comprender deductivamente las fallas del sistema
- c) señala aquellos aspectos del sistema que son importantes con respecto a las fallas de interés
- d) proporciona al analista una visión profunda del comportamiento del sistema.

El "árbol de fallas" es un modelo que gráfica y lógicamente representa las varias combinaciones entre posibles eventos en modo normal y de falla. Un evento de falla es un estado anormal del sistema. Un evento normal es el evento que se espera siempre ocurra. El término evento denota un cambio dinámico de estado que ocurre en un elemento del sistema. Los elementos del sistema incluyen hardware, software, personas y factores ambientales (ver inciso 2.4.2.2).

Desde el punto de vista del análisis de confiabilidad, la mayoría de los equipos electrónicos para procesamiento de datos disponibles en el mercado pueden considerarse esencialmente como (6) (27)

sistemas en serie . Esto significa que todos sus componentes deben funcionar para la operación del sistema, y que el usuario no prevenga que un estado degradado de operación para un componente específico, pero prevenga sobre una falla en la operación total del sistema a objeto de proporcionar el servicio requerido.

Supóngase que estamos interesados en conocer la confiabilidad del sistema  $R(t)$  y que la confiabilidad del  $i$ -ésimo componente está dada por  $R_i(t)$ . Entonces, para un sistema de  $m$  componentes en serie donde todos los componentes deben funcionar, tenemos de la ecuación 3.19:

$$R(t) = \prod_{i=1}^m R_i(t) \quad 3.30$$



donde la independencia es asumida. Consideremos una función general de riesgo para el  $l$ -ésimo componente, dada por

$h_l(t) = \lambda_l + c_l t^k$ , donde  $\lambda_l$ ,  $c_l$  y  $k$  son constantes. Entonces

$$R_l(t) = \exp \left[ - \left( \lambda_l t + \frac{t^{k+1}}{k+1} c_l \right) \right] \quad 3.31$$

y

$$R_s(t) = \exp \left[ - \left( t \sum_{l=1}^m \lambda_l + \frac{t^{k+1}}{k+1} \sum_{l=1}^m c_l \right) \right] \quad 3.32$$

A su vez, sea

$$\lambda^* = \sum_{l=1}^m \lambda_l$$

$$c^* = \sum_{l=1}^m c_l$$

y

$$T = \lambda^* t$$

entonces

$$R_s(t) = \exp \left[ - \left[ T + \left( \frac{c^*}{\lambda^*} \right) \frac{1}{k+1} \left( \frac{T^{k+1}}{(\lambda^*)^k} \right) \right] \right]$$

como el número de componentes ( $m$ ) es elevado, asumimos que

$$\lambda \xrightarrow{*} \infty$$

y

$$\frac{c}{(k+1)\lambda}$$

es limitado. Por lo tanto

$$\lim_{m \rightarrow \infty} R(s) = e^{-T} = e^{-\lambda t} \quad 3.33$$

Esto es, la distribución del tiempo anterior a la falla del sistema se aproxima a una distribución exponencial. En la práctica, esto significa que el tiempo entre fallas para sistemas grandes y complejos, como es el caso de los sistemas de cómputo, tiende a seguir dicha distribución.

Las propiedades de la distribución exponencial que son comúnmente empleadas en el análisis de confiabilidad y conservabilidad son dadas a continuación:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0 \quad 3.34$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0 \quad 3.35$$

$$R(t) = e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0 \quad 3.36$$

$$h(t) = \lambda \quad 3.37$$

$$MTBF = \theta = \frac{1}{\lambda} \quad 3.38$$

#### 3.4.4 MEDICIONES Y ESTIMACIONES.

Las técnicas para mediciones de la confiabilidad proveen de una disciplina común que puede ser utilizada para medir, predecir y evaluar la confiabilidad del sistema en todo su ciclo de vida. Los dos componentes principales del sistema para la medición de la confiabilidad son los programas de prueba y el sistema de datos. Los programas de prueba deben ser desarrollados durante el ciclo de vida, y tienden a asegurar los objetivos de confiabilidad durante diferentes etapas de uso. Los procedimientos para almacenar datos generados durante todas las fases del ciclo deben ser documentados con suficiente detalle para una completa identificación e integración al sistema. Los programas de prueba comprenden básicamente los siguientes aspectos:

- diseño de soporte
- verificación de diseño
- evaluación del diseño
- aceptación del diseño
- evaluación técnica
- evaluación operativa
- aceptación de producción
- sobrevivencia en el campo
- procedimientos.

Las pruebas de mediciones de confiabilidad son usadas para hacer estimaciones de la confiabilidad de un sistema o de una población de equipos. Para ello, se recurre a estimaciones paramétricas y no paramétricas. Las estimaciones paramétricas son basadas en distribuciones conocidas o asumidas de la característica de interés del sistema. Los parámetros son constantes que describen dicha distribución. Las estimaciones no paramétricas son usadas sin considerar la naturaleza de la distribución de probabilidad, y por lo general, son poco eficientes. Los tres tipos de estimaciones paramétricas más frecuentemente usadas son:

1. Estimación puntual: estimación del valor de una sola medida de confiabilidad
2. Estimación de intervalos: estimación del rango que contiene al verdadero valor del parámetro
3. Estimación de distribución: estimación de parámetros de la distribución de confiabilidad.

### 3.4.5 CONFIABILIDAD Y CURVA CARACTERISTICA DE VIDA.

La confiabilidad ha sido descrita a menudo como "la calidad (5)

en dimensión del tiempo". Las características de la confiabilidad de un producto varían con el tiempo. Una de esas características es el concepto de porcentaje de fallas, que se definirá posteriormente.

La razón de fallas o porcentaje de riesgo, varía con la edad del producto, y tiene tres periodos distintos, como se mencionó en el capítulo I, los cuales se describen con más detalle a continuación (ver figura 1.1):

1. Periodo de falla temprana o de mortalidad infantil. El total de una población o sistema generalmente exhibe una razón de fallas relativamente alta en el principio de su ciclo de vida, la cual decrece rápidamente y se estabiliza en el tiempo  $t_1$ . Este periodo inicial generalmente se denomina "falla temprana o de mortalidad infantil". Existen dentro de la población elementos "débiles" que son los que presentarán fallas desde el principio de su ciclo de vida. A fin de comprender la naturaleza de estas fallas tempranas, algunas de sus causas se indican a continuación:

- mano de obra defectuosa
- control de calidad insuficiente
- materiales defectuosos
- técnicas de manufactura deficientes
- procesamiento y técnicas de manejo deficientes
- problemas de ensamble
- contaminación
- instalación inapropiada
- arranque defectuoso
- error humano
- daño de partes durante embalaje y tránsito
- prácticas de almacenamiento y transportación inadecuadas.

Fundamentalmente estas fallas reflejan la "manufacturabilidad" del producto, y muchas son debidas al modo en que se realiza el control de calidad. Por lo tanto, deben visualizarse durante las revisiones previas al proceso, durante su realización o en pruebas finales de vida, ambiente, etc.

La mayoría de los fabricantes establecen un periodo específico de falla temprana de sus productos, pero la mayoría ocurren en la planta y no son experimentadas por los usuarios, donde sería más costoso fijarlas. La duración de este periodo determina que proporción de dichas fallas ha sido eliminado.

2. Periodo de fallas aleatorias o de vida útil. Después de pasar por el período de falla temprana, la población alcanza su nivel más bajo de porcentaje de fallas, permaneciendo relativamente constante durante el presente período. Este porcentaje está relacionado con la confiabilidad inherente al diseño del producto y es aquí donde la confiabilidad del diseño tiene su mayor peso. Es también el período más significativo para las predicciones sobre confiabilidad y las actividades de evaluación. Algunas de las causas de desperfectos durante este período son de carácter aleatorio, y entre ellas podemos citar:

- bajos factores de seguridad
- cargas aleatorias más altas que las esperadas y sobreesfuerzos generadores de fallas
- resistencia menor que la esperada
- defectos que no pueden detectarse con las mejores técnicas de inspección disponibles
- abuso
- error humano
- fallas que no pudieron observarse durante el período anterior
- fallas no previsibles con las mejores técnicas de conservación preventiva
- causas inexplicables.

3. Periodo de desuso. La mayoría de los productos son diseñados al menos para un período específico de vida útil. El tiempo  $t_1$  indica el final de la vida útil y el comienzo del período de desuso. Después de este punto el porcentaje de fallas se incrementa rápidamente. El deterioro es ocasionado por causas físicas, químicas o de otra índole, como las siguientes:

- corrosión u oxidación
- fricción o fatiga
- envejecimiento y degradación
- prácticas de mantenimiento y servicio deficientes
- prácticas inadecuadas de reparación
- diseño de corta vida
- contracción o agrietamiento.

Un programa de confiabilidad debe considerar estos tres períodos diferentes. Debe advertirse que no todos los productos poseen en su ciclo de vida estas tres etapas. La importancia de éstos depende de las magnitudes de los tiempos  $t_1$  y  $t_2$ , donde  $0 < t_1 < t_2 < \infty$ . Entonces, es posible desarrollar varios tipos de curvas características de vida, dependiendo de los valores de  $t_1$  y  $t_2$ . Las fallas tempranas pueden ser controladas por procedimientos

sistemáticos de exploración visual, control de calidad y pruebas de funcionamiento. Los esfuerzos generados por la aparición de fallas durante el ciclo de vida pueden ser minimizados mediante un diseño adecuado o factores de seguridad altos. Las fallas durante el período de inutilidad pueden ser minimizadas por conservación preventiva y predictiva y políticas de reemplazo.

### 3.5 CONSERVABILIDAD Y DISPONIBILIDAD

La conservabilidad es uno de los parámetros de diseño del sistema que tiene más impacto en su efectividad. Las fallas ocurren sin importar cuán confiable sea el equipo o sistema. La capacidad del sistema para ser sujeto a conservación, es decir, retenido o reestablecido en una condición específica, es a menudo importante para la efectividad y la confiabilidad del mismo. La conservabilidad es una característica de diseño del sistema, como la confiabilidad. Se relaciona con atributos tales como accesibilidad a partes defectuosas, diagnóstico de fallas, reparaciones, puntos de verificación, equipos de prueba y herramientas auxiliares, manuales y fuentes de información, etc. Matemáticamente, la conservabilidad es la probabilidad que el sistema con necesidad de conservación, sea retenido o restablecido a una condición operativa específica dentro de un período de tiempo dado. Sea  $t$  la variable aleatoria que representa el tiempo de reparación. Entonces, la función de conservabilidad  $M(t)$  está dada por

$$M(t) = P [t \leq t]$$

3.39

si el tiempo de reparación sigue una distribución exponencial, entonces la función anterior estará dada por la ecuación 3.1. Adicionalmente se emplean otras medidas para determinar la conservabilidad de un sistema, como el tiempo medio de conservación activa correctiva y el tiempo medio de conservación activa preventiva. Algunas tareas incluidas dentro de la conservación correctiva son las siguientes:

- Localización. Determinación de la ubicación de una falla, sin el empleo de equipo auxiliar
- Aislamiento. Determinación de la localización de una falla mediante el uso de equipo auxiliar
- Desensamble. Desmontaje del equipo para hacer más accesible el componente a ser reemplazado
- Intercambio. Remoción del componente defectuoso e instalación del reemplazo

- Alineamiento. Ejecución de alineamientos, ajustes, reglajes y pruebas necesarias para la reparación

- Verificación. Realización de pruebas para verificar que el equipo se ha restablecido a una condición operativa satisfactoria.

En el siguiente capítulo se tratará con mayor amplitud este punto.

La disponibilidad es el vehículo que traslada las medidas de confiabilidad y conservabilidad en un índice combinado que indica la efectividad de un sistema. Está basado en la pregunta: ¿Está el equipo disponible para una condición operativa cuando es requerido?. El análisis de disponibilidad se emplea para el establecimiento y el balanceo de los requerimientos de confiabilidad y conservabilidad.

Los elementos de tiempo que integran las medidas de disponibilidad son:

1. Tiempo operativo
2. Tiempo en espera (disponible para la operación)
3. Tiempo de parada (incluye tiempos de conservación preventiva, conservación correctiva y tiempos por retrasos administrativos y de logística).

A su vez, las medidas de disponibilidad se dividen en:

a) disponibilidad de ejecución ( $A_a$ ): se emplea para el

desarrollo de pruebas de producción inicial, donde el sistema no opera en el medio ambiente para el cual fue diseñado, y está dado por la expresión siguiente:

$$A_a = \frac{OT}{OT + TPM + TCM} \quad 3.40$$

donde OT: tiempo operativo (Operating Time)

TPM: tiempo total de conservación preventiva  
(Total Preventive maintenance Time)

TCM: tiempo total de conservación correctiva  
(Total Corrective Maintenance Time).

b) disponibilidad operativa ( $A_o$ ): cubre todos los segmentos

de tiempo en los que el sistema debe operar, y está dado por

$$A = \frac{OT + ST}{OT + ST + TPM + TCM + ALDT} \quad 3.41$$

donde ST: tiempo en espera (Standby Time)

ALDT: tiempo por retrasos administrativos y logísticos (Administrative and Logistics Delay Time)

c) disponibilidad intrínseca o inherente (A<sub>I</sub>): en ocasiones

es necesario definir la disponibilidad con respecto al tiempo operativo y de conservación correctiva en un medio ambiente de soporte ideal. Esta forma de disponibilidad, denominada inherente o intrínseca, es empleada para determinar ciertas figuras de mérito del sistema, como frecuencia y tipo de ocurrencia de fallas, reparabilidad y análisis de acciones de conservación. Está dada por la fórmula:

$$A_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTRR} \quad 3.42$$

### 3.6 DESCRIPCION DEL EQUIPO DE COMPUTO DEL TIPO PC-COMPATIBLES Y CPU VAX-VMS 11/730.

#### 3.6.1 COMPUTADORAS PERSONALES COMPATIBLES.

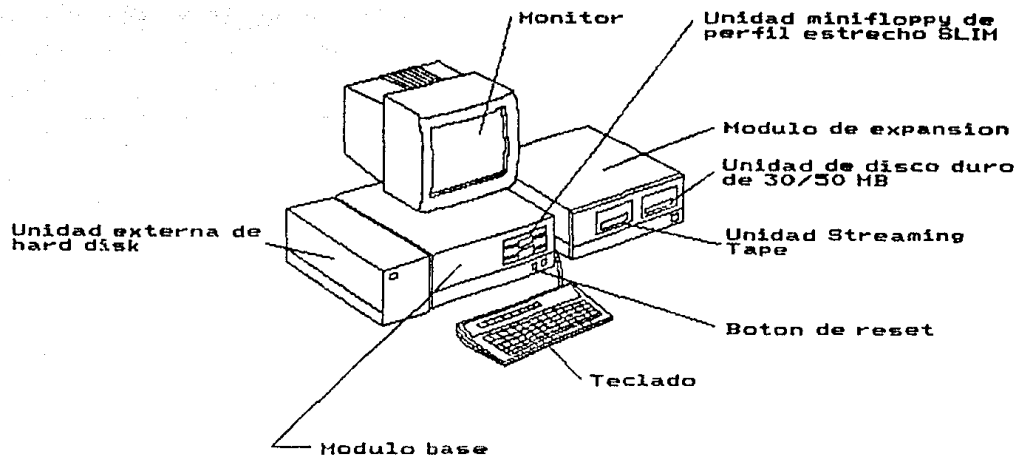
A partir de 1987 y hasta la fecha, la sede México D. F. del Instituto de Investigaciones Eléctricas ha adquirido un total de 43 computadoras personales, entre los modelos M24, M240, M250, M280, M290, M300 y M380 de la marca OLIVETTI. Aún cuando las características de diseño de los diversos componentes que integran dichos equipos varían entre un modelo y otro, básicamente contienen las mismas partes fundamentales, las cuales se describen brevemente a continuación para el modelo M 24 (figura 3.11):

a) Módulo base, que comprende:

- *placa base*, la cual incluye a su vez:

\* unidad central de proceso de datos (CPU), integrada





a)

FIGURA 3.11 PARTES FUNDAMENTALES DE LA COMPUTADORA PERSONAL OLIVETTI M 24.

por un microprocesador Intel 8086-1 de 16-bit con reloj de 10 MHz, y adicionalmente uno periférico de 5 MHz, además de un oscilador a 30 MHz

- \* memoria de lectura/grabación de 128 kb (usando 64 k x 1)
  - \* memoria solo de lectura de 16 kb (usando EPROM 8 k x 8)
  - \* controlador de acceso directo a memoria (8237)
  - \* controlador del bus (8288)
  - \* control de interrupciones (8259)
  - \* timer (3253)
  - \* tiempo real y calendario
  - \* interface para speaker
  - \* interface para teclado (8041 o 8741)
  - \* interface paralela
  - \* interface para comunicación serial (un canal RS 232 asíncrono con el controlador 8250)
  - \* interface para unidades minifloppy (2 unidades con  $\mu$ PD 765)
  - \* batería para calendario.
- *placa controller del display.* Soporta displays monocromáticos o de color, con 32 kb de RAM, donde se memorizan las páginas de video. Puede operar de dos modos diferentes:
- \* alfanumérico (A/N), con los siguientes atributos de hardware: caracter invertido, caracter intermitente, caracter oculto, caracter con alta luminosidad y subrayado; con formatos de 80 x 25 o 40 x 25 caracteres
  - \* gráfico, con las siguientes resoluciones: 640 x 400 pixels monocromático, 640 x 200 pixels monocromático, 320 x 200 pixels en color y 512 x 256 pixels monocromático.

- *placa bus converter*. Efectúa la conversión del bus de 16 bits del CPU al bus de 8 bits compatible con I. B. M. Así mismo, permite una configuración del equipo con siete slots de expansión, en los cuales se pueden instalar placas de expansión compatibles con I. B. M. Los cuatro slots dobles se utilizan para la conexión de placas OLIVETTI. El bus converter se conecta a la placa controller del display, y queda situada en un plano por encima de la placa base.
- *unidad o grupo de alimentación*. Suministra las tensiones necesarias para todas las configuraciones del sistema. Sus características de entrada de C. A. son: 100 a 120 volts  $\pm$  10%, 60 Hz  $\pm$  5%, 2 amperes máximo. Las características de salida en C. D. se resumen en el siguiente cuadro

Cuadro 3.5 Características de salida en C. D. del grupo de alimentación de la Computadora Personal OLIVETTI M24

<u>Voltaje nominal</u> (volts)	<u>Tolerancia</u> %	<u>Corriente mínima</u> (amperes)	<u>Corriente máxima</u> (amperes)	<u>Rizo máximo</u> (mV p-p)
+ 5	$\pm$ 5	6.2	16.8	50
+ 12	$\pm$ 5	0.9	4.5	100
+ 15	$\pm$ 10	1.0	1.8	150
- 12	$\pm$ 5		0.25	100

- *minifloppy de perfil estrecho SLIM*. El dispositivo de soporte magnético a disco flexible de 5.25" de 320 kb forma parte de la familia SLIM (de perfil estrecho); almacena datos en dos caras, a doble densidad con un bajo rango de errores. Controlado por soft-sector.
- *hard-disk SLIM*. El grupo hard-disk es una unidad de memoria magnética con capacidad de 10 MB formateados (12 MB no formateados) y dos discos móviles de 5.25" de diámetro, a acceso casual, con cabezas L/G tipo Winchester. A cada superficie corresponde una cabeza de lectura/grabación. Toda la lógica de grabación, lectura y control está situado sobre una sola placa electrónica. Esta unidad de perfil estrecho (SLIM) se instala en la posición B de minifloppy, por lo que ocupa el mismo espacio que una unidad minifloppy, en el interior del módulo base del sistema.
- *placas de expansión del sistema* (placa controller hard disk, placa para mouse, placa de expansión y opciones

gráficas, etc.)

b) teclado

c) monitor, compuesto por:

- tubo de rayos catódicos
- circuitos de deflexión horizontal
- circuitos de deflexión vertical
- amplificador de video
- circuito de decodificación del modo de funcionamiento
- circuito de alimentación
- yugo deflector

### 3.6.2 UNIDAD CENTRAL DE PROCESO VAX-VMS 11/730.

Como se mencionó anteriormente, en 1987 se instaló en la sede México D. F. del I. I. E. un sistema VAX-VMS 11/730 de la marca DIGITAL EQUIPMENT CO., destinado a satisfacer los requerimientos de procesamiento de datos de los proyectos ahí realizados por la División de Estudios de Ingeniería. El sistema mencionado se compone de las partes siguientes:

- a) unidad central de proceso. Integrada por una computadora microprogramada de 32-bit de alta velocidad que realiza instrucciones en modos nativo y compatible con PDP-11, éstas últimas no privilegiadas. El procesador puede direccionar 4 gigabytes de espacio de dirección virtual, y proveer un conjunto completo de instrucciones sobre decimales integrales, hileras de caracteres y punto flotante. Incluye hardware para administración de memoria, 16 registros generales de 32-bit, 32 niveles de prioridad interrumpida y conexión directa al subsistema de consola. Adicionalmente puede agregarse un acelerador de punto flotante (FPA) que, trabajando en paralelo con el CPU básico, ejecuta un conjunto normalizado de instrucciones de punto flotante, reduciendo el tiempo de realización de éstas y de algunas operaciones aritméticas.
- b) subsistema de consola. El subsistema de consola permite al usuario tener acceso a las diversas prestaciones del sistema, reemplazando los interruptores tradicionales por comandos, además de proporcionar un medio de control operativo (arranque, inicialización, autoprueba, examen y depósito de datos en memoria, etc). El subsistema de consola facilita también la carga del software y los diagnósticos actualizados desde la unidad de cinta TU53.

Cuando el subsistema no se emplea para comunicar instrucciones al CPU, puede funcionar como una terminal más del sistema VAX, lo cual resulta en un ahorro significativo de hardware.

- c) subsistema de memoria principal. Consiste en un controlador y de uno a cinco módulos de arreglo de memoria que emplean circuitos integrados RAM MOS de 64 kbit para almacenamiento de datos. Los módulos de arreglo son de 1 MB cada uno, para proporcionar una capacidad máxima de 5 MB. El código de corrección de error (ECC) permite la corrección de errores de un solo bit, y la detección de todos los errores de doble bit, para asegurar la integridad de los datos.
- d) subsistemas de entrada-salida. Comprende básicamente al subsistema UNIBUS, el cual conecta la mayoría de los dispositivos periféricos de media y baja velocidad al sistema VAX 11/730. Operando como un bus bidireccional asíncrono, el UNIBUS permite al usuario seleccionar entre un amplio rango de equipos periféricos existentes, y provee conexión fácil para dispositivos especiales.

La unidad central de proceso (CPU) es uno de los componentes más importantes del sistema VAX 11/730 (ver apéndice B). Tiene como función principal la ejecución de las operaciones lógicas y aritméticas requeridas por cualquier usuario del sistema. El procesador, que soporta el sistema operativo VAX/VMS, es una computadora microprogramada de 32-bit y óptimo funcionamiento que realiza un conjunto de instrucciones de longitud variable en modo nativo, e instrucciones PDP-11 no privilegiadas en modo compatible.

Tres módulos HEX standard conforman el CPU: el módulo de trayectoria de datos DAP, el módulo de almacenamiento de control escriturable WCS y el módulo del controlador de memoria MCT. Adicionalmente, se incluye al controlador de disco integrado y al acelerador opcional de punto flotante, que consisten cada uno de un módulo HEX standard.

El CPU usa direcciones virtuales de 32-bit, seguida de accesos de 4.3 gigabytes de espacio de dirección virtual. Estas direcciones son denominadas virtuales porque cada dirección no necesariamente es la actual en la memoria física. El administrador de memoria del procesador traslada las direcciones virtuales a direcciones físicas.

El procesador está provisto de 16 registros de 32-bit que pueden ser usados como almacén temporal, acumuladores, registros indexados y registros base. Cuatro de esos registros tienen especial significancia: el contador de programas (PC), el apuntador de grupos (SP), y dos registros que son empleados para

la facilidad extensiva CALL.

El conjunto de instrucciones en modo nativo es altamente versátil y eficiente. Incluye instrucciones para integrador, formato decimal, hilera de caracteres, campo de bits y punto flotante, así como un programa de control e instrucciones especiales, las cuales pueden ser variables en longitud y pueden empezar en cualquier byte límite o, en el caso de los datos de campo de bits, en cualquier bit arbitrario en memoria.

El CPU VAX 11/730 puede procesar las siguientes clases de datos:

- bits (hasta 32)
- bytes (de 8 bits)
- sentencias de 16 bits
- sentencias largas (32 bits)
- "quadwords" (64 bits)
- punto flotante de 32 bit (precisión simple)
- punto flotante de 64 bit (doble precisión)
- punto flotante de 64 bit (doble precisión de rango extendido)
- punto flotante de 128 bit (cuádruple precisión de rango extendido)
- formato decimal (hasta 31 dígitos)
- hileras de caracteres (hasta 64 kb)
- colas

La figura 3.12 ilustra la constitución de esta unidad.

- a) Tecnología de arreglo lógico programado. Los dispositivos de arreglo lógico programado son arreglos lógicos manufacturados en un circuito integrado empleando procesos bipolares TTL Schottky y tecnología de enlace fusible. La elevada densidad lógica del PAL reduce el costo y la cantidad de espacio requerido.

El circuito básico empleado en los PAL consiste en un arreglo programable AND conectado a arreglos OR fijos. En los circuitos PAL de la VAX 11/730, hasta 32 entradas programables AND u 8 entradas OR fijas pueden utilizarse para una salida específica.

Un PAL no programado (con todos los fusibles intactos) es programada primero para determinar las entradas AND a ser empleadas, y entonces se funden los enlaces para las entradas AND no utilizadas. Esto produce la compuerta AND deseada antes de la configuración lógica OR.

- b) Elementos de hardware. A continuación se describe el hardware del procesador VAX 11/730:

Control de almacenamiento de CPU. El microcontrolador del CPU consiste en un microsecuenciador y un control de

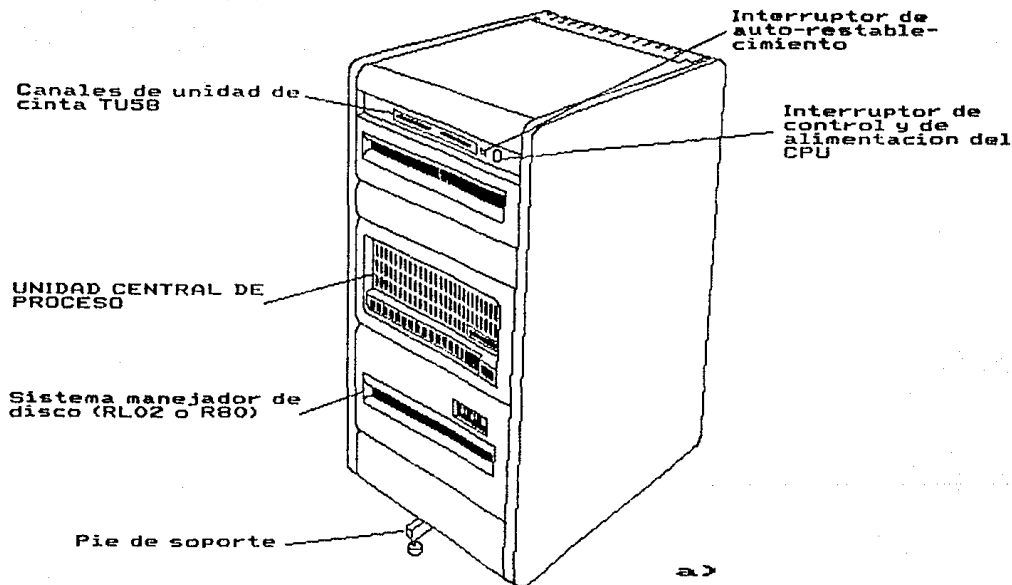
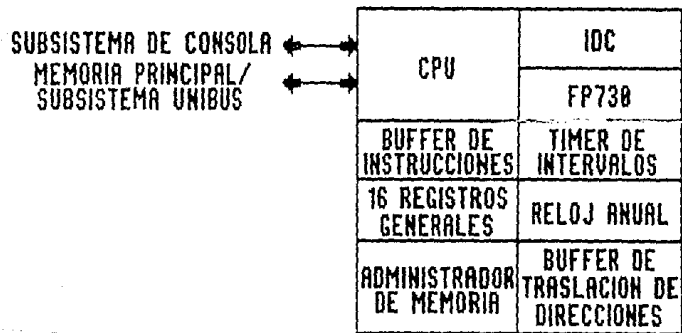


FIGURA 3.12. CONSTITUCION DE LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESO DIGITAL VAX-VMS 11/730.



↳

FIGURA 3.12 CONSTITUCION DE LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESO  
DIGITAL VAX-VMS 11/730



almacenamiento. El control de almacenamiento consiste en una memoria de escritura/lectura programable con una capacidad básica de almacenamiento de 16 k microsentencias de 24-bit. Puede disponerse de 1 k adicional para soporte del controlador integrado de disco.

El control de almacenamiento ejecuta una secuencia de acciones en el CPU para implementar los conjuntos de instrucciones en los modos nativo y compatible con PDP-11. El microcódigo del CPU es cargado al control de almacenamiento desde la unidad de cinta TUS8 durante el arranque del sistema. Cada microinstrucción es de 24 bits y contienen diversas controler de campo para funciones específicas del CPU. La secuencia de microinstrucciones leída por el control de almacenamiento y cargada en el registro de control de almacenamiento (CSR) es determinada por el microsecuenciador.

*Trayectoria interna de datos.* El subsistema de trayectoria interna de datos realiza las operaciones aritméticas y lógicas necesarias para ejecutar el conjunto de instrucciones deseado. Los componentes principales de este subsistema son secciones de procesadores de 4-bit. Cada una de esas secciones está conectada en paralelo para conformar un elemento de procesamiento aritmético y lógico de 32-bits de ancho. El subsistema contiene también una locación de 256 x 32-bit de almacenaje local RAM que incluye, entre otros elementos, los registros generales y algunos de los registros de procesador de arquitectura definida privilegiada. La trayectoria de datos es controlada por un microcódigo ejecutado en el microcontrolador de CPU.

*Buffer de traslación de direcciones.* El buffer de traslación de direcciones contiene las traslaciones de dirección virtual de uso más frecuente. Eso reduce significativamente la cantidad de tiempo empleado por el CPU para tareas repetitivas de traslación de dirección dinámica. El buffer contiene 128 páginas de traslación de dirección virtual a física; 64 traslaciones de espacio del sistema y 64 traslaciones de espacio de proceso. Cada una de esas secciones tiene paridad en cada entrada para un incremento de la integridad.

*Buffer de selección de instrucciones con capacidad de una sentencia larga.* Permite la selección y conservación de la siguiente instrucción de una secuencia mientras la instrucción presente es ejecutada. La lógica de control continuamente selecciona datos de la memoria para

conservar el buffer lleno. En modo nativo, las instrucciones de longitud variable son almacenadas en bytes de posición continua en memoria y son alineadas dentro de los bytes límite. En modo compatible, las instrucciones PDP-11 son de 16 bits, ocupando dos bytes contiguos, y son alineadas dentro de las sentencias límite.

*Medidor de intervalos de tiempo (interval timer) y reloj calendarizado anual.* El procesador VAX 11/730 contiene un medidor de intervalos de tiempo (interval timer) y un reloj calendarizado anual. El primero permite la medición de intervalos finales; mientras que el segundo es empleado por el software para la realización de varias funciones conservadoras de tiempo.

*Controlador de disco integrado.* El controlador de disco integrado (IDC) RB730 actúa como interface entre el drive de disco R80 y uno de los tres drives de disco del sistema RLO2. La transferencia de datos entre el IDC y el CPU es hecha en el bus acelerador y controlada en parte por un microcódigo específico en el CPU. Una sentencia larga de 32-bit del disco de datos es transferida al tiempo, siguiendo la generación de una solicitud de interrupción con procesamiento a micronivel provocada por el IDC. Los almacenes de datos (FIFOs) del IDC proporcionan una capacidad de hasta 1 k en el buffer para datos de escritura/lectura. Adicionalmente a la conexión del bus acelerador, el IDC conecta al UNIBUS para generar interrupciones conjuntamente con las producidas por los dispositivos de transferencia de datos en disco. La conexión IDC-UNIBUS permite monitorear al sistema cuando se produce un fallo en la alimentación de energía.

### 3.7 ANALISIS DE FALLAS EN LOS EQUIPO DE COMPUTO DEL TIPO PC-COMPATIBLES Y CPU VAX-VMS 11/730.

Como se mencionó en el capítulo anterior, el análisis de fallas de los equipos existentes en una empresa representa la realización de una investigación y estudio sistemáticos con el objeto de clarificar los efectos de las causas actuales o potenciales de fallas, sus mecanismos y la probabilidad de ocurrencia durante la operación. Con esto en mente, se procedió a elaborar dicho análisis para los equipos de cómputo del tipo PC-compatibles y para el CPU VAX 11/730 del I.I.E. México, de acuerdo al método que se describe a continuación.

### 3.7.1 SELECCION DE LA MUESTRA.

Para los equipos del tipo PC-compatibles, se consideró lo siguiente:

- número de equipos en existencia
- fecha de instalación
- disponibilidad de información técnica
- existencia de registros de fallas, de labores de conservación, y de entrada-salida de equipo
- representatividad con relación al total de la población

Así, se seleccionó una muestra integrada por 8 equipos PC marca OLIVETTI modelo M 24.

En el caso del CPU VAX 11/730 marca DIGITAL, se consideraron únicamente los dos equipos instalados en esa sede.

### 3.7.2 HISTORIAL DE FALLAS.

Tomando como referencia los registros antes citados, se construyó un historial de fallas para cada uno de los equipos seleccionados, (cuadros 3.6 y 3.7) el cual incluyó:

a) información contenida en el inventario:

- clave de denominación
- tipo de equipo
- marca
- modelo
- ubicación
- departamento a cargo
- fecha de instalación

b) información sobre fallas:

- fecha y hora en que ocurrió la falla
- fecha y hora en que se inició la reparación
- tipo de falla.

En caso de que no fuera factible obtener alguno de estos últimos aspectos, se desarrolló un procedimiento de simulación para generarlos, sin afectar los datos de la muestra, a partir de una serie de cinco pares de números aleatorios  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$

como se anota seguidamente:

1. Primer número aleatorio  $n_1$ : asignación de registros de fallas  
donde no se especificara el equipo en que ocurrió, de acuerdo

CLAVE DEL EQUIPO	FECHA Y HORA EN QUE OCURRIO LA FALLA	FECHA Y HORA EN QUE SE INICIO LA REPARACION DEL EQUIPO	FECHA Y HORA EN QUE SE TERMINO LA REPARACION DEL EQUIPO	TIEMPO ENTRE FALLAS (hrs.)	TIEMPO ENTRE FALLA E INICIO DE REPARACION (hrs.)	TIEMPO DE REPARACION (hrs.)	TIPO DE FALLA
PC008 Olivetti M 24 Dante 36-7 Juridico	10-02-88/09:00			-216.00000			Instalacion
	18-04-88/11:48	18-04-88/11:49	18-04-88/12:50	186.00000	0.01667	1.18667	No da linea al explicar analizador de terminales
	24-05-88/10:50	24-05-88/11:24	25-05-88/11:24	205.80000	0.56667	8.18667	Escribe basura
	23-06-88/11:57	23-06-88/15:58	30-06-88/15:05	165.21667	4.68333	40.35000	Falla en el teclado
	02-08-88/14:02	03-08-88/16:36	17-08-88/16:36	182.08667	15.58667	89.00000	No enciende
	20-12-88/17:00			712.40000			Periodo vacacional
	21-02-89/12:31	21-02-89/12:07	09-03-89/12:05	291.58667	7.80000	88.80000	Falla en el puerto serial; se pagan las teclas
	07-12-89/15:38	07-12-89/16:17	20-12-89/14:26	182.71667	0.25000	70.20000	Se le va la imagen
	20-12-89/17:00			2.58667			Periodo vacacional
	02-01-90/05:00						Inicio de actividades anual
28-02-90/17:00			136.00000			Fin de periodo de estudio	
PC009 Olivetti M 24 Dante 36-6 Mecanico	06-09-87/07:00			-1444.00000			Instalacion
	20-12-89/17:00			608.00000			Periodo vacacional
	02-01-90/09:00			336.00000			Inicio de actividades anual
	28-02-90/17:00						Fin de periodo de estudio
PC013 Olivetti M 24 Dante 36-6 Mecanico	14-01-87/09:00			-64.00000			Instalacion
	18-12-87/17:00			1944.00000			Periodo vacacional
	10-02-88/11:38	11-02-88/12:55	11-02-88/16:31	218.63333	9.28333	3.80000	Marca "no circuit"
	28-04-88/15:53	29-04-88/10:02	11-05-88/15:31	439.36667	2.15000	69.60000	Falla en el suministro de energia electrica
	23-06-88/16:07	27-06-88/14:46	18-07-88/12:22	248.48333	14.65000	117.60000	Falla en el suministro de energia electrica
	25-07-88/10:07	25-07-88/15:34	26-07-88/15:19	37.35000	5.45000	5.75000	Falla en el suministro de energia electrica
	14-10-88/09:05	17-10-88/11:00	28-10-88/11:00	459.76667	9.91667	72.00000	No responde CTRL P (problemas en tabletas)
	20-12-88/17:00			302.00000			Periodo vacacional
	06-02-89/12:17	06-02-89/14:36	07-02-89/14:36	263.28333	2.31667	8.00000	Falla en la fuente de alimentacion
	07-02-89/14:38	08-02-89/15:29	28-02-89/15:29	6.03333	8.85000	112.00000	Reparacion de DMA y revision de zumbido en disco duro
	28-02-89/15:31	28-02-89/16:14	17-03-89/15:26	6.83333	0.71667	103.20000	No reconoce al drive A:)
	20-03-89/15:29	21-03-89/16:02	23-03-89/09:38	8.05000	8.55000	9.60000	No enciende
	20-12-89/17:00			1859.36667			Periodo vacacional
02-01-90/09:00						Inicio de actividades anual	
28-02-90/17:00			336.00000			Fin de periodo de estudio	
PC014 Olivetti M 24 Dante 36-6 Mecanico	03-10-88/09:00			-1510.00000			Instalacion
	20/12-88/17:00			458.00000			Periodo vacacional
	28-04-89/12:07	01-05-89/10:22	19-05-89/09:58	675.16667	6.25000	111.60000	Falla en el suministro de energia electrica
	23-04-89/10:22	27-04-89/16:12	14-07-89/09:24	200.40000	21.83333	97.20000	Falla en el suministro de energia electrica
	25-07-89/08:19	25-07-89/11:29	26-07-89/09:14	55.19667	2.16667	5.75000	Falla en el suministro de energia electrica
	20-12-89/17:00			847.76667			Periodo vacacional
	02-01-90/09:00						Inicio de actividades anual
28-02-90/17:00			336.00000			Fin de periodo de estudio	

Cuadro 3.6 Historial de fallas en computadoras personales Olivetti M24 del IIE México.

CLAVE DEL EQUIPO	FECHA Y HORA EN QUE OCURRIÓ LA FALLA	FECHA Y HORA EN QUE SE INICIÓ LA REPARACIÓN DEL EQUIPO	FECHA Y HORA EN QUE SE TERMINÓ LA REPARACIÓN DEL EQUIPO	TIEMPO ENTRE FALLAS (hrs.)	TIEMPO ENTRE FALLA E INICIO DE REPARACIÓN (hrs.)	TIEMPO DE REPARACIÓN (hrs.)	TIPO DE FALLA	
PC016 Dilvetti N 24 Dante 36-5 Electrico	10-02-07/09:00			-216.00000			Instalacion	
	17-06-07/14:46	20-08-07/14:07	07-09-07/10:31	1077.76667	23.75000	92.40000	No responde	
	18-12-07/17:00			508.48333			Periodo vacacional	
	09-02-08/11:34	10-02-08/12:55	27-02-08/12:31	210.58667	9.75000	67.60000	Verificacion de funcionamiento	
	14-03-08/16:30	15-02-08/10:12	27-07-08/17:00	124.21667	1.38667	46.80000	Falla en el suministro de energia electrica	
	24-06-08/09:34	24-06-08/12:34	30-06-08/13:34	536.58667	4.00000	11.00000	Falla en el ventilador y en disco duro	
	25-07-08/11:30	25-07-08/12:10	25-07-08/14:45	174.26667	0.33333	2.38333	Falla en el suministro de energia electrica	
	13-09-08/12:22	13-09-08/15:14	14-09-08/15:28	295.41667	2.96667	8.40000	Contercrueto	
	13-10-08/11:48	15-10-08/13:10	13-10-08/13:15	184.16667	1.38667	9.08333	Falla en el suministro de energia electrica	
	20-12-08/17:00			189.75000			Periodo vacacional	
	10-01-09/11:10	10-01-09/15:38	10-01-09/16:08	50.16667	4.48667	0.50000	No se habia instalado	
	30-05-09/12:36	31-05-09/16:31	15-06-09/09:19	786.46667	11.91667	64.80000	No enciende	
	20-12-09/17:00			1095.83333			Periodo vacacional	
	02-01-10/09:00						Inicio de actividades anual	
	28-02-10/17:00			376.00000			Fin de periodo de estudio	
PC022 Dilvetti N 24 Dante 36-2 Personas	10-02-08/09:00			-216.00000			Instalacion	
	08-06-08/11:48	08-06-08/11:58	18-06-08/12:28	682.80000	6.16667	0.50000	Estaba sucia	
	22-04-08/12:31	23-04-08/11:58	05-07-08/12:46	80.50000	7.45000	64.80000	Saturada de informacion	
	24-06-08/12:12	24-06-08/16:46	24-06-08/16:56	287.43333	4.56667	4.56667	No enciende	
	05-10-08/09:19	05-10-08/10:26	13-10-08/10:26	232.38333	1.11667	48.00000	No enciende	
	20-12-08/17:00			290.58667			Periodo vacacional	
	19-06-09/12:46	21-06-09/12:24	03-07-09/14:12	963.76667	16.63333	64.80000	No enciende	
	20-12-09/17:00			978.80000			Periodo vacacional	
		02-01-10/09:00						Inicio de actividades anual
		28-02-10/17:00			336.00000			Fin de periodo de estudio
	PC024 Dilvetti N 24 Leibnitz 14-7 Direccion Ejec.	25-01-09/09:00			-120.00000			Instalacion
		16-02-09/15:43	11-02-08/16:31		94.71667	8.80000	21.60000	Reparacion de modulo base
		20-12-08/17:00			1782.83333			Periodo vacacional
19-01-09/13:29		19-01-09/15:58	20-01-09/16:08	108.48333	2.48333	8.16667	No entra el sistema	
20-12-09/17:00				1904.86667			Periodo vacacional	
		02-01-10/09:00						Inicio de actividades anual
		28-02-10/17:00			336.00000			Fin de periodo de estudio
PC025 Dilvetti N 24 Leibnitz 14-ph Direccion Ejec.		27-01-07/09:00			-144.00000			Instalacion
		18-12-07/17:00			1864.00000			Periodo vacacional
		04-01-08/09:00			2016.00000			
		20-12-08/17:00						
		19-04-05/12:56	19-04-05/12:46	21-04-05/11:24	619.83333	1.43333	10.80000	Falla en la placa base
		20-12-09/17:00			1289.43333			Periodo vacacional
		02-01-10/09:00						Inicio de actividades anual
		28-02-10/17:00			336.00000			Fin de periodo de estudio

Cuadro 3.6 Continuación.

CLAVE DEL EQUIPO	FECHA Y HORA EN QUE OCURRIÓ LA FALLA	FECHA Y HORA EN QUE SE INICIO LA REPARACION DEL EQUIPO	FECHA Y HORA EN QUE SE TERMINO LA REPARACION DEL EQUIPO	TIEMPO ENTRE FALLAS (hrs)	TIEMPO ENTRE FALLA E INICIO DE REPARACION (hrs.)	TIEMPO DE REPARACION (hrs.)	TIPO DE FALLA
CPU 001 DIGITAL VAX 11/730 Dante 36-7 Est. de Ingeniería Instalada en Palмира el 15-09-84; reinstalada en Mexico el 12-09-88;	03-08-87/12:26	06-08-87/11:00	21-08-87/11:48	1211.60000	22.40066	88.90000	Caida del sistema
	29-09-87/10:17	29-09-87/14:50	20-10-87/11:14	214.48333	4.55000	116.40000	Recarga del sistema
	10-12-87/17:00			349.76667			Periodo vacacional
	09-05-88/15:19	10-05-88/10:12	10-05-88/12:26	726.31667	2.88333	2.40000	Caida del sistema
	20-05-88/11:34	20-05-88/12:50	20-05-88/14:06	62.95557	1.26667	1.26667	Falla en el suministro de energia electrica
	30-05-88/12:26	30-05-88/14:26	30-05-88/16:26	46.33333	2.30000	2.30000	Caida del sistema
	04-07-88/10:17	04-07-88/14:41	05-07-88/11:02	193.85000	4.40000	4.40000	Falla en el suministro de energia electrica
	11-07-88/09:24	11-07-88/12:12	15-07-88/12:12	30.31667	2.80000	2.80000	Caida del sistema
	18-07-88/14:36	18-07-88/16:36	19-07-88/17:00	16.40000	2.00000	2.00000	Falla en el suministro de energia electrica
	08-08-88/10:12	08-08-88/15:34	08-08-88/16:10	105.70000	5.35667	0.61000	Falla en el suministro de energia electrica
	15-08-88/17:43	15-08-88/14:22	17-08-88/16:22	37.75000	0.85000	18.00000	Caida del sistema
	13-09-88/15:38	14-09-88/11:14	15-09-88/11:56	151.26667	7.42000	8.80000	No hay acceso al servicio
	04-10-88/10:31	04-10-88/11:19	07-10-88/10:07	102.68333	16.80000	6.80000	Falla en tarjeta D1-11
	14-10-88/10:31	14-10-88/10:32	14-10-88/10:44	40.40000	0.21667	0.20000	Falla en el suministro de energia electrica
	28-11-88/11:29	28-11-88/15:34	29-11-88/12:10	248.75000	4.88333	5.80000	No hay acceso al servicio
	05-12-88/11:05	05-12-88/15:14	05-12-88/15:38	38.91667	2.15000	2.40000	No hay interconexion con nodo BETA
	13-12-88/10:22	13-12-88/14:55	13-12-88/15:07	42.73333	4.55000	0.20000	No hay interconexion con nodo BETA
	14-12-88/09:10	14-12-88/09:24	14-12-88/09:26	2.05000	0.23333	0.20000	No hay interconexion con nodo BETA
	20-12-88/17:00			39.40000			Periodo vacacional
	20-01-89/13:29	23-01-89/16:31	04-02-89/12:07	116.48333	11.03333	75.40000	Falla en la unidad de cinta TK50
06-02-89/13:05	04-02-89/14:50	04-02-89/15:38	6.76667	0.80000	1.75000	No funciona	
15-02-89/14:22	15-02-89/16:50	14-02-89/09:38	54.73333	2.46667	4.80000	Falta cinta de respaldo	
02-05-89/10:50	02-05-89/11:19	19-05-88/15:19	425.20000	6.48333	108.00000	Falla en tarjetas 8389, 8390, 8391, 8394, 8750, unidad de cinta TK50, controlador de disco y tarjetas de memoria (2)	
19-07-89/12:26	19-07-89/13:34	19-07-89/14:22	341.28333	0.96667	0.80000	Caida del sistema	
21-08-89/15:34	24-08-89/10:31	29-08-89/14:07	195.20000	18.95006	27.60000	Falla en interfaz SCSI (tarjeta modular)	
31-08-89/09:53	31-08-89/16:50	01-09-89/10:50	11.76667	6.95000	2.60000	Falla en ventiladores IAC Buser (3) Falla en tarjetas controladoras de disco (2) Falla en tarjetas M7792, M7793, SC31, M8201, M8203	
20-12-89/17:00			630.16667			Periodo vacacional	
02-01-90/09:00						Inicio de actividades anual	
28-02-90/17:00			336.00000			Fin de periodo de estudio	
CPU 002 DIGITAL VAX 11/730 Leibnitz 20-6 Inst. y Control	16-06-88/09:00			-944.00000			Instalacion
	04-07-88/10:26	04-07-88/15:34	15-07-88/13:10	97.43333	5.13333	89.60000	Se apaga constantemente
	20-12-88/17:00			896.83333			Periodo vacacional
	02-01-89/09:00						Inicio de actividades anual
	20-12-89/17:00			2024.00000			Periodo vacacional
	05-02-90/09:24	08-02-90/15:53	12-02-90/11:53	192.40000	30.48333	12.00000	Tarjeta 22-11 dañada
12-02-90/12:12	12-02-90/14:55	13-02-90/13:19	6.31667	2.71667	6.40000	Daño en el sistema operativo	
28-02-90/17:00			91.68333			Fin de periodo de estudio	

Cuadro 3.7 Historial de fallas en unidades centrales de proceso Digital VAX 11/730 del IIE México.

a los rangos citados en el cuadro 3.8

Cuadro 3.8 Rangos de números aleatorios para la asignación de registros de fallas incompletos a equipos PC Olivetti M 24 y CPU VAX 11/730

Rango para el primer número aleatorio $n_1$	Equipo al que se asigna la falla
Computadoras personales Olivetti M 24	
$00 \leq n_1 \leq 11$	PC 008
$12 \leq n_1 \leq 23$	PC 009
$24 \leq n_1 \leq 36$	PC 013
$37 \leq n_1 \leq 49$	PC 014
$50 \leq n_1 \leq 62$	PC 016
$63 \leq n_1 \leq 75$	PC 022
$76 \leq n_1 \leq 87$	PC 024
$88 \leq n_1 \leq 99$	PC 025
CPU DIGITAL VAX 11/730	
$0 \leq n_1 \leq 49$	CPU 001
$0 \leq n_1 \leq 99$	CPU 002

2. Segundo número aleatorio  $n_2$  : Estimación de tiempo de

reparación, estableciendo dicho número como un porcentaje del tiempo máximo registrado (3 semanas o 120 hrs.)

3. Tercer número aleatorio  $n$  : Estimación de la fecha de inicio <sup>3</sup> de reparación, estableciendo dicho número como un porcentaje del tiempo máximo de inicio de reparación registrado (1 semana o 40 hrs.)
4. Cuarto número aleatorio  $n$  : Estimación de la hora de inicio de <sup>4</sup> reparación, estableciendo dicho número como un porcentaje del total de la jornada de trabajo de la Unidad de Conservación y Reparación (de las 09:00 a las 17:00 hrs.)
5. Quinto número aleatorio  $n$  : Estimación de la hora en que <sup>5</sup> ocurrió la falla, estableciendo dicho número como un porcentaje del total de la jornada de trabajo de la sede en México D. F. (de las 09:00 a las 17:00 hrs.)

Adicionalmente, y a partir de esos datos, se completó el historial calculando:

- fecha y hora de terminación de reparación
- tiempo entre fallas, en horas
- tiempo entre aparición de la falla e inicio de reparación, en horas.
- horas reales de operación por año (entre enero de 1987 y febrero de 1993).

### 3.3.3 ANALISIS DE DATOS.

El análisis de datos comprendió estimaciones paramétricas puntuales (estimación de la vida media o MTBF), de intervalos (intervalos de confianza para el MTBF), y de distribución (determinación del modelo de distribución para el tiempo entre fallas de los equipos incluidos en la muestra), además del establecimiento de la función de confiabilidad del sistema  $R(t)$ , y las disponibilidades operativa (A) y de ejecución (A').



### 3.7.3.1 DETERMINACION DEL MODELO DE DISTRIBUCION DEL TIEMPO ENTRE FALLAS.

De acuerdo a lo establecido en los incisos 3.4.2 y 3.4.3, se elaboró la hipótesis de que el modelo de distribución del tiempo entre fallas para los equipos en cuestión era exponencial. Para comprobar esto se procedió a examinar la validez de dicha hipótesis mediante el estadístico de Bartlett dado por la expresión

$$2r \left[ \ln \left[ \frac{t}{r} \right] - \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \ln x_i \right]$$

$$B = \frac{\text{-----}}{r(1 + (r + 1)/6r)} \quad 3.43$$

donde  $x_i$  : variable aleatoria que representa el tiempo anterior a la falla

$r$  : número de fallas

$$t = \sum_{i=1}^r x_i$$

Bajo la hipótesis de la distribución exponencial, el estadístico B tiene una distribución chi cuadrada con  $r - 1$  grados de libertad, y la prueba de hipótesis que corresponde es de dos colas, con una región crítica dada por:

$$\chi^2_{1-\alpha/2, r-1} < B < \chi^2_{\alpha/2, r-1} \quad 3.44$$

a) Computadoras Personales Olivetti M 24. Considerando que no todos los elementos de la muestra fueron instalados en fecha similar, y por lo tanto no poseen tiempos de utilización iguales, se procedió a seleccionar una submuestra que incluyera al mayor número de equipos, y cuyo historial fuera suficientemente amplio. Así, se seleccionaron aquellos equipos cuya instalación fuera anterior al 10 de febrero de 1985. El periodo de estudio abarca desde esta fecha hasta el 28 de febrero de 1990, es decir, 460 hrs. Los datos obtenidos se listan a continuación.

Cuadro 3.9 Estudio de fallas en computadoras personales Olivetti M 24

Clave	Horas transcurridas desde el inicio del periodo de estudio hasta que ocurrió la falla
PC 000	386.8, 593.83334, 770.80335, 997.03335, 2091.56667, 3750.68136
PC 013	2.63333, 454.88333, 775.11666, 945.11666, 1416.08333, 2003.28333, 2013.63333, 2134.51666, 2246.48333
PC 016	0, 191.83334, 776.56666, 946.83335, 1235.36668, 1410.80002, 1850.16669, 2651.60003
PC 022	682.8, 763.96667, 1123.65, 1360.76667, 2764.21668
PC 024	6.71667, 1908.48334
PC 025	2419.83333

Dado que los datos son de equipos similares, podemos considerar que provienen de un equipo "equivalente" con una razón de fallas seis veces mayor. De este modo, y aplicando la prueba de Bartlett, tenemos:

$$r = 30$$

$$t = 40676.1502$$

r

$$\sum_{i=1} \ln x_i = 201.3349155$$

$$v = r - 1 = 29$$

$$2(30) \left[ \ln \left[ \frac{40676.1502}{30} \right] - \frac{1}{30} (201.3349155) \right]$$

$$B = \frac{\dots}{30} = 25.64544342$$

30

$$1 + 31/180$$

Con un grado de confianza del 95% tenemos:

$$\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0.025$$

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.975$$

$$\chi^2_{\alpha/2, v} = 45.722$$

$$\chi^2_{1-\alpha/2, v} = 16.047$$

como  $16.047 < 25.64544342 < 45.722$ , se acepta la hipótesis de que el modelo del tiempo entre fallas es exponencial.

b) CPU DIGITAL VAX 11/730. Estos equipos se analizaron individualmente, considerando que la muestra se reducía a sólo dos elementos. Así, procediendo de manera similar al análisis anterior, tenemos:

Cuadro 3.10 Estudio de fallas en el CPU DIGITAL VAX 11/730

Clave	Número de horas entre fallas	Periodo de estudio
CPU 001	1211.6, 325.68333, 1197.03334, 68.25, 48.96667, 197.68, 39.11667, 45.8, 115.8, 43.71667, 169.91667, 114.88333, 64, 248.96667, 39.6, 47.28333, 6.8, 158.31667, 87.59999, 57.28333, 428.46667, 448.76667, 186.96667, 58.31667	02-01-87 a 28-02-90 (6384 hrs.)
CPU 002	97.43333, 3288.39999, 42.8	16-06-88 a 28-02-89 (3432 hrs.)

- CPU 001:

$$r = 24$$

$$t_r = 5409.03333$$

$$\Sigma \ln x_i = 113.4242889$$

$$v = r - 1 = 23$$

$$2(24) \left[ \ln \left[ \frac{5409.03333}{24} \right] - \frac{1}{24} (113.4242889) \right]$$

$$B_{24} = \frac{\quad}{1 + 25/144} = 28.29256674$$

Con un grado de confianza del 95% tenemos:

$$\chi^2_{\alpha/2, v} = 38.076$$

$$\chi^2_{1-\alpha/2, v} = 11.689$$

puesto que  $11.689 < 28.29256674 < 38.076$ , se acepta la hipótesis de que el modelo del tiempo entre fallas en este equipo es exponencial.

- CPU 002:

$$r = 2$$

$$t_r = 3428.63332$$

$$\sum_{i=1} \ln x_i = 16.43386$$

$$v = r - 1 = 2$$

$$2(3) \left[ \ln \left[ \frac{3428.63332}{3} \right] - \frac{1}{3} (16.43386) \right]$$

$$B = \frac{\quad}{3 \quad 1 + 25/144} = 8.040092862$$

Con un grado de confianza del 95% tenemos:

$$\chi^2_{\alpha/2, v} = 7.378$$

$$\chi^2_{1-\alpha/2, v} = 0.0506$$

como  $8.040092862 > 7.378$ , se rechaza la hipótesis al nivel de significancia de 0.05, pero al nivel de 0.02 (grado de confianza del 98%), se tiene

$$\chi^2_{\alpha/2, v} = 9.210$$

$$\chi^2_{1-\alpha/2, v} = 0.0201$$

y puesto que  $0.0201 < 8.040092862 < 9.210$ , se acepta la hipótesis a este nivel de significancia. Esto significa que el modelo verdadero difiere de la distribución exponencial, pero no lo suficiente como para que se justifique la búsqueda de otro.

### 3.7.3.2 ESTIMACION DE LA VIDA MEDIA (MTBF).

En el modelo exponencial, la vida media o MTBF, descrita por la fórmula 3.38, también puede expresarse como:

$$\hat{\theta} = \frac{T}{r} \quad 3.45$$

donde T: tiempo total acumulado del periodo de prueba para todos los equipos, partes o componentes, incluyendo los que han fallado y los que no han fallado

r: número total de fallas ocurridas en el periodo de prueba

La simplicidad de su cálculo ha contribuido enormemente a la popularidad de esta distribución. Así, aplicando dicha definición, tenemos:

- Computadoras personales Olivetti M 24: Considerando que la muestra estaba constituida por seis equipos y que cada uno fue estudiado durante un periodo de 4160 hrs, se tiene

$$T = (6 \text{ máquinas})(4160 \text{ hrs/máquina}) = 24960 \text{ hrs}$$

$$r = 30 \text{ fallas}$$

$$\hat{\theta} = \frac{24960}{30}$$

$$\hat{\theta} = \frac{24960}{30} = 832 \text{ hrs}$$

- CPU VAX 11/730. Como cada equipo se estudio por separado, se tiene

CPU 001:

$$T = 6384 \text{ hrs}$$

$$r = 24 \text{ fallas}$$

$$\hat{\theta} = \frac{6384}{24}$$

$$\hat{\theta} = \frac{6384}{24} = 266 \text{ hrs}$$

CPU 002:

$$T = 3432 \text{ hrs}$$

$r = 3$  fallas

$\hat{\theta} = 3432$

$\theta = \frac{\hat{\theta}}{3} = 1144$  hrs

### 3.7.3.3 INTERVALOS DE CONFIANZA PARA EL MTBF.

A continuación se desarrollan los intervalos de confianza para la vida media del modelo considerado, estableciendo límites y asumiendo una vida mínima igual a cero. Para ello, considérese primero una situación de prueba donde los tiempos entre fallas  $x_1, x_2, \dots, x_r$  ( $r \leq n$ ) son registrados.

En este caso, la razón  $2r\hat{\theta}/\theta$  sigue una distribución chi cuadrada con  $2r$  grados de libertad. Entonces, puede demostrarse que

$$P \left[ \chi^2_{1-\alpha/2, 2r} \leq \frac{2r\hat{\theta}}{\theta} \leq \chi^2_{\alpha/2, 2r} \right] = 1 - \alpha \quad 3.46$$

La fórmula anterior puede expresarse también como

$$\frac{2T}{\chi^2_{\alpha/2, 2r}} \leq \theta \leq \frac{2T}{\chi^2_{1-\alpha/2, 2r}} \quad 3.47$$

donde  $T = r\hat{\theta}$ .

Suponiendo un nivel de confianza del 95% en todos los casos, se tiene:

- Computadoras personales Olivetti M 24:

$T = 24960$  hrs

$\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025 \quad 1 - \alpha/2 = 0.975$

$2r = 60$

$$\chi^2_{0.025, 60} = 40.5$$

$$\chi^2_{0.975, 60} = 83.3$$

$$\frac{2(24960)}{83.3} \leq \theta \leq \frac{2(24960)}{40.5}$$

$$599.2797119 \text{ hrs} \leq \theta \leq 1232.592593 \text{ hrs}$$

- CPU VAX 11/730

CPU 001:

$$T = 6384 \text{ hrs}$$

$$\alpha = 0.05$$

$$\alpha/2 = 0.025 \quad 1 - \alpha/2 = 0.975$$

$$2r = 48$$

$$\chi^2_{0.025, 48} = 68.52451692$$

$$\chi^2_{0.975, 48} = 30.31708308$$

$$\frac{2(6384)}{68.52451692} \leq \theta \leq \frac{2(6384)}{30.31708308}$$

$$186.3274719 \text{ hrs} \leq \theta \leq 421.1466956 \text{ hrs}$$

CPU 002:

$$T = 3432 \text{ hrs}$$

$$\alpha = 0.05$$

$$\alpha/2 = 0.025 \quad 1 - \alpha/2 = 0.975$$



$$2r = 6$$

$$\chi^2_{0.025, 6} = 14.4$$

$$\chi^2_{0.975, 6} = 1.24$$

$$\frac{2(3432)}{14.4} \leq \theta \leq \frac{2(3432)}{1.24}$$

$$476.6666667 \text{ hrs} \leq \theta \leq 5535.483871 \text{ hrs}$$

### 3.7.3.4 ESTIMACIONES DE CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD.

La función de confiabilidad para una distribución exponencial está dada por la fórmula 3.36, que reproducimos seguidamente:

$$R(t) = e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0$$

donde, según 3.38:

$$MTBF = \theta = \frac{1}{\lambda}$$

Los intervalos de confianza para la función de confiabilidad pueden obtenerse a partir de 3.47, es decir, si U y L son respectivamente, los límites de confianza superior e inferior de  $\theta$ , entonces los intervalos de confianza para la función de confiabilidad estarán dados por:

$$e^{-t/L} \leq R(t) \leq e^{-x/U} \quad 3.48$$

Aplicando las expresiones anteriores, tenemos:

- Computadoras personales Olivetti M 24:

$$R(t) = e^{-(1/832)t} = e^{-0.001201923077 t}$$

$$e^{-(1/599.2797119)t} \leq R(t) \leq e^{-(1/1232.592593)t}$$

$$e^{-0.001668669872 t} \leq R(t) \leq e^{-0.008112980767 t}$$

- CPU VAX 11/730:

CPU 001:

$$R(t) = e^{-(1/266)t} = e^{-0.003759398496 t}$$

$$e^{-(1/186.3274719)t} \leq R(t) \leq e^{-(1/421.1486958)t}$$

$$e^{-0.005366895122 t} \leq R(t) \leq e^{-0.002374458261 t}$$

CPU 002:

$$R(t) = e^{-(1/1144)t} = e^{-0.0008741258741 t}$$

$$e^{-(1/476.6666667)t} \leq R(t) \leq e^{-(1/5535.483871)t}$$

$$e^{-0.002097902098 t} \leq R(t) \leq e^{-0.0001806526807 t}$$

Para la determinación de las disponibilidades operativa y de ejecución (A y A<sub>o</sub>), se procedió al cálculo de las variables

señaladas en las expresiones 3.40 y 3.4, considerando esta vez la totalidad de la muestra seleccionada de computadoras personales y CPU. Los resultados obtenidos se muestran en los cuadros 3.11 y 3.12, resumiéndose en el cuadro 3.13. Nótese que:

- los intervalos de tiempo, dados en horas, provienen del historial de fallas correspondiente
- los periodos de análisis difieren según la fecha de instalación del equipo
- durante el periodo comprendido entre el 2 de enero y el 28 de febrero de 1990 no se observó falla alguna ni labores de conservación preventiva en computadoras personales (de ahí una disponibilidad del 100%)
- las computadoras personales sólo operan, en promedio, un 25% del total de la jornada considerada (de 09:00 a 17:00 hrs), mientras que las unidades centrales de proceso



CLAVE DEL EQUIPO	AÑO	TIEMPO ENTRE FALLAS (hrs)	TIEMPO ENTRE FALLA E INICIO DE REPARACION (hrs)	TIEMPO DE REPARACION (hrs)	DT	ST	TFH	TC*	ALBI	A	A	A*	A*		
										A	O	A	O		
PC016	1987	-216.00000													
Olivetti M 24		1077.76667	23.35000	52.40000	269.4416		808.3250								
Dante 36-5		598.48333			149.6208	419.0625	448.8624	1241.187	16	92.4	23.35	79.44877	92.64787		
Electrico	1988	210.56667	9.35000	0.80000	52.84165		157.9250								
		174.31667	1.36667	46.80000	21.87916		92.23750								
		538.56667	4.00000	32.00000	134.1416		402.4250								
		134.26667	0.33333	2.98333	33.56666		190.7000								
		355.61667	2.96667	6.40000	71.40416		234.2125								
		164.16667	1.36667	0.08333	41.04166		113.1250								
		387.75000		98.83333	460.8125	290.8125	1366.437	16	153.4666	19.28334	73.11244	96.63740			
	1989	50.16667	4.48667	0.50000	12.56166		37.62500								
		796.46667	11.91667	64.80000	139.1166		597.2500								
		1075.68333			272.9208	452.5791	821.7624	1449.737	16	65.3	16.38334	84.80030	95.09621		
	1990	336.00000			84	84	252	252	0	0	0	100	100	84.34678	94.59237
PC022	1988	-216.00000													
Olivetti M 24		682.80000	0.16667	0.50000	176.7		512.1								
Dante 36-2		80.50000	7.45000	44.80000	20.1125		60.3375								
Personal		287.43333	4.56667	0.16667	71.85833		215.5749								
		232.38333	1.11667	48.00000	56.95827		174.2874								
		390.56667		97.64166	418.4208	292.9250	1237.762	16	111.4666	13.30001	76.36984	92.07050			
	1989	963.76667	16.83333	64.80000	246.9416		722.8250								
		976.80000			244.7	485.6416	734.1	1440.925	16	64.8	16.63333	85.73551	95.19610		
	1990	336.00000			84	84	252	252	0	0	0	100	100	87.36845	95.75220
PC024	1988	-126.00000													
Olivetti M 24		94.71667	8.80000	21.60000	23.67916		71.03750								
Leibnitz 14-7		1762.88333			446.7208	484.4	1322.162	1377.2	16	21.6	8.8	92.50996	97.54237		
Direccion Ejec.	1989	168.48333	2.48333	8.16667	27.12083		81.36249								
		1904.81667		476.2166	471.3375	1428.650	1494.012	16	8.16667	2.48333	95.12781	98.66214			
	1990	336.00000			84	84	252	252	0	0	0	100	100	95.87759	98.73484
PC025	1987	-144.00000													
Olivetti M 24		1864.00000			466	466	1399	1282	16	0	0	96.68049	99.14163		
Leibnitz 14-ph															
Direccion Ejec.	1988	2016.00000			504	504	1512	1496	16	0	0	96.92307	99.20634		
	1989	619.83333	3.43333	16.80000	154.9583		464.8149								
		1389.43333			347.3583	562.3166	1042.274	1490.949	16	16.8	3.93333	94.93465	96.48155		
	1990	336.00000			84	84	252	252	0	0	0	100	100	97.13463	99.20718

Cuadro 3.11 Continuación.

CLAVE DEL EQUIPO	AÑO	TIEMPO ENTRE FALLAS (hrs)	TIEMPO ENTRE FALLO E INICIO DE REPARACION	TIEMPO DE REPARACION (hrs.)	DT	ST	TFM	TCM	ALDT	A <sub>a</sub>	A <sub>c</sub>	A <sub>b</sub>	A <sub>d</sub>	A <sub>e</sub> (equipo)	A <sub>f</sub> (equipo)
EPU 001	1987	1211.60000	22.43000	88.80000										94.0920189	91.780721
DIGITAL VAX 11/730		214.48333	4.55000	116.40000											
Dante 36-7		245.76667			1756.85	0	16	205.2	26.95	88.82420	87.64193				
Est. de Ingeniería (instalada en Pal-1988 mira el 15-09-84; reinstalada en Mexico el 12-09-88)		726.31667	2.88333	2.40000											
		62.96667	1.26667	1.26667											
		46.33333	2.20000	2.00000											
		193.85000	4.40000	4.40000											
		30.31667	2.80000	32.00000											
		10.40000	2.00000	6.40000											
		105.20000	5.26667	0.80000											
		37.75000	0.85000	18.00000											
		151.26667	3.80000	6.80000											
		102.68333	16.80000	6.80000											
		40.40000	0.21667	0.20000											
		248.75000	4.03333	5.80000											
		29.91667	2.15000	2.40000											
		42.73333	4.50000	0.20000											
		2.05000	0.23333	0.20000											
		39.40000			1854.333	0	16	92.66667	52.8	94.44551	91.97169				
	1989	116.48333	11.03333	75.80000											
		0.96667	1.75000	0.80000											
		54.73333	3.46667	0.80000											
		425.20000	0.48333	108.00000											
		341.28333	0.96667	0.80000											
		185.20000	18.95000	27.80000											
		11.76667	6.95000	2.00000											
		830.16667			1749.8	0	16	216	42.6	88.31129	86.45256				
	1990	336.00000			336	0	0	0	0	100	100	92.89762	91.51654		
CPU 002	1988	944.00000													
DIGITAL VAX 11/730		97.43333	5.13333	69.60000											
Leibnitz 20-s Inst. y Control		899.83333			899.7666	0	8	69.6	5.13333	92.72636	92.28233				
	1989	2024.00000			2008	0	16	0	0	99.20948	99.20948				
	1990	192.40000	10.48333	12.00000											
		0.31667	2.71667	6.40000											
		91.68333			284.4	0	0	18.4	33.2	93.92338	84.61285	95.28641	92.04489		

Cuadro 3.12 Cálculo de variables que determinan la disponibilidad operativa y de ejecución en unidades centrales de proceso Digital VAX 11/730.

operan la jornada completa.

Cuadro 3.13 Disponibilidad operativa y de ejecución en computadoras personales Olivetti M 24 y CPU VAX 11//730.

Clave del equipo	Año	OT	ST	TPM	TCM	ALDT	A a (%)	A o (%)
PC008	1988	413.86	1225.58	16	129.33	15.23	74.01	91.08
	1989	464.21	1376.64	16	159.60	8.25	72.55	90.92
	1990	84.00	252.00	0	0.00	0.00	100.00	100.00
PC009	1989	152.00	448.00	8	0.00	0.00	95.00	98.68
	1990	84.00	252.00	0	0.00	0.00	100.00	100.00
PC013	1987	486.00	1442.00	16	0.00	0.00	96.81	99.18
	1988	426.50	1263.50	16	268.55	41.45	59.98	83.83
	1989	442.69	1312.10	16	232.80	20.43	64.02	86.70
	1990	84.00	252.00	0	0.00	0.00	100.00	100.00
PC014	1988	114.00	334.00	0	0.00	0.00	93.44	98.25
	1989	444.63	1317.90	16	214.55	30.25	65.85	87.11
	1990	84.00	252.00	0	0.00	0.00	100.00	100.00
PC016	1987	419.06	1241.19	16	92.40	23.35	79.45	92.65
	1988	460.81	1366.44	16	153.47	19.28	73.11	90.64
	1989	453.58	1440.74	16	65.30	16.36	84.80	95.10
	1990	84.00	252.00	0	0.00	0.00	100.00	100.00
PC022	1988	418.42	1239.26	16	113.47	13.30	76.37	92.07
	1989	485.64	1440.93	16	64.80	16.63	85.74	95.18
	1990	84.00	252.00	0	0.00	0.00	100.00	100.00

Cuadro 3.13 Continuación

Clave del equipo	Año	OT	ST	TPM	TCM	ALDT	A <sub>a</sub> (%)	A <sub>o</sub> (%)
PC024	1988	464.40	1377.20	16	21.60	8.80	92.51	97.54
	1989	471.34	1494.01	16	8.17	2.48	95.12	98.66
	1990	84.00	252.00	0	0.00	0.00	100.00	100.00
PC025	1987	466.00	1382.00	16	0.00	0.00	96.68	99.14
	1988	504.00	1496.00	16	0.00	0.00	96.92	99.21
	1989	502.32	1490.95	16	10.80	3.93	94.93	98.42
	1990	84.00	252.00	0	0.00	0.00	100.00	100.00
CPU001	1987	1759.85	0.00	16	205.20	26.25	88.83	87.64
	1988	1854.33	0.00	16	93.07	52.80	94.45	91.37
	1989	1749.80	0.00	16	216.00	42.60	88.31	86.45
	1990	336.00	0.00	0	0.00	0.00	100.00	100.00
CPU002	1988	929.27	0.00	8	69.60	5.13	92.73	92.28
	1989	2008.00	0.00	16	0.00	0.00	99.21	99.21
	1990	284.40	0.00	0	18.40	33.20	93.92	84.64

Así, se tiene:

$$\bar{A}_o = 88.8806142\%$$

PC M-24

$$\bar{A}_a = 96.147048\%$$

PC M-24

$$\bar{A}_o = 91.780721\%$$

CPU VAX 11/730

$$\bar{A}_a = 94.0920189\%$$

CPU VAX 11/730

Los datos obtenidos de las anteriores estimaciones se resumen en el cuadro 3.14.

Cuadro 3.14 Vida media, confiabilidad y disponibilidad operativa y de ejecución promedio en computadoras personales Olivetti M 24 y CPU Digital VAX 11/730 del IIE México.

Equipo	Vida media (hrs)	Confiabilidad (%)	Disponibilidad operativa promedio (%)	Disponibilidad de ejecución promedio (%)
PC M24	832 +400.592593 - 355.333333 e	-0.001201923077 t	96.147048	88.880614
CPU 001 VAX 11/730	266 +155.148696 - 79.672528 e	-0.003759398496 t		
CPU 002 VAX 11/730	1144 +4931.48387 - 667.33333 e	-0.000874125874 t	91.780721	94.092019



#### IV. SISTEMA DE CONSERVACION PROPUESTO.

##### 4.1 INTRODUCCION.

La predicción del número esperado de horas que un equipo o dispositivo permanecerá fuera de servicio como resultado de la aparición de una falla en alguno de sus componentes y/o la ejecución de labores de conservación en el mismo, es de vital importancia para el usuario.

En consecuencia, una vez que se han fijado los requerimientos operacionales del sistema, es imperativo el empleo de una técnica que permita predecir su "conservabilidad" en términos cuantitativos, tan pronto como sea posible. Dicha predicción debe ser actualizada continuamente conforme al desarrollo del sistema a fin de asegurar una elevada probabilidad de cumplimiento con requerimientos específicos.

Una ventaja significativa del empleo de técnicas para predicción de conservabilidad es que permite a la empresa conocer aquellas áreas con confiabilidad deficiente que justifican mejoramientos, modificaciones o rediseños del sistema. Otra característica importante de la predicción de la conservabilidad es que permite al usuario elaborar una estimación temprana que indique si el tiempo predicho de parada, la calidad y cantidad de personal, herramientas y equipo de prueba, son adecuados y consistentes con las necesidades operacionales que el sistema requiere.

El manual militar MIL-STD-721 define a la conservabilidad como: "la medida de la habilidad de un equipo o sistema para retenerlo o reestablecerlo a una condición específica, cuando su conservación es ejecutada por personal con un nivel predeterminado de destreza, empleando procedimientos y recursos prescritos para cada nivel de conservación y reparación".

La anterior definición ha fomentado el desarrollo de un gran número de procedimientos para la predicción de la conservabilidad. Cada uno emplea diversas medidas cuantitativas para indicar la conservabilidad del sistema. Sin embargo, dichas medidas tienen interrelaciones específicas con la distribución del total de tiempos de paro del sistema o constituyen algún elemento de la misma. De aquí que, si puede desarrollarse un método universal o técnica para determinar la "distribución del total de tiempos de paro del sistema" para cualquier tipo de sistema, esto podría facilitar el cálculo de las medidas de conservabilidad corrientemente en uso.

En los capítulos anteriores se revisaron las características de los diferentes sistemas de conservación; se especificaron las bases teóricas, técnicas y administrativas para su construcción, operación y control; se analizaron las circunstancias pasadas, presentes y futuras a corto y mediano plazo que ocurren en el sistema de conservación actualmente existente destinado a equipo de cómputo en el I. I. E México, y se establecieron algunos fundamentos para el sistema propuesto mediante el estudio de los

principios teóricos de confiabilidad y el análisis de fallas de los equipos CPU VAX 11/730 y PC OLIVETTI M 24.

Este capítulo constará de dos secciones: la primera, que consistirá en la realización del estudio técnico para el sistema propuesto, basado en el método para la predicción de la conservabilidad más adecuado, junto con su aplicación en subsistemas específicos de los anteriormente estudiados. Adicionalmente, se elaborará un análisis de las técnicas actuales de reparación de equipo electrónico de cómputo y se hará una selección de las herramientas e instrumental necesarios. Además, se hará la planeación de las actividades iniciales del sistema y la programación de las labores de conservación preventiva.

La segunda comprenderá el estudio económico del sistema propuesto, detallándose los presupuestos destinados a los diferentes rubros y a la inversión inicial, finalizando con la estimación de los beneficios y costos que acarreará su posible implantación.

#### 4.2 TECNICAS PARA LA PREDICION DE LA CONSERVABILIDAD.

##### 4.2.1 IMPORTANCIA Y NECESIDAD.

Como se mencionó en el punto anterior, la selección y aplicación de una técnica apropiada de conservabilidad resulta en grandes economías en términos de horas-hombre, material y dinero. Dichos ahorros son atribuibles al hecho de que la predicción de la conservabilidad es considerada como una herramienta para el mejoramiento del servicio, porque provee de una detección temprana y eliminación de áreas de deficiente conservabilidad durante la etapa que corresponde a su vida útil. De otra forma, las áreas de deficiente conservabilidad pueden ser aparentes durante una prueba o en el uso cotidiano, después del cual la corrección de fallas puede resultar costosa y acarrear retrasos en diversos programas y misiones.

Por lo tanto, la predicción de la conservabilidad resulta en un instrumento valioso tanto para el administrador como para el ingeniero porque mejora la efectividad del sistema y reduce costos de conservación y administración.

##### 4.2.2 CUESTIONES BASICAS E INTERPRETACIONES.

Cada uno de los procedimientos para predicción de la conservabilidad que se mencionarán a continuación depende de los datos de confiabilidad y conservabilidad y de la experiencia que han sido obtenidos de sistemas semejantes y componentes bajo similares condiciones de uso y operación. Comúnmente, también se asume la aplicabilidad del "principio de transferibilidad", el cual considera que los datos acumulados de un sistema pueden ser empleados para predecir la conservabilidad de un sistema

semejante sujeto a diseño, desarrollo o estudio. Este procedimiento es justificable cuando se ha establecido un grado específico de semejanza.

Usualmente, durante etapas tempranas de diseño del ciclo de vida de un equipo, la semejanza sólo puede ser inferida en una base muy amplia. Sin embargo, tan pronto como el diseño es refinado en fases posteriores del ciclo de vida, la semejanza es extendible si una correlación altamente positiva es establecida con relación a las funciones del equipo, los tiempos y los niveles de conservación. Aún cuando las técnicas citadas a continuación han sido propuestas y aparecen fijas para ciertas aplicaciones, debe tenerse en mente que no han sido sometidas a prueba para la generalidad, en concordancia con otras, o con la mayoría de los diversos criterios existentes tratando de lograr una extensa aplicabilidad, aunque la experiencia ha mostrado que las ventajas enormemente exceden el peso de hacer la predicción.

#### 4.2.3 ELEMENTOS BASICOS.

Cada técnica para predicción de la conservabilidad utiliza procedimientos específicamente diseñados para satisfacer su método de aplicación. No obstante, todos los métodos descritos para la predicción de la conservabilidad dependen de, al menos, dos parámetros básicos:

- a) razones de falla de los componentes en un nivel específico de ensamble de interés
- b) el tiempo de reparación requerido en el nivel de conservación involucrado

Existe una gran cantidad de fuentes donde grabar las razones de fallas de partes como función del uso y el medio ambiente. La razón de fallas es expresada como el número de fallas por unidad de tiempo. Comúnmente es medida en términos del "número de

fallas por 10<sup>4</sup> hrs". La mayor ventaja del empleo de la razón de fallas en los cálculos para predicción de la conservabilidad es que provee de una estimación de la frecuencia relativa de fallas para aquellos componentes empleados en diseño. Similarmente, la frecuencia relativa de fallas de partes en otros niveles de conservación puede ser determinada empleando técnicas normalizadas de predicción de la confiabilidad con razones de falla de partes. Las razones de falla también pueden utilizarse en ecuaciones de regresión para el cálculo del tiempo de acción de conservación. Otro uso de las razones de falla es para pesar los tiempos de reparación de diversas categorías de actividades de reparación, en el sentido de proporcionar una estimación de su contribución al tiempo total de conservación. Los tiempos de reparación son obtenidos de experiencias

anteriores, simulación de los trabajos de reparación, o datos obtenidos de aplicaciones similares.

La mayoría de los procedimientos citados emplean el término "acción de conservación, que es de uso más generalizado, en lugar del de "acción de reparación", para expresar el número de tareas básicas de conservación cuyo tiempo de realización es sumado para obtener el tiempo total para la acción de conservación.

#### 4.2.4 CARACTERISTICAS.

En el cuadro 4.1 se resumen las características más significativas de las diversas técnicas para predicción de la conservabilidad.

### 4.3 PROCEDIMIENTO PROPUESTO.

#### 4.3.1 GENERALIDADES.

El procedimiento propuesto, que a continuación se describe, es un método para efectuar predicciones de conservabilidad en sistemas y equipos electrónicos terrestres utilizando los

(50)

principios básicos de muestreo aleatorio.

En líneas generales puede decirse que el método comprende una selección de una muestra aleatoria de componentes reemplazables de la totalidad que conforman el sistema, la cual se subdivide en muestras más pequeñas de acuerdo a clases discretas de componentes; y la realización de un análisis de conservabilidad para cada una de las partes reemplazables en cada submuestra. Algunas clases típicas de partes reemplazables en equipo electrónico están listadas como transistores, circuitos integrados, capacitores, resistencias, inductancias, etc.

Los métodos de evaluación de cada tarea de conservación en el ciclo de "reparación por reemplazo" también se mencionan detalladamente. Estos incluyen el uso de una lista de verificación de diseño, la cual contiene una descripción de las evaluaciones aplicables y de los criterios para ello.

La sustitución de dichas evaluaciones en una ecuación de regresión y su respectiva solución proporcionará una estimación del tiempo de parada.

#### 4.3.2 FILOSOFIA Y CONSIDERACIONES PREVIAS DEL PROCEDIMIENTO.

La filosofía asumida por este procedimiento es que las fallas del sistema son debidas, principalmente, al mal funcionamiento de partes reemplazables y, por lo tanto, el ciclo de tiempo para los diversos pasos requeridos en el reemplazo de dichas partes es medida del tiempo de parada, el cual es un parámetro de la conservabilidad del sistema. Además, se hacen las siguientes consideraciones previas:

Quadro 4.1 Matriz de comparación de procedimientos para predicción de la conservabilidad

Procedimiento	Aplicabilidad	Punto de aplicación	Parámetros básicos de medición	Información requerida	Correlación	Observaciones
I	Para predecir el período entre acciones conservativas en equipo aéreo electrónico y sistemas electromecánicos que involucren reemplazo modular	Después del establecimiento del concepto de diseño, provisto por los datos listados en la columna titulada Información requerida, si es disponible	Distribución de tiempos de paradas para varias actividades elementales, categorías de conservación, tiempos de reparación y caldas del sistema	(a) Localización y razón de falla de los componentes del sistema (b) Número de: 1. Componentes reemplazables 2. Componentes dispo- nibles 3. Refacciones 4. Puntos de prueba (c) Duración de la misión promedio (d) Programas de conservación	Puede ser necesario identificar actividades elementales adicionales y derivar los parámetros más adecuados para aplicación a equipos diferentes a las solicitadas bajo aplicabilidad	
II	Para predecir la conservabilidad de sistemas y equipos electrónicos de uso marino y costero. También puede emplearse para predecir la conservabilidad de sistemas mecánicos donde se han establecido tiempos de ejecución específicos para las diversas tareas requeridas y niveles funcionales	Aplicable durante la etapa final de diseño	Parte A del procedimiento: la conservación correctiva es expresada como la media geométrica o aritmética del tiempo de reparación en horas. Parte B del procedimiento: conservación activa en términos de: (a) Tiempo medio de conservación correctiva en horas-hombre (b) Tiempo medio	Para conservación correctiva (Parte A): (a) Estimación de la media geométrica o aritmética del tiempo de reparación en horas. Parte B del procedimiento: conservación activa en términos de: (a) Tiempo medio de conservación correctiva en horas-hombre (b) Tiempo medio (c) Métodos de reparación (d) Listas de partes (e) Esfuerzos	Un estudio de validación para el transmisor-receptor AN-ARC-32 que pueden establecerse en configuración son usados en diversos tipos de equipos de transmisión marinos, ha mostrado buena correlación entre los resultados predichos y observados y conservados. Los tiempos de ejecución de las tareas están en cuestión, fuentes adicionales de datos deben ser usadas, o debe recurrirse a estimación hecha por el analista	Los tiempos tabulados para las diversas tareas no son aplicables a todas las situaciones y tipos de equipo. Para una aplicación particular, cuando la validez de los tiempos predichos de los tiempos adicionales de datos, o debe recurrirse a estimación hecha por el analista

Quadro 4.1 Continuação.

Procedimento	Aplicabilidade	Punto de aplicação	Parâmetros básicos de medição	Informação requerida	Correlação	Observações
II			de conservação correctiva em horas-homem (c) Tempo médio de conservação activa em término de horas-homem por unidade de conservação	operativos (f) Métodos de montagem (g) Níveis funcionais em los cuales ocurren ajustes y revisiones (Para conservación activa (Parte B): (Deben determinarse los tiempos respectivos para ejecución de tareas de conservación correctiva y preventiva	correctiva	
III	Para predecir el tiempo medio de parada por conservación correctiva y máximo activo, en sistemas y equipos electrónicos terrestres (también puede ser usado para predecir el tiempo de parada por conservación preventiva	Aplicable durante el desarrollo del diseño y etapas posteriores de control	(a) Tiempo medio y máximo de parada por conservación correctiva (percentil del 95%) (b) Tiempo medio y máximo de parada por conservación preventiva (c) Tiempo medio de parada	El analista debe tener acceso a y estar familiarizado con al menos lo siguiente: (a) Diagramas esquemáticos (b) Distribuciones físicas (c) Operación funcional (d) Herramientas y equipo de prueba (e) Ayudas de conservación (f) Medio ambiente operativo y de conservación	La correlación entra en los valores predichos y puede ser buena si: (a) Existe información adecuada disponible en regresión (b) Se cuenta con un análisis de lista exhaustiva de riesgos y los castigos para la selección de las tareas de conservación	La evaluación de las listas de verificación debe ser hecha por analistas que estén familiarizados con el equipo (Es razonable esperar una variación en los coeficientes de regresión en función de las diversas situaciones de conservación y los castigos en el equipo. La selección a dicha vez aún no ha sido determinada

Cuadro 4.1 Continúación.

Procedimiento	Aplicabilidad	Punto de aplicación	Parámetros básicos de medición	Información requerida	Correlación	Observaciones
III				vacación	ción a ser evaluadas	
IV	Para producir la media y/o el total del tiempo de parada por conservación correctiva y preventiva de sistemas y equipos diversos	Aplicable a cualquier punto del ciclo de desarrollo con variados grados de detalle	(a) Tiempo medio de parada por avería del sistema (b) Tiempo medio de parada por conservación correctiva por período operacional (c) Tiempo total de parada por conservación correctiva por período operacional (d) Tiempo total de parada por conservación preventiva por período operacional	(Documentación completa del sistema: (a) Diagramas funcionales (b) Distribuciones físicas (c) Distribuciones de socorrido frontal (d) Listas finales de componentes con razones de falla	Entre procedimientos la correlación de los valores producidos y observados ha sido buena	(Debe tomarse cuidado en la estimación de tiempos cuando no se dispongan de datos. Debe disponerse de un equipo de investigación para establecer estadísticas razonables)
V	Para producir parámetros de confiabilidad en equipo aéreo, terrestre y marítimo de tipo electrónico en niveles organizacionales, intermedios y de almacenamiento en sistemas de conservación	Aplicable a cualquier equipo o nivel de conservación en cualquier medio aéreo, terrestre y marítimo y en cualquier nivel de conservación en equipo electrónico	(a) Tiempo medio de reparación (MTTR) (b) Tiempo máximo de conservación correctiva (M <sub>cc</sub> ) (c) Conservación media en horas hombre por reparación (M <sub>h</sub> /rec.) (d) Conservación media en horas	(Predicción temprana) (a) Componentes a reemplazar (b) Razones de falla (c) Estrategias para asistencia de la falla (d) Conceptos de reemplazo (e) Filosofía	La correlación entre las predicciones y las observaciones por la cantidad de los datos de entrada (datos de diseño)	(Debe tomarse cuidado en la selección de tiempos representativos de acciones elementales de conservación)

Cuadro 4.1 Continuación.

Procedimiento	Aplicabilidad	Punto de aplicación	Parámetros básicos de medición	Información requerida	Correlación	Observaciones
			hombre por hora operativa (MHO/OH) e) Conservación medida en horas hombre por horas de vuelo (para equipo aéreo) (MHO/HH)	para el abastecimiento de laja f) Resolución en el aislamiento de la falla Predicción de la vida a) Conceptos de recoplazo b) Detección de fallas y aislamiento de salidas c) Razones de falla d) Procedimientos de conservación		



- a) La duración del ciclo de "reparación por reemplazo" es función de diversos parámetros físicos de diseño relacionados con:
- la configuración física del sistema
  - las facilidades previstas por el diseño para la conservación
  - el grado de destreza para las tareas de conservación requerido al personal a cargo de la reparación
- b) Partes de la misma clase requieren tipos similares de actividades de conservación, cuando son sujetas a "reparación por reemplazo", porque se siguen los mismos pasos. Estos incluyen los tiempos requeridos por preparación, localización de la falla, corrección de la falla, ajuste, calibración y verificación final. En esta base, se deduce que el análisis de tiempos requeridos para ejecutar cada paso comprende a las diversas tareas de conservación, las cuales pueden ser evaluadas en términos del tiempo transcurrido. Las diversas clases de partes reemplazables son subdivididas en categorías como transistores, circuitos integrados, resistencias, capacitores, inductancias, etc.
- c) Una selección aleatoria cualquiera de partes reemplazables por clase provee de una muestra representativa de tareas de conservación, como resultado de la uniformidad básica del diseño. El tiempo de realización de dichas tareas de conservación puede establecerse por simulación, de manera que represente las características del sistema en operación. La asignación de tiempos de ejecución para cada uno de los pasos involucrados con el ciclo de conservación, comúnmente referidos como tareas de conservación, son determinados mediante el uso de listas de verificación de tres tipos, que intentan proveer un método uniforme de evaluación para las diversas tareas de conservación, y son denominadas con las letras A, B, y C. La lista A se emplea para evaluar factores físicos de diseño, la lista B para facilidades dictadas por diseño, y la lista C para la habilidad o destreza de conservación dictada por diseño. Teóricamente, el empleo de esas listas de verificación con evaluaciones y criterios uniformes, minimiza las variaciones debidas a apreciaciones individuales, pudiéndose correlacionar las valoraciones finales con el tiempo actual de parada. Se anota una ecuación de regresión para este propósito, la cual provee de una estimación del tiempo de parada cuando se sustituyen en ella las evaluaciones obtenidas de las listas A, B y C.

#### 4.3.3 APLICABILIDAD.

El procedimiento para predicción de la conservabilidad que se propone es empleado para la estimación del tiempo de parada medio y máximo por conservación correctiva en sistemas y equipos terrestres electrónicos.

#### 4.3.4 PUNTO DE APLICACION.

Este procedimiento es adaptable para la realización de predicciones de conservabilidad durante las etapas de diseño y desarrollo del sistema. Por lo general, previo a la terminación del diseño, se realiza una estimación con amplio margen de variación como primer paso. Este es seguido por estimaciones más detalladas conformes al desarrollo del sistema.

#### 4.3.5 PARAMETROS BASICOS DE MEDICION.

Los parámetros básicos de medición del procedimiento propuesto son:

- $\bar{M}_{ct}$  : Tiempo medio de conservación correctiva (Mean Corrective Maintenance Time)
- $\bar{M}_{pt}$  : Tiempo medio de conservación preventiva (Mean Preventive Maintenance Time)
- $\bar{M}_t$  : Tiempo medio de parada (Mean Downtime)
- $M_{m\acute{a}x}$  : Tiempo máximo de conservación correctiva (al 95% de intervalo de confianza).

En este procedimiento, la conservación correctiva y preventiva se definen como sigue:

- Conservación correctiva: es la conservación ejecutada como resultado de una falla, con el objeto de restablecer un equipo a una condición específica predeterminada
- Conservación preventiva: es la conservación ejecutada con el objeto de retener un equipo en una condición específica determinada.

#### 4.3.6 INFORMACION REQUERIDA.

En el sentido de lograr las predicciones de cada una de las tareas, se debe contar con información detallada y accesibilidad o familiaridad con al menos lo siguiente:

- a) Diagramas esquemáticos
- b) Distribuciones físicas
- c) Operación funcional del equipo
- d) Descripción de las herramientas y equipo de prueba y ajuste
- e) Ayudas para conservación que puedan incorporarse al equipo
- f) Descripción del ambiente operativo y de conservación.

#### 4.3.7 FUNDAMENTACION ANALITICA.

La vía fundamental para la obtención de predicciones de conservabilidad en sistemas o equipos complejos es la selección aleatoria de una muestra representativa de partes reemplazables, del total de la población que integran el sistema. Esta muestra total de tamaño  $N$  incluye partes y componentes de todas las clases en uso. Dicha muestra  $N$  es entonces subdividida en un cierto número de submuestras de tamaño  $n$ , denominadas muestras de tareas. Cada una de esas muestras de tareas representa una clase específica de partes como: resistencias, capacitores, motores, etc. El tamaño de cada muestra  $n$  es determinado mediante la consideración de la frecuencia relativa de fallas de una clase particular de parte reemplazable. Esto significa que aquellas clases de partes que tengan una elevada razón de fallas deben ser representadas por una muestra más grande que aquellas clases que posean una razón de fallas reducida.

El uso de muestras en la predicción del tiempo de parada dentro de el presente procedimiento, está justificado en la base de la existencia de uniformidad en el diseño con respecto a las varias categorías de partes reemplazables. Esto implica que, en promedio, debe tomar el mismo tiempo corregir una falla en cualquier resistencia, capacitor, etc., puesto que los métodos de montaje, localización de la falla, ajuste, calibración y verificación final son los mismos para partes reemplazables de la misma clase.

No obstante, dichas acciones de conservación son referidas a muestras de tareas de conservación en el sentido de proporcionar un carácter de aplicabilidad universal, y el equipo o componente en el cual dichas acciones de conservación son aplicadas es llamado "muestra de tareas de conservación".

Considerando lo anterior, si un número suficiente de muestras de tareas de conservación es aleatoriamente seleccionado de cada clase de parte reemplazable, éste proveerá una forma de predicción del tiempo de parada para esa categoría específica. El tiempo de parada es calculado mediante la aplicación del análisis de conservabilidad de las tareas de conservación, el cual establece una secuencia de cuantificación a partir de un procedimiento de diagnóstico lógico, lo que resulta en evaluaciones numéricas que son asignadas siguiendo un criterio específico proveniente de una serie de listas de verificación. Estos resultados se sustituyen en una ecuación de regresión, desarrollada en base a estudios anteriores y la experiencia con sistemas comparables, y cuya solución proporciona una medición cuantitativa del tiempo de parada en horas.

#### 4.3.7.1 DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA N.

El tamaño de la muestra está determinado por la siguiente ecuación:

$$N = \left[ \frac{\phi \cdot c}{k \cdot \bar{X}} \right]^2 \quad 4.1$$

donde  $\phi$  : nivel de confianza

$c$  : desviación estándar de la población

$k$  : exactitud deseada para la predicción dada como un porcentaje de la media poblacional

$\bar{X}$  : media poblacional.

La ecuación 4.1 puede establecerse a partir de un análisis de la curva normal P, asumiendo que la población sigue esta distribución, y de la curva S, de la distribución de medias de una muestra de tamaño N tomada de la población (figura 4.1). Para ello, es necesario conocer previamente los límites entre los

cuales puede variar la media de la población (curva P)  $\bar{X} \pm k \bar{X}$ , donde k es el grado de exactitud deseado.

Cuando un conjunto de muestras de tamaño específico son tomadas de una población particular, se ha encontrado que la media calculada para cada muestra varía. Estas variaciones dependen de la varianza de la población y del tamaño de la muestra en particular. Más aún, se ha observado que las medias muestrales se distribuyen normalmente (curva S), teniendo la misma media que

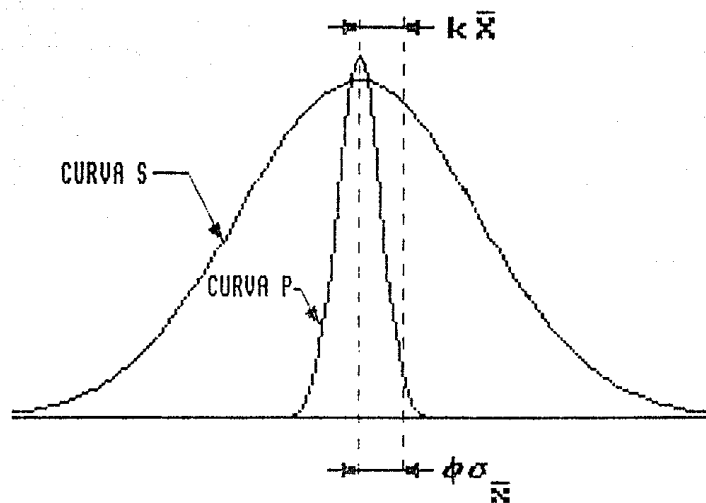


FIGURA 4.1 COMPARACION ENTRE DISTRIBUCION MEDIA POBLACIONAL Y MUESTRAL

la población (curva P).

La desviación estándar ( $\sigma_x$ ) de la curva de distribución de medias muestrales (curva S) está relacionada con la desviación estándar poblacional mediante la siguiente ecuación

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad 4.2$$

donde  $\sigma_x$  : desviación estándar de muestras de tamaño N

$\sigma$  : desviación estándar de la población

N : tamaño de la muestra

De la figura 4.1 se deducen las siguientes relaciones

$$k \bar{X} = \phi \sigma_x \quad 4.3$$

donde  $\phi$  : confianza aplicable en la medición ( $\phi = 1.645$  para un 95% de confianza)

k : exactitud

Sustituyendo el valor de  $\sigma_x$  de la ecuación 3.2 tenemos

$$k \bar{X} = \phi \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad 4.4$$

Con los requerimientos de exactitud (k) y el grado de confianza deseado ( $\phi$ ), es necesario encontrar el valor de N que satisface la igualdad expresada. Así, se tiene

$$N = \left[ \frac{\phi \sigma}{k \bar{X}} \right]^2$$

Si establecemos que  $C_x = \frac{\sigma}{\bar{X}}$  (coeficiente de variación), la

ecuación puede ser escrita como

$$N = \left[ \begin{array}{c} \phi \\ C \\ x \quad k \end{array} \right]^2 \quad 4.5$$

La ecuación anterior ha sido resuelta para diversos valores de exactitud  $k$  y un intervalo de confianza del 95%. Los resultados se muestran en el gráfico de la figura 4.2.

Debe reconocerse que el valor de  $C$  debe ser aproximado de modo

que se pueda estar en posibilidad de establecer la magnitud del tamaño de la muestra  $N$ . La experiencia adquirida con equipo electrónico terrestre ha mostrado que cuando se aplica este procedimiento, resulta ventajoso considerar  $C = 1.07$ .

#### 4.3.7.2 MUESTREO DE TAREAS DE CONSERVACION.

En este punto es importante enfatizar la distinción entre muestra de tareas de conservación y tamaño de la muestra (N). La muestra  $N$  contiene una mezcla del número total de partes reemplazables que deben ser evaluadas, las cuales son seleccionadas aleatoriamente de la cantidad total de partes que integran el equipo o sistema. En cambio, la muestra de tareas es una submuestra, o un porcentaje de  $N$  conteniendo cierta cantidad de partes que son representativas de una categoría específica (clases de partes).

Por otro lado, debe establecerse que el muestreo de tareas involucra el muestreo de partes reemplazables para la evaluación de fallas hipotéticas en éstas. Los resultados de esta evaluación deben ser representativos, en promedio, del número de tareas de conservación que se espera ocurrirán, debidas a fallas en alguna(s) de sus partes, bajo condiciones operacionales.

El muestreo de tareas de conservación resulta una necesidad cuando se considera la complejidad de los equipos electrónicos de cómputo actuales, dado que la evaluación individual de cada uno de los numerosos componentes que los conforman con respecto a su contribución al tiempo de conservación resulta poco práctica e innecesaria. Esto es particularmente cierto cuando el arreglo físico y el funcionamiento de muchas de esas partes es similar con respecto a las tareas de conservación. Así, la evaluación de partes seleccionadas aleatoriamente, dentro de cada muestra de tareas de conservación, resulta en una predicción adecuada de la conservabilidad.

La técnica para el muestreo de las tareas de conservación consiste en los siguiente:

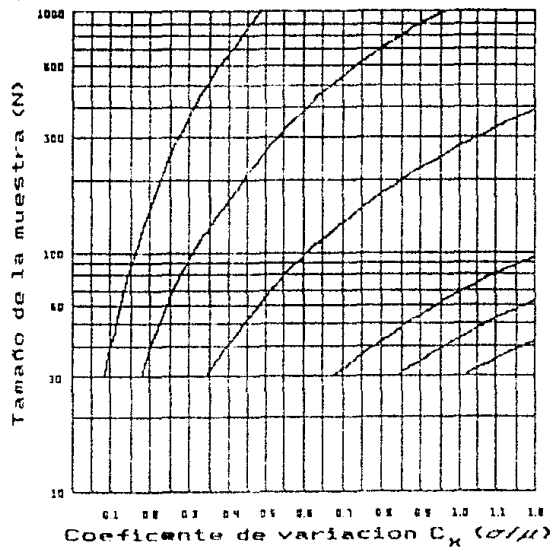


FIGURA 4.2. NORMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA N



- a) Consideraciones generales. A través de la consideración de diversos factores asociados con la falla y reemplazo de partes, la capacidad de conservación del equipo puede ser predecida. El tiempo de conservación es entonces derivado a partir de estimaciones del tiempo promedio correspondiente a una tarea de conservación bajo las actuales condiciones operativas:
- b) Proceso. El proceso para la selección de tareas de conservación se facilita mediante la elaboración de una tabla con los siguientes apartados:
- clase de partes (resistencias, capacitores, inductancias, transistores, circuitos integrados, etc.)
  - cantidad
  - razón de fallas promedio por  $10^4$  hrs
  - número esperado de fallas por  $10^4$  hrs
  - contribución, por clase, al total de fallas esperadas (en porcentaje)
  - número de fallas para la muestra de tamaño N
  - número de partes reemplazables a ser analizado (submuestras de tamaño n de cada clase o muestra de tareas)

Para complementar la predicción de tareas, el analista debe disponer de información detallada sobre el equipo, incluyendo diagramas esquemáticos y distribuciones físicas. También debe estar familiarizado con la operación funcional del equipo. Otra información requerida es la descripción de las herramientas y equipo de prueba a ser empleadas y las ayudas de conservación a ser incorporadas al equipo mismo. Una descripción del medio ambiente de operación y de conservación es extremadamente valiosa. En la figura 4.3 se muestra una forma para predicción de la conservabilidad que ha sido desarrollada para facilitar el análisis de la conservación y la evaluación de tareas. En esta forma se incluyen datos específicos para completar la tarea o realizar parte de la predicción de fallas, junto con información sobre el equipo, el analista, etc. Además, es necesario disponer de lo que se anota a continuación:

1. Análisis de conservación. Previo a la evaluación de tareas, es indispensable la ejecución de un análisis de conservación para cada tarea. Este análisis engloba a una secuencia continua de pasos para elaborar un

**FORMA PARA ANALISIS DE CONSERVACION**

Tarea No. \_\_\_\_\_

Equipo: \_\_\_\_\_ Unidad/parte: \_\_\_\_\_

Ensamblaje: \_\_\_\_\_ Analizado por: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Modo de falla: \_\_\_\_\_

Síntomas de desperfecto: \_\_\_\_\_

Análisis de Conservación

Etapas de conservación	Comentarios para evaluación

Calificaciones según Listas de Verificación

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	Total
A																
B																
C																

Tiempo predecido de parada: \_\_\_\_\_ MIN.

**FIGURA 4.2 FORMA PARA PREDICCIÓN DE LA CONSERVABILIDAD.**

FORMA PARA ANALISIS DE CONSERVACION

Tarea No. \_\_\_\_\_

Equipo: \_\_\_\_\_ Unidad/parte: \_\_\_\_\_

Análisis de Conservación

Etapas de conservación	Comentarios para evaluación

FIGURA 4.3 Continuación.

diagnóstico. Comenzando con las evidencias de mal funcionamiento, se describe el método para la detección del componente defectuoso. Complementando lo anterior, se anotan observaciones relativas a aislamiento de la falla, requerimientos de equipo de prueba y refacciones, y aquella información que sea importante para la evaluación de las tareas.

2. Diagrama de conservación del sistema. El análisis de conservación se ve considerablemente accesible si se cuenta con un "Diagrama de Conservación del Sistema" donde se mencione, clara y detalladamente, el diagrama de bloques funcional del sistema, la trayectoria de las señales principales, los puntos de prueba y otras ayudas para el diagnóstico. Este tipo de diagrama auxilia en la determinación de los síntomas de mal funcionamiento del sistema y en la selección de los pasos necesarios para aislar el componente defectuoso de un área funcional. Es menester la existencia de un diagrama esquemático para cada bloque para reparar sin los adyacentes y determinar los efectos de una supuesta falla en la salida de estos últimos. Los requisitos para su elaboración varían en función de la complejidad del equipo y la información disponible.

#### 4.3.7.3 APLICACION DE LAS LISTAS DE VERIFICACION.

Las listas de verificación son usadas para evaluar cada paso de conservación el cual es simulado para cada número aplicable de tareas de conservación aleatoriamente seleccionadas por clase en la cantidad especificada por el método descrito anteriormente. Cada una de esas listas poseen una escala de calificaciones de 1 a 4 y las calificaciones resultantes son aplicadas a una ecuación de regresión empleada para calcular el tiempo de parada. Existen tres categorías generales para las listas de verificación, las cuales son usadas para evaluar las variables de diseño, soporte y personal.

- a) Listas de verificación de diseño para evaluación de la variable D. Los tipos básicos de listas de verificación que son usados para la evaluación de la variable D son denominados con las letras A, B y C. Las variables principales que son incluidas en dichas listas son descritas brevemente a continuación:

1. Lista de verificación A. Es usada para evaluar tareas específicas de conservación que son función de variables físicas de diseño como embalaje, características de acceso, puntos de prueba, visualizadores, etc.

2. Lista de verificación B. Empleada para evaluar facilidades dictadas por diseño para la conservación, como requerimientos de equipo externo de prueba, conectores, asistencia técnica, etc.
3. Lista de verificación C. Se emplea para evaluar los requerimientos al personal relativos a características físicas, mentales y de actitud, como agudeza visual, análisis lógico, memoria, resistencia, energía, etc.

Terminada dicha evaluación, se procede a sustituir los resultados obtenidos en la siguiente ecuación de regresión lineal, a fin de predecir el tiempo de parada a

$$M_{ct} = \text{antilog} [-0.02512 A - 0.03055 B - 0.01093 C + 3.54651] \quad 4.6$$

donde  $M_{ct}$  : tiempo de conservación correctiva

#### 4.1.7.4 RELACIONES MATEMATICAS ENTRE TIEMPOS DE CONSERVACION.

Las relaciones matemáticas para calcular los diversos índices de conservabilidad se muestran a continuación:

$$\bar{M}_{ct} = \frac{\sum_{i=1}^N M_{ct}}{N} \quad 4.7$$

donde  $\bar{M}_{ct}$  : tiempo medio de conservación correctiva

$N$  : tamaño muestral de tareas de conservación correctiva

$M_{ct}$  : tiempo de conservación correctiva para tareas de conservación individuales

similarmente,

a Los coeficientes de esta ecuación fueron derivados de 101 tareas de conservación correctiva obtenidas de la aplicación de las listas de verificación en los equipos AN/FPS-20 (radar de búsqueda de largo alcance), AN/FST-2 (procesador de datos de doble canal) y AN/GKS-5 (equipo de transmisión y enlace de datos). Para mayor referencia, consultar las páginas 3-1 a 3-32 del Manual Militar MIL-HDBK-472 "Maintainability Prediction Techniques" del U. S. Department of Defense, publicado por U. S. Government Printing Office el 24 de mayo de 1966 en Washington D. C.

$$\bar{M}_{pt} = \frac{\sum_{i=1}^N M_{pt}}{N} \quad 4.8$$

donde  $\bar{M}_{ct}$  : tiempo medio de conservación preventiva

$M_{ct}$  : tiempo de conservación preventiva para tareas de conservación individuales

$M_{m\acute{a}x}$  es expresada como

$$M_{m\acute{a}x} = \text{antilog} \left( \overline{\log M_{ct}} + 1.645 \sigma \log M_{ct} \right) \quad 4.9$$

donde

$$\overline{\log M_{ct}} = \frac{\sum_{i=1}^N \log M_{cti}}{N} = \text{media de } \log M_{ct} \quad 4.10$$

y

$$\sigma \log M_{ct} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (\log^2 M_{cti}) - \left[ \frac{\sum_{i=1}^N \log M_{cti} \right]^2 / N}{N - 1} \right]^{1/2} \quad 4.11$$

$$\bar{M}_t = \frac{F_c \bar{M}_{ct} + F_p \bar{M}_p}{F_c + F_p} \quad 4.12$$

donde  $\bar{M}_t$  : tiempo medio de parada

$F_c, F_p$  : número de tareas de conservación preventiva y correctiva en miles de horas.

Debe observarse que los cálculos indicados en las expresiones 4.6, 4.9, 4.10 y 4.11 consideran únicamente logaritmos comunes o de Briggs (base decimal).

#### 4.4 SELECCION DE SISTEMAS

Considerando la gran complejidad de los equipos estudiados, y previamente a la aplicación del procedimiento antes descrito, se procedió a la selección de los componentes (sistemas) donde se ejemplificará éste.

Los criterios observados para la selección se mencionan a continuación en orden de importancia, de acuerdo a los objetivos del presente trabajo:

1. conservación de la integridad de la información y posibilidades de recuperación, en modos degradados de funcionamiento
2. confiabilidad y disponibilidad del servicio
3. frecuencia de falla
3. costos por reemplazo

Así, se elaboró un análisis sobre la incidencia de fallas en la muestra ya estudiada de Computadoras Personales Olivetti M 24 y Unidades Centrales de Proceso Digital VAX 11/730, obteniéndose los resultados que seguidamente se anotan:

Cuadro 4.2 Incidencia de fallas en Computadoras Personales Olivetti M 24 y CPU Digital VAX 11/730 del IIE México.

Computadoras Personales Olivetti M24		
Componente	Frecuencia absoluta de falla	Frecuencia relativa de falla (%)
Unidad de disco duro	2	5.1282
Unidad de disco flexible	1	2.5641
Placa base	5	12.8205
Fuente de alimentación	9	23.0769
Controlador del display	1	2.5641
Ventilador	1	2.5641
Teclado	2	5.1282

Cuadro 4.2 Continuación.

Componente	Frecuencia absoluta de falla	Frecuencia relativa de falla (%)
Software	5	12.8205
Puerto serial	1	2.5641
TOTAL	27	69.2308
Unidad Central de Proceso Digital VAX 11/730		
Componente	Frecuencia absoluta de falla	Frecuencia relativa de falla (%)
Circuitos 8389, 8390, 8394 y 8750 (Módulo controlador de memoria)	2	6.0606
Controlador de disco	2	6.0606
Unidad de cinta TK-50	3	9.0909
Circuito DZ-11	2	6.0606
Interface SC31	2	6.0606
Ventiladores IMC Boxer	1	3.0303
Fuente de alimentación	1	3.0303
Circuitos M7792, M7793, M8201 y M9203	1	3.0303
Software	2	6.0606
TOTAL	16	48.4848

Debe mencionarse que el 30.7692% restante de las fallas registradas en Computadoras Personales se debió a cortes en el suministro de energía eléctrica (9 fallas - 23.0769%) y a labores de conservación preventiva (3 paros - 7.6923%), mientras que en los CPU el 51.5252% restante se debió a problemas de comunicaciones (5 fallas - 15.1515%), cortes en el suministro de energía eléctrica (6 fallas - 18.1818%) y caídas del sistema (6 fallas - 18.1818%). Así, en consideración a la información disponible y a los resultados anteriores, los subsistemas en los



que se demostrará la aplicación del procedimiento propuesto son:

a) Computadoras Personales:

- Placa base
- Fuente de alimentación

b) Unidades Centrales de Proceso:

- Tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200.

4.5 APLICACION.

Una vez seleccionados los subsistemas a analizar, se procedió a aplicar el método ya descrito en cada uno de ellos. Así, se obtuvieron los resultados que se mencionan a continuación

a) Determinación del tamaño de la muestra N (fórmula 4.5)

a.1) Fuente de alimentación PC Olivetti M 24

- Exactitud  $k = 30\%$
- Intervalo de confianza 95% ;  $\phi = 1.645$
- Coeficiente de variación  $C = 1.07$

$$N = \left[ (1.07) \frac{1.645}{0.30} \right]^2 = 34.42364469$$

a.2) Placa base Olivetti M 24

- Exactitud  $k = 13\%$
- Intervalo de confianza 95% ;  $\phi = 1.645$
- Coeficiente de variación  $C = 1.07$

$$N = \left[ (1.07) \frac{1.645}{0.13} \right]^2 = 123.3211848$$

a.3) Tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730

- Exactitud  $k = 17\%$
- Intervalo de confianza 95% :  $\phi = 1.645$
- Coeficiente de variación  $C = 1.07$

x

$$N = \left[ \left[ 1.07 \right] \left[ \begin{array}{c} 1.645 \\ \text{-----} \\ 0.17 \end{array} \right] \right]^2 = 107.2016617$$

b) Muestreo de tareas de conservación. Según lo indicado en el inciso 4.3.7.2, se elaboró una serie de tablas (ver cuadros 4.8 a 4.10) con los siguientes apartados:

- Clase a que pertenece la parte, en acuerdo a las establecidas por MIL-HDBK 217E:
  1. Dispositivos microelectrónicos
  2. Semiconductores discretos
  3. Resistencias
  4. Capacitores
  5. Dispositivos inductivos
  6. Interruptores
  7. Conectores
  8. Cristales de cuarzo
  9. Fusibles
- Cantidad de partes por clase
- Razon de fallas promedio en  $10^6$  hrs b, estimada de acuerdo al método analítico de predicción de esfuerzos en partes electrónicas establecido por MIL-HDBK-217E para sistemas con especificaciones completas de diseño. Los modelos matemáticos de razón de falla empleados se resumen en el cuadro siguiente.

---

b Para la determinación de los diversos parámetros citados en los cuadros 4.8 a 4.10, se elaboró una serie de tablas complementarias (cuadros 4.5 a 4.7) con la totalidad de los componentes de cada circuito, conteniendo únicamente los siguientes datos: clase, cantidad, razón promedio de fallas en  $10E+06$  hrs., contribución al número total de fallas y vida media estimada en hrs.

CLASE	CANT. RAZON PROMEDIO	NÚMERO ESPERADO		CONTRIBUCIÓN AL NÚMERO TOTAL DE FALLAS ESPERADO	VIDA MEDIA ESTIMADA EN HRS.
		DE FALLAS POR 1000 HRS.	DE FALLAS EN 1000 HRS		
<b>RESISTENCIA FIJA:</b>					
a) Carbon (isoposición):					
10 ohms, 1/4 w, 5% 10 ohms, 1/4 w, 5% 20 ohms, 1/4 w, 5% 22 ohms, 1/4 w, 5% 27 ohms, 1/4 w, 5% 68 ohms, 1/4 w, 5% 91 ohms, 1/4 w, 5% 100 ohms, 1/4 w, 5% 150 ohms, 1/4 w, 5% 220 ohms, 1/4 w, 5% 470 ohms, 1/4 w, 5% 1 kOhm, 1/4 w, 5% 2 kOhms, 1/4 w, 5% 5.6 kOhms, 1/4 w, 5% 10 kOhms, 1/4 w, 5% 20 kOhms, 1/4 w, 5%	1 1 5 1 2 1 1 3 2 1 2 3 1 1 1 1 2	0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375	0.0375 0.0375 0.225 0.0375 0.075 0.0375 0.0375 0.1125 0.075 0.0375 0.075 0.1125 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375 0.0375	0.0014749973 0.0014749973 0.0089499936 0.0014749973 0.0029499945 0.0014749973 0.0014749973 0.0044249916 0.0029499945 0.0014749973 0.0029499945 0.0044249916 0.0014749973 0.0014749973 0.0014749973 0.0014749973 0.0029499945	2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667 2666666.667
b) Película poliestir:					
3.9 ohms, 1/2 w, 2% 10 ohms, 1/2 w, 5% 30 ohms, 1/2 w, 2% 100 ohms, 1/2 w, 2% 130 ohms, 1/2 w, 2% 150 ohms, 1/2 w, 2% 180 ohms, 1/2 w, 2% 240 ohms, 1/2 w, 2% 560 kOhms 1/2 w, 5%	1 16 2 5 1 2 1 1 1	0.036 0.036 0.036 0.036 0.0432 0.0432 0.0432 0.0432 0.0468	0.072 0.576 0.144 0.18 0.0432 0.0864 0.0432 0.0432 0.0468	0.0028319947 0.022659579 0.0028319947 0.0070799808 0.0016991968 0.0033983937 0.0016991968 0.0016991968 0.001907996	2777777.778 2777777.778 2777777.778 2777777.778 23148148.148 23148148.148 23148148.148 23148148.148 2117521.752
<b>RESISTENCIA VARIABLE:</b>					
a) Potenciómetro giratorio					
50 ohms, 3/4 w	1	1.32	1.32	0.0519199055	757575.75758
<b>CONDENSADOR:</b>					
a) Cerámico					
100 pF, 250 V 1 uF, 50 V	4 2	0.1579957057 0.3424663106	0.4195412943 0.6849326512	0.024211214 0.0269389749	4499744.9749 2920690.345
b) Poliéster					
0.47 uF, 250 V 4.7 uF, 25 V 6.9 uF, 63 V 680 uF, 206 V	1 1 1 1	0.4477898448 0.5534447196 0.5725745724 0.8746454874	0.4477898448 0.5534447196 0.5725745724 0.8746454874	0.0176130345 0.0217687849 0.0225212247 0.0344062584	2233190.4388 1806825.2255 1746497.3965 1143320.3739
c) Película					
0.1 uF, 50-63 V 0.47 uF, 50-63 V	1 2	0.0659936462 0.0772743675	0.0659936462 0.1545487251	0.0026960118 0.0050789952	1457609.331 12940902.611
d) Polipropileno					
470 pF, 630 V 0.1 uF, 250 V	2 1	0.2371779114 0.3893660716	0.4743556028 0.3893660716	0.018657761 0.0152757022	4216244.2282 2574890.4864

Cuadro 4.5 Tablas complementarias de datos para el muestreo de tarcas de conservación en la fuente de alimentación de la PC Olivetti M24.

CLASE	CANTIDAD	PROPIEDAD	NUMERO ESPERADO	CONTRIBUCION AL NUMERO	VIDA MEDIA
	DE FALLAS POR 1000 HRS.	DE FALLAS EN 1000 HRS.	TOTAL DE FALLAS ESPERADO (Σ)	ESTIMADA EN HRS.	
<b>d) Electrolyticos:</b>					
22 uF, 25 V	2	0.5066323996	1.0132647992	0.039850008	1973017.7045
100 uF, 25 V	2	0.67551135	1.3510227	0.0531401274	1480360.0265
220 uF, 25 V	1	0.7846806001	0.7846806001	0.030664094	1714403.7494
470 uF, 16 V	1	0.9064036917	0.9064036917	0.0356525985	1107236.8019
1000 uF, 6.3 V	1	1.046747206	1.046747206	0.0411521522	957900.71175
1000 uF, 16 V	1	1.044243205	1.044243205	0.0411521522	955006.71175
2200 uF, 10 V	1	1.215326478	1.215326478	0.0478927526	822824.16954
2200 uF, 25 V	1	1.215326478	1.215326478	0.0478927526	822824.16954
4700 uF, 16 V	2	1.403884021	2.807768122	0.1194186742	712369.53304
<b>SEMICONDUCTORES DISCRETOS</b>					
<b>a) Diodos y rectificadores</b>					
1N4934, 100 V, 1 A, Si	3	0.0297	0.0891	0.0025945935	33670033.67
1N4937, 400 V, 1 A, ASP, Si	5	0.0297	0.1485	0.0054749891	33670033.67
1N4002, 100 V, 1 A, Si	4	0.0297	0.1188	0.0046727913	33670033.67
1N5006, 500 V, 3 A	4	0.07425	0.297	0.0116619783	13469013.468
1N5011, 100 V, 3 A	2	0.04455	0.0891	0.0035045975	27445689.113
Puente BYW30, FAST, 100 V, 12 A	2	0.1188	0.2376	0.0093455826	8417568.4175
Puente BYW31, FAST 12 V, 1A	2	0.1188	0.2376	0.0093455826	8417568.4175
	2	0.0297	0.0594	0.0011681979	33670033.67
<b>b) Referencias de voltaje</b>					
Zener 1N2324E, 24 V, 0.1 W	1	0.06075	0.06075	0.0023394956	16465905.349
Zener 1N752A, 5.6 V, 0.4 W	1	0.06075	0.06075	0.0023394956	16465905.349
<b>c) Tiristores</b>					
SCR C122B, 200 V, B A	1	0.0405	0.0405	0.001592997	24691358.025
<b>d) Termostatos</b>					
E2 onax, 201	2	0.975	1.95	0.0766990074	1025841.0258
<b>e) Transistores</b>					
NPN 80V41, Si	2	0.02025	0.0405	0.001592997	49300716.049
NPN 80C371E, Si	2	0.02025	0.0405	0.001592997	49300716.049
NPN 80408, 60 V, 4 A, Si	1	0.0675	0.0675	0.0026549951	14214814.815
PNP 80C07B, Si	3	0.033858	0.101574	0.0037163366	29555917.254
<b>CONECTORES:</b>					
<b>a) PCE</b>					
MD1R, 4 way, MOLET S,08, 1 pza.	1	0.006966	0.006966	0.0002739956	143554407.12
MD1R, 2 way, MODU 11, 1 pza.	1	0.005568	0.005568	0.000216476	181554107.12
MD1R, 2 way, MODU 1, 1 pza.	1	0.005568	0.005568	0.000216476	181554107.12
M 90 degrees, MOLET, 4 way, 2 pzas.	1	0.006966	0.006966	0.0002739956	143554407.12
M 90 degrees, 4 way, MODU 11, 2 pzas.	1	0.005568	0.005568	0.000216476	181554107.12
M 90 degrees, 7 way, MOCU 1, 2 pzas.	2	0.005568	0.011136	0.000432951	181554107.12
<b>FUSIBLES:</b>					
3.15 A, 250 V, H11.2PK	1	0.01	0.01	0.0003533326	10000000
P7.62, JUMPER	9	0.01	0.09	0.0035399774	100000000
P15.24, JUMPER	8	0.01	0.08	0.0031466608	100000000
<b>TRANSFORMADOR:</b>					
T365	1	0.6	0.6	0.0235999561	1666666.6667
T366	1	0.6	0.6	0.0235999561	1666666.6667
T438	1	0.6	0.6	0.0235999561	1666666.6667
TOTAL:	153	16.42155977	25.42177666		1

Cuadro 4.5 Continuación.

CLASE	CANT.	RAZON PROMEDIO		CONTRIBUCION AL NUMERO TOTAL DE FALLAS ESPERADO (%)	VIDA MEDIA ESTIMADA EN HRS.
		DE FALLAS EN 10E6 HRS.	NUMERO ESPERADO DE FALLAS EN 10E6 HRS.		
b) Dispositivos monolíticos digitales					
bipolares y MOS					
MC1489 Receptor de línea, quad	3	0.16144783	0.48434349	0.0013292797	6193951.3216
500 Compuerta NAND, quad, 2 ent.	12	0.16144783	1.93737395	0.0053171189	6193951.3216
74500 Compuerta NAND, quad, 2 ent.	5	0.16144783	0.80723915	0.0022154662	6193951.3216
LS66 Compuerta NAND, quad, 2 ent.	8	0.16144783	1.29158264	0.0035447459	6193951.3216
74LS60 Compuerta NAND, quad, 2 ent.	8	0.16144783	1.29158264	0.0035447459	6193951.3216
504 Compuerta inversora, hex	6	0.16144783	0.96888698	0.0026585594	6193951.3216
74504 Compuerta inversora, hex	2	0.16144783	0.32289566	0.0008861865	6193951.3216
LS04 Compuerta inversora, hex	16	0.16144783	2.90606094	0.0079756783	6193951.3216
74LS04 Compuerta inversora, hex	23	0.16144783	3.71330009	0.0101911445	6193951.3216
LS08 Compuerta AND, quad, 2 ent.	7	0.16144783	1.13013481	0.0031016527	6193951.3216
74LS08 Compuerta AND, quad, 2 ent.	14	0.16144783	2.26026962	0.0062033053	6193951.3216
S10 Compuerta NAND, triple, 3 ent.	6	0.16144783	0.96888698	0.0026585594	6193951.3216
74S10 Compuerta NAND, triple, 3 ent.	4	0.16144783	0.64579132	0.001727373	6193951.3216
LS10 Compuerta NAND, triple, 3 ent.	7	0.16144783	0.32289566	0.0008861865	6193951.3216
74LS10 Compuerta NAND, triple, 3 ent.	1	0.16144783	0.16144783	0.0004430932	6193951.3216
S11 Compuerta AND, triple, 3 ent.	3	0.16144783	0.48434349	0.0013292797	6193951.3216
LS11 Compuerta AND, triple, 3 ent.	1	0.16144783	0.16144783	0.0004430932	6193951.3216
74LS11 Compuerta AND, triple, 3 ent.	1	0.16144783	0.16144783	0.0004430932	6193951.3216
LS14 Disparador Schmitt, inversora, hex	4	0.16144783	0.64579132	0.001727373	6193951.3216
74LS14 Disparador Schmitt, inversora, hex	2	0.16144783	0.16144783	0.0004430932	6193951.3216
74S20 Compuerta NAND, dual, 4 ent.	2	0.16144783	0.32289566	0.0008861865	6193951.3216
74LS27 Compuerta NOR, triple, 3 ent.	3	0.16144783	0.48434349	0.0013292797	6193951.3216
74S32 Compuerta OR, quad, 2 ent.	1	0.16144783	0.32289566	0.0008861865	6193951.3216
LS32 Compuerta OR, quad, 2 ent.	2	0.16144783	0.48434349	0.0013292797	6193951.3216
74LS32 Compuerta OR, quad, 2 ent.	8	0.16144783	1.29158264	0.0035447459	6193951.3216
S74 Flip-Flop, dual, con preset y clear	4	0.16144783	0.64579132	0.001727373	6193951.3216
LS74 Flip-Flop, dual, con preset y clear	5	0.16144783	0.80723915	0.0022154662	6193951.3216
74LS74 Flip-Flop, dual, con preset y clear	7	0.16144783	1.45507347	0.0039878932	6193951.3216
74LS112 Flip-Flop J-K, dual, disparador de extremo negativo con preset y clear	2	0.1683078069	0.3366156138	0.0009238409	5941495.0407
LS125 Bus-Buffer, quad, con 3 salidas de estado	5	0.16144783	0.80723915	0.0022154662	6193951.3216
74LS125 Bus-Buffer, quad, con 3 salidas de estado	7	0.16144783	0.48434349	0.0013292797	6193951.3216
S133 Compuerta NAND, 10 ent.	1	0.1683078069	0.1683078069	0.0004619204	5941495.0407
LS138 Decodificador de multiplexor de 3 a 8 líneas	1	0.1683078069	0.1683078069	0.0004619204	5941495.0407
LS153 Selector de datos/multiplexor dual de 4 a 1 línea	1	0.1683078069	0.1683078069	0.0004619204	5941495.0407
74LS153 Selector de datos/multiplexor dual de 4 a 1 línea	2	0.1683078069	0.3366156138	0.0009238409	5941495.0407
S163 Contador de onda prefijable sincrónico de 4 bit con clear sincrónico	1	0.1683078069	0.1683078069	0.0004619204	5941495.0407
S159 Selector de datos/multiplexor quad 2 a 1 línea con salida inversora	2	0.1683078069	0.3366156138	0.0009238409	5941495.0407
S174 Flip-Flop D, hex, con clear	1	0.1683078069	0.1683078069	0.0004619204	5941495.0407
74LS174 Flip-Flop D, hex, con clear	1	0.1683078069	0.1683078069	0.0004619204	5941495.0407
LS175 Flip-Flop D, quad, con salidas complementarias	1	0.1683078069	0.1683078069	0.0004619204	5941495.0407

Cuadro 4.6 Continuación.

CLASE	CANT. RAZON DE FALLAS EN 10E6 HRS.	PROMEDIO DE FALLAS EN 10E6 HRS.	NUMERO ESPERADO DE FALLAS EN 10E6 HRS.	CONTRIBUCION AL NUMERO TOTAL DE FALLAS ESPERADO (%)	VIDA MEDIA ESTIMADA EN HRS.
<b>RESISTENCIA FIJA:</b>					
a) Carbon (composicion)					
47 ohms, 1/4 w, 201	1	0.0375	0.0375	0.0001029187	2666666.667
100 ohms, 1/4 w, 201	2	0.0375	0.075	0.0002058373	2666666.667
150 ohms, 1/4 w, 201	4	0.0375	0.15	0.0004116747	2666666.667
330 ohms, 1/4 w, 201	3	0.0375	0.1125	0.000308756	2666666.667
470 ohms, 1/4 w, 201	2	0.0375	0.075	0.0002058373	2666666.667
510 ohms, 1/4 w, 201	2	0.0375	0.075	0.0002058373	2666666.667
1 koha, 1/4 w, 201	17	0.0375	0.6375	0.0017496174	2666666.667
1.5 kohms, 1/4 w, 201	1	0.0375	0.0375	0.0001029187	2666666.667
2.2 kohms, 1/4 w, 201	10	0.0375	0.375	0.0010291867	2666666.667
4.7 kohms, 1/4 w, 201	06	0.0375	2.55	0.0067994690	2666666.667
10 kohms, 1/4 w, 201	17	0.0375	0.6375	0.0017496174	2666666.667
27 kohms, 1/4 w, 201	7	0.0375	0.2625	0.0007204307	2666666.667
300 kohms, 1/4 w, 201	1	0.0375	0.0375	0.0001029187	2666666.667
b) Carbon (confiabilidad especifica)					
9.2h kohms, 1/4 w, 11	1	0.0075	0.0075	0.0000205837	13333333.33
12.5 kohms, 1/4 w, 11	1	0.0075	0.0075	0.0000205837	13333333.33
<b>CONDENSADOR:</b>					
a) Mica					
620 pF, 5V	1	0.0498149695	0.0498149695	0.0001291711	20074287.108
10 uF, 20 V	2	0.1933859987	0.3867719974	0.000961495	5171005.1747
b) Ceramica					
15 pF	2	0.0607500417	0.1215000834	0.0003334557	16460994.050
c) Ceramica, chip					
100 pF, 5V	1	0.0102530269	0.0102530269	0.00003081394	97532154.50
270 pF, 5V	10	0.0115506957	0.115506957	0.00031170141	8657312.609
10 uF, 5V	1	0.0409180273	0.0409180273	0.000112025	24498979.168
d) Polyester					
0.1 uF, 20 V	90	0.388360316	31.946014591	0.0974017219	2574897.4854
e) Electrolytico					
2.2 uF, -40+85 C, 25 V, Al,	1	0.0271693514	0.9813280542	0.0026932528	3657081.6631
22 uF, 25 V	1	0.0566221791	0.5662217994	0.0013904516	1927817.7645
f) Tantalio					
390 pF	2	0.0879218137	0.1758436274	0.0004876025	11373742.154
<b>CRISTAL DE CUARZO:</b>					
32.768 kHz	1	0.0124370142	0.0124370142	0.0000341334	80405150.271
24 MHz	1	0.0567036784	0.0567036784	0.0001556231	17675540.206
<b>SEMICONDUCTORES DISCRETOS:</b>					
a) Diodos y rectificadores					
1N414B, rapida recuperacion, Si	4	0.0198	0.0792	0.0002171642	50505050.505
<b>DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS:</b>					
a) Dispositivos analiticos lineales bipolares y MOS					
MC4044 Detector de fase/frecuencia	1	0.827246226	0.827246226	0.0022703756	1209829.7031

Cuadro 4.6 Tablas complementarias de datos para el muestreo de tareas de conservaci3n en la placa base de la PC Olivetti M24.

CLASE	CANT.	RAZON PROMEDIO DE FALLAS EN 10E6 HRS.	NUMERO ESPERADO DE FALLAS EN 10E6 HRS.	CONTRIBUCION AL NUMERO TOTAL DE FALLAS ESPERADO (%)	VIDA MEDIA ESTIMADA EN HRS.
74LS175 Flip-Flop D, quad, con salidas complementarias	1	0.1683078069	0.1683078069	0.0004619204	5941495.0407
74LS195 Registro de cambio paralelo de 4 bit con etapa final complementaria	1	0.1683078069	0.1683078069	0.0004619204	5941495.0407
74LS271 Multiplicador monostable dual	2	0.1518165189	0.3036330378	0.0008322225	6595597.3454
74LS241 Buffer octal/Driver de linea/Receptor de linea con salida de 3 estados inversora	1	0.1559380401	0.1559380401	0.0004279716	6412803.4401
74LS241 Buffer octal/Driver de linea/Receptor de linea con salida de 3 estados no inversora	1	0.1559380401	0.1559380401	0.0004279716	6412803.4401
74LS244 Buffer octal/Driver de linea/Receptor de linea con salida de 3 estados no inversora	6	0.1559380401	0.9356282406	0.0025782968	6412803.4401
LS245 Bus transversal octal con salida de 3 estados no inversora	5	0.1559380401	0.7796902005	0.0021395862	6412803.4401
74LS245 Bus transversal octal con salida de 3 estados no inversora	3	0.1559380401	0.4678142903	0.0012829149	6412803.4401
74LS273 Flip-Flop D, octal, con clear	2	0.1559380401	0.3118766802	0.0008559433	6412803.4401
S260 Generador/cheador de paridad odd/even de 2 bit	2	0.16144757	0.32289516	0.0008961865	6193951.3216
74LS373 Cerrojo transparente octal D con salida de 3 estados	4	0.1559380401	0.6237521604	0.0017189865	6412803.4401
74LS374 Flip-Flop D, octal, con salida de 3 estados	1	0.1559380401	0.1559380401	0.0004279716	6412803.4401
74LS393 Contador binario dual de 4 bit	2	0.16144783	0.32289516	0.0008961865	6193951.3216
LS670 Registro de archivos 4x4 con salida de 3 estados	1	0.1683078069	0.1683078069	0.0004619204	5941495.0407
PA1 12L10 Arreglo de compuertas AND-OR inversor, 10ca, de 12 entradas	1	0.9868907409	0.9868907409	0.0027021941	1911501.6567
FAL 14H8 Arreglo de compuertas AND-OR dual de 14 entradas	1	0.7339796142	0.7339796142	0.0014627272	1876375.7482
PA1 16R8 Arreglo de compuertas AND-OR octal de 16 entradas registradas	1	2.115835845	2.115835845	0.005814729	471990.69289
7406 Inversor hex/Buffer con salida a colector abierto de alto voltaje (36 V)	7	0.16144783	1.130134981	0.0031016527	6193951.3216
7438 Buffer NAND, quad, 2 entradas con salida a colector abierto	12	0.16144783	1.93777396	0.0053171169	6193951.3216
6277A Controlador programable de acceso directo a memoria (DPA)	1	1.525919711	1.525919711	0.004190428	654913.28247
B250 Transceptor-receptor universal asincrono (ACE)	1	1.637519971	1.637519971	0.0043941699	619679.61233
9250-5 Timer de intervalo programable (PI)	1	2.069161569	2.069161569	0.0056788097	483287.5378
B259A Controlador programable de interrupciones (PIC)	1	0.6135794992	0.6135794992	0.001683454	1629804.5641
B372A Controlador de disco floppy de simple doble densidad (FDC)	1	3.313661207	3.313661207	0.0090943364	301781.0022
R2047F Generador de reloj y Driver	1	1.792095219	1.792095219	0.0049280074	556913.59086
B288 Controlador del bus	1	2.754462773	2.754462773	0.0075596174	765047.201

CI Memorias de acceso aleatorio (RAM)

MEM6658P15 DRAM de 64k x 1 bit	18	1.799990691	32.213836029	0.088427274	558652.06081
641256C DRAM de 256k x 1 bit	18	3.537477191	63.674589428	0.1747547804	282687.33507

Cuadro 4.6 Continuación.

CLASE	CANT. RAZON PROMEDIO DE FALLAS EN 1000 HRS.	NÚMERO ESPERADO DE FALLAS EN 1000 HRS.	CONTRIBUCION AL TOTAL DE FALLAS ESPERADO (%)	NÚMERO TOTAL DE FALLAS ESPERADO	VIDA MEDIA ESTIMADA EN HRS.
d) Memorias de solo lectura (ROMs) y memorias de solo lectura programables (PROMs) monolíticas bipolares y MOS					
8751C1 PROM de 256 bit con colector abierto de 3 estados	1	0.8008355422	0.8008355422	0.6021978915	1248695.8274
2764 EPROM de 8K con tiempo de acceso de 200 nsec	2	1.12126977	1.42274954	0.604495997	563563.43288
B041 Microcontrolador esclavo/interface universal periférica con ROM de 2048 x 8 bit, RAM de 256 x 8 bit y Contador-Timer de 8 bit (UP1)	1	5.004367856	5.004367856	0.0137345322	199824.63965
e) Monolítico bipolar y dispositivos microprocesadores digitales					
8086 Microprocesador de 16 bit (CPU)	1	50.55382522	50.55382522	0.1387448698	19780.898099
8087 Microprocesador de 16 bit (coprocesador de datos numéricos NDP)	1	112.1333527	112.1333527	0.3077497569	8917.9532755
CONECTORES:					
a) PCB:					
68 pines (EUB)	1	0.0098826965	0.0098826965	0.0001868895	145221853.24
38 pines (BUS)	1	0.0019028826	0.0019028826	0.0001971115	251220875.55
34 pines (Unidad minifloppy)	1	1.0034939294	0.0024939294	0.0000958891	288210707.56
2 pines (Unidad fuente de alimentación)	1	0.000755623	0.000755623	0.0000020738	1323411258.2
25 pines (Conector RS-232; puerto serial)	1	0.0106036541	0.0106036541	0.0000291017	94307112.222
25 pines (Conector Centronics; puerto paralelo)	1	0.0106036541	0.0106036541	0.0000291017	94307112.222
8 pines (Interface teclado)	1	0.0040638518	0.0040638518	0.000011532	246071965.82
TOTAL: 549	105.03656494	364.215366			

Cuadro 4.6 Continuación.



CLASE	CANT. RAZON PROMEDIO	NUMERO ESPERADO	CONTRIBUCION AL NUMERO	VIDA MEDIA
<b>RESISTENCIA FIJA:</b>				
a) Pelicula de carbon				
1 cha, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
10 chas, 1/4 w, 51	3	1.035	3.105	0.0217596934 966183.57488
22 chas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
30 chas, 1/4 w, 51	2	1.035	2.07	0.0145064623 966183.57488
39 chas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
47 chas, 1/4 w, 51	4	1.035	4.14	0.0290129245 966183.57488
68 chas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
75 chas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
100 chas, 1/4 w, 51	2	1.035	2.07	0.0145064623 966183.57488
200 chas, 1/4 w, 51	2	1.035	2.07	0.0145064623 966183.57488
220 chas, 1/4 w, 51	4	1.035	4.14	0.0290129245 966183.57488
240 chas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
270 chas, 1/4 w, 51	2	1.035	2.07	0.0145064623 966183.57488
330 chas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
620 chas, 1/4 w, 51	3	1.035	3.105	0.0217596934 966183.57488
1 koha, 1/4 w, 51	4	1.035	4.14	0.0290129245 966183.57488
1.2 kohas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
2 kohas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
2.2 kohas, 1/4 w, 51	4	1.035	4.14	0.0290129245 966183.57488
3.2 kohas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
4.7 kohas, 1/4 w, 51	5	1.035	5.175	0.0362661556 966183.57488
6.8 kohas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
7.5 kohas, 1/4 w, 51	3	1.035	3.105	0.0217596934 966183.57488
10 kohas, 1/4 w, 51	8	1.035	8.28	0.058025849 966183.57488
12 kohas, 1/4 w, 51	2	1.035	2.07	0.0145064623 966183.57488
15 kohas, 1/4 w, 51	4	1.035	4.14	0.0290129245 966183.57488
20 kohas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
27 kohas, 1/4 w, 51	8	1.035	8.28	0.058025849 966183.57488
30 kohas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
36 kohas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
39 kohas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
47 kohas, 1/4 w, 51	10	1.035	10.35	0.0725323113 966183.57488
75 kohas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
100 kohas, 1/4 w, 51	2	1.035	2.07	0.0145064623 966183.57488
420 kohas, 1/4 w, 51	1	1.035	1.035	0.0072532311 966183.57488
470 kohas, 1/4 w, 51	2	1.035	2.07	0.0145064623 966183.57488
b) Hilo cobreado				
1 cha, 1 w, 51	1	0.645	0.645	0.0045201295 1550387.5949
2 chas, 1 w, 51	1	0.645	0.645	0.0045201295 1550387.5949
56 chas, 5 w, 51	1	0.645	0.645	0.0045201295 1550387.5949
260 chas, 5 w, 51	2	0.645	1.29	0.0090402591 1550387.5949
500 chas, 5 w, 51	1	0.645	0.645	0.0045201295 1550387.5949
20 kohas, 5 w, 51	2	1.0765	2.153	0.0153684404 911992.70406
c) Composicion (ceramf)				
150 chas, 1 w, 51	1	0.0375	0.0375	0.0002627982 2666666.667
220 chas, 1 w, 102	1	0.0375	0.0375	0.0002627982 2666666.667
270 chas, 2 w, 102	1	0.0375	0.0375	0.0002627982 2666666.667
1 koha, 1 w, 51	1	0.0375	0.0375	0.0002627982 2666666.667
150 chas, 2 w, 51	1	0.04125	0.04125	0.0002890781 2424242.242
270 kohas, 1 w, 51	1	0.04125	0.04125	0.0002890781 2424242.242

Cuadro 4.7 Tablas complementarias de datos para el muestreo de tareas de conservación en la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730.

CLASE	CANT. RAZON PROMEDIO NUMERO ESPERADO		CONTRIBUCION AL NUMERO TOTAL DE FALLAS ESPERADO (%)	VIDA MEDIA ESTIMADA EN HRS.
	DE FALLAS POP 10E6 HRS.	DE FALLAS EN 10E6 HRS.		
d) De película (confiabilidad específica)				
1.0 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	7	0.021	0.147	0.0010301691 47619047.619
1.10 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
1.40 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
1.70 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
3.16 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
5.76 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
9.76 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
10.0 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
12.1 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	2	0.021	0.042	0.000294334 47619047.619
15.0 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
16.50 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
19.60 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
20.0 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
21.50 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
44.20 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
47.50 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
51.10 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
99.90 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
100.0 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
129.0 kohms, 1/4 w, 0.1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
130.0 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
150.0 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619
158.0 kohms, 1/4 w, 1%, RM550-F10	1	0.021	0.021	0.000147167 47619047.619

## CAPACITORES

## a) Tercer

10 pF, 100 V, 5%, 200ppm	1	0.0330380457	0.0330380457	0.0002015006 30297950.904
56 pF, 100 V, 5%, 200ppm	1	0.0355771661	0.0355771661	0.0002493231 28107916.165
330 pF, 100 V, 5%, 200ppm	1	0.0456054746	0.0456054746	0.000319601 21927192.072
330 pF, 100 V, 5%, 70ppm	1	0.0456054746	0.0456054746	0.000319601 21927192.072
1000 pF, 100 V, 1%, 200ppm	2	0.0552629268	0.1065258536	0.0007465782 13774785.009

## b) Cuarto

100 pF, 50 V, 5%	2	0.0748473695	0.149694739	0.00066490537 13360522.977
1000 pF, 50V, 10%	1	0.0964020991	0.0964020991	0.00067572215 16371067.433
2200 pF, 250 V, 20%, 15% disco	1	0.1051581741	0.1051581741	0.0007369425 9509484.2465
5600 pF, 50 V, 10%	1	0.1165405933	0.1165405933	0.0008186711 8169701.1247
0.005 uF, 100 V, 20%, 15T, disco	4	0.1150967997	0.4603871999	0.0032263717 8688336.995
0.01 uF, 50 V, 10%	2	0.1742157145	0.348431429	0.00174039957 8050511.1936
0.022 uF, 50 V, +30-20%	2	0.1354499707	0.2708999414	0.00155987745 7281709.7276
0.047 uF, 50 V, +30-20%	1	0.1472676329	0.1472676329	0.0009321446 6799158.3449
0.1 uF, 50V, 10%	12	0.1600208386	1.9202500632	0.0134579218 6249185.0962
0.22 uF, 50 V, 10%	1	0.174519129	0.174519129	0.0012203016 5730030.8696
0.22 uF, 50 V, +30-20% T2U	2	0.174519129	0.349038258	0.0024406036 5730030.8696
1 uF, 50 V, +30-20%	1	0.2061467775	0.2061467775	0.0014444067 4600126.0711
c) Polipropileno				
0.0047 uF, 600 V, 10%	2	0.293124308	0.586248616	0.0041085406 3411405.5322
0.01 uF, 300 V, 10%	1	0.3142257636	0.3142257636	0.0022020765 3182429.2875
0.047 uF, 270 V, 20%	1	0.3625049272	0.3625049272	0.0025290156 2762105.9906

Cuadro 4.7 Continuación.

CLASE	CANT. DE FALLAS POR 10E6 HRS.	RAZON PROMEDIO DE FALLAS POR 10E6 HRS.	NUMERO ESPERADO DE FALLAS EN 10E6 HRS.	CONTRIBUCION AL TOTAL DE FALLAS ESPERADO (%)	VIDA MEDIA ESTIMADA EN HRS.
<b>d) Electroлитico</b>					
2.2 uF, 63 V, +50-10, Al	2	0.3271093514	0.6542187028	0.0045847338	3057081.6631
15 uF, 25 V, +50-10, Al	2	0.4710749272	0.9421498544	0.0066025417	2122804.5524
15 uF, 50 V, +100-10, Al	1	0.4710749272	0.4710749272	0.0033012708	2122804.5524
100 uF, 20 V, +100-10, Al	1	0.57551135	0.57551135	0.0047339516	1430360.0265
<b>SEMICONDUCTORES DISCRETOS:</b>					
<b>a) Diodos y rectificadores</b>					
15N5, 60 V, 300 mA	36	0.126	4.536	0.0317880738	7936507.9365
200 V, 1 A, axial	11	0.126	1.386	0.0097130226	7936507.9365
690 V, 1 A, axial	4	0.126	0.504	0.0035326082	7936507.9365
600 V, 3 A	2	0.126	0.252	0.0017660041	7936507.9365
500 V, 10 A	1	0.126	0.126	0.0008830021	7936507.9365
800 V, 1 A, ultra-fast	1	0.126	0.126	0.0009810021	7936507.9365
<b>b) Tiristores</b>					
Diac Now = 2B	1	1.1	1.1	0.0077087481	909090.90909
SCR 2N5062, 100 V, 0.8 A	1	1.1	1.1	0.0077087481	909090.90909
MC, VDRM = 25	1	1.1	1.1	0.0077087481	909090.90909
DO-41, 400 V, 1 A	4	1.1	4.4	0.0309349922	909090.90909
<b>c) Referencias de voltaje</b>					
Zener 1N751A, 5.1 V, 400 mw, Si	1	0.1215	0.1215	0.0008514663	8230452.6749
<b>d) Reguladores de voltaje</b>					
Stabistor D662 DS, 600 PCB	2	0.1215	0.243	0.0017029325	8230452.6749
<b>d) Transistores</b>					
PNP 1A55, 500 mw, 60-50 P, silicon	5	0.2057	1.0285	0.0071901596	4873294.347
NPN 1A05, 500 mw, 60-50 P, silicon	2	0.135	0.27	0.0055764418	7407407.4074
NPN 2N6475, 175 mw, silicon	2	0.675	1.35	0.0094697367	1481481.4815
NPN 2N4102, 70 mw, silicon	1	0.3375	0.3375	0.0033651841	2962962.962
NPN, 75 mw, silicon	1	0.675	0.675	0.004713461	1481481.4815
FEET M, 350 mw, TO-9C	7	0.864	5.848	0.0181146136	1157407.4074
FEET P J176, 350 mw, silico	1	0.864	0.864	0.0090546712	1157407.4074
<b>e) Dispositivos especiales</b>					
Varistor 150 VAC, supresor transi.	1	0.1215	0.1215	0.0008514663	8230452.6749
<b>DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS</b>					
<b>a) Dispositivos monoliticos lineales bipolares y MOS</b>					
324 Amplificador operacional, Quad	1	0.8082477767	0.8082477767	0.0058641623	1231244.356
339 Comparador de voltaje, Quad	1	0.2690075662	0.2690075662	0.0018851923	3717367.5601
LM353 Comparador de voltaje, Dual	1	0.8082477767	0.8082477767	0.0058641623	1231244.356
<b>b) Dispositivos monoliticos digitales bipolares y MOS</b>					
4071B Computa OP, Quad, 2 ent.	1	0.840066631	0.840066631	0.0058871473	1190381.7663
4073B Computa AND, Triple, 3 ent.	1	0.840066631	0.840066631	0.0058871473	1190381.7663
4019B Computa seleccionable AND-OR, Quad	1	0.847666631	0.847666631	0.0059404077	1179709.0547
4572C Multiplicador ajustable, Dual	1	1.821066631	1.821066631	0.0057539762	1217927.9516
4093B Computa NAND, Quad, 2 ent.	2	0.840066631	1.680133262	0.0117742946	1190381.7663
4025UB Computa NOR, Triple, 2 ent.	1	0.840066631	0.840066631	0.0058871473	1190381.7663
555CN Timer/Oscilador	1	0.818026631	0.818026631	0.005732692	1222454.089

Cuadro 4.7 Continuación.

CLASE	CANT. RAZON PROMEDIO NUMERO ESPERADO		CONTRIBUCION AL NUMERO	VIDA MEDIA
	DE FALLAS POR 10E6 HRS.	DE FALLAS EN 10E6 HRS.		
<b>FUSIBLES:</b>				
1 oha, 2 w, 10%	1	0.01	0.02	0.0001401591 16600000
10 oha, 1 w, 10%	1	0.01	0.01	0.0000700795 10000000
<b>TRANSFORMADOR:</b>				
IFRM, razon de corrientes 1:2:100 PCMT	1	0.6	0.6	0.0042047717 666665.6667
IFRM, pulsos, razon 40:3:21	1	0.015	0.015	0.0001051193 6556666.667
<b>CONECTORES:</b>				
a) PCB				
Header, 6 pin (1x06) .156CC STR	2	0.0007474	0.0014948	0.0000104755 1337971635
Header, 6 pin (1x06) .156CC KEF	2	0.0007474	0.0014948	0.0000104755 1337971635
Header, 24 pos (1x24) .100CC STR	1	0.0017094	0.0017094	0.0000119794 585000585
Mate N Lok, 09 pin (2x05) .250CC HDR	1	0.009028	0.009028	0.0000632678 110766504.20
<b>TOTAL: 28P</b>		<b>64.741510635</b>	<b>142.69502538</b>	<b>1</b>

Cuadro 4.7 Continuación.

Cuadro 4.3 Modelos matemáticos de razón de falla en partes electrónicas, según MIL-HDBK-217E

<u>Clase</u>	<u>Dispositivos Incluidos</u>	<u>Modelo matemático de razón de falla</u>
Dispositivos microelectrónicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Digitales monolíticos bipolares y MOS, registros de corrimiento y arreglos lógicos programables (PLA y PAL)</li> <li>- Lineales monolíticos bipolares y MOS</li> <li>- Microprocesadores digitales monolíticos bipolares y MOS</li> <li>- Memorias de acceso aleatorio (RAMs) monolíticas bipolares y MOS</li> <li>- Memorias de sólo lectura (ROMs) y memorias programables de sólo lectura (PROMs) monolíticas bipolares y MOS</li> </ul>	$\lambda_p = \pi (C_1 \pi_1 + C_2 \pi_2) \pi$ $p = Q_1 T V_1 + 2 E L$
Semiconductores discretos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transistores NPN, PNP de germanio y silicón, FETs y unión</li> <li>- Diodos y rectificadores de uso general (silicón y germanio)</li> </ul>	$\lambda_p = \lambda (\pi_1 \pi_2 \pi_3 \pi_4 \pi_5 \pi_6)$ $p = b E A Q R S^2 C$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diodos reguladores de tensión (zener y avalancha), referencias de tensión</li> </ul>	$\lambda_p = \lambda (\pi_1 \pi_2 \pi_3)$ $p = b E A Q$

Cuadro 4.3 Continuación.

Clase	Dispositivos incluidos	Modelo matemático de razón de falla
Semiconductores discretos	- Tiristores y SCR's	$\lambda = \lambda ( \pi \pi \pi )$ p b Q E R
	- Diodos especiales (varactor, tunel, IMPATT, PIN, Gunn, etc.)	$\lambda = \lambda ( \pi \pi \pi \pi )$ p b E Q R A
Resistencias	- Resistencias fijas (composición, película, hilo bobinado y de montaje superficial) con o sin confiabilidad específica de alta o baja potencia	$\lambda = \lambda ( \pi \pi \pi )$ p b E R Q
	- Resistencias variables (composición, película, cermet, hilo bobinado) de baja, mediana y alta precisión, con o sin confiabilidad específica de alta o baja potencia	$\lambda = \lambda ( \pi \pi \pi \pi \pi \pi )$ p b TAPS R V V C E Q
	- Termistores	$\lambda = \lambda ( \pi \pi )$ p b E Q
Capacitores	- Fijos (papel, metalizados, película plástica, mica, vidrio, cerámica) normales o tipo chip, con o sin confiabilidad específica	$\lambda = \lambda ( \pi \pi \pi \pi )$ p b E Q C V
	- Electrolíticos fijos de dieléctrico	$\lambda = \lambda ( \pi \pi \pi \pi )$ p b E C Q C V

Cuadro 4.3 Continuación.

<u>Clase</u>	<u>Dispositivos Incluidos</u>	<u>Modelo matemático de razón de falla</u>
Capacitores	no sólido, tantalio, óxido de aluminio y electrolítico seco	
Dispositivos inductivos	- Transformadores e inductores (audio, alimentación y pulsos de alta y baja energía)	$\lambda_p = \lambda (\pi \pi)$ $p \quad b \quad E \quad Q$
Cristales de cuarzo		$\lambda_p = \lambda (\pi \pi)$ $p \quad b \quad Q \quad E$
Fusibles	- En cartucho y sencillos, de alta y baja capacidad interruptiva, de potencia y tipo telefónico e instrumental	$\lambda_p = \lambda \pi$ $p \quad b \quad E$
Conectores	- Tipo circuito impreso (1 o 2 pines), interfaces serial y paralela	$\lambda_p = \lambda (\pi \pi \pi)$ $p \quad b \quad E \quad P \quad K$

La descripción de las variables utilizadas en los modelos se da seguidamente (el valor de estas variables, así como la lista de partes se determinó en base a los datos obtenidos en las referencias 57, 58, 63, 64, 65, 66 y 67 [ver bibliografía]).

Cuadro 4.4 Descripción de las variables utilizadas en los modelos matemáticos de razón de fallas en partes electrónicas

<u>Clase</u>	<u>Símbolo de la variable</u>	<u>Descripción</u>
Factores comunes a todas las clases	$\pi$ $E$	Variables ambientales (temperatura, presión, humedad relativa, etc.)

Cuadro 4.4 Continuación

Clase	Símbolo de la variable	Descripción
Factores comunes a todas las clases	$\pi$ Q	Nivel de calidad
Dispositivos microelectrónicos	$\pi$ T	Factor de aceleración en incrementos de temperatura, de acuerdo con la tecnología
	$\pi$ V	Factor de resistencia a sobrecargas de voltaje
	C 1	Factor de complejidad del circuito, basado en el número de transistores, número de compuertas o número de bits
	C 2	Razón de fallas debida a la complejidad del encapsulado
	$\pi$ L	Factor de instrucción del dispositivo
Semiconductores discretos	$\pi$ A	Factor de aplicación (función dentro del circuito)
	$\pi$ R	Efectos por máxima potencia o corrientes elevadas
	$\pi$ C	Factor de complejidad (dispositivos múltiples en un sólo encapsulado)
	$\pi$ SA	Factor de resistencia a sobrecargas de voltaje y potencia
Resistencias	$\pi$ R	Factor de valor óhmico
	$\pi$ C	Factor de construcción
	$\pi$ V	Efectos por variación de voltaje aplicado



Cuadro 4.4 Continuación.

<u>Clase</u>	<u>Símbolo de la variable</u>	<u>Descripción</u>
Resistencias	$\pi$ TAPS	Efectos por derivaciones múltiples en el elemento resistivo
Capacitores	$\pi$ CV	Factor de capacitancia
	$\pi$ C	Factor de construcción
Dispositivos inductivos	$\pi$ C	Factor de construcción individual
	$\pi$ Q	Influencias por especificaciones individuales, y por familia
Conectores	$\pi$ P	Efectos por número de contactos
	$\pi$ K	Efectos por ciclos de conexión y desconexión

- Estimación del número esperado de fallas en 10<sup>6</sup> hrs por clase

$$\text{Número esperado de fallas en } 10^6 \text{ hrs por clase} = \left[ \begin{array}{c} \text{Razón de} \\ \text{fallas} \\ \text{promedio} \end{array} \right] \times \left[ \begin{array}{c} \text{Cantidad de} \\ \text{partes por} \\ \text{clase} \end{array} \right] \quad 4.13$$

- Estimación de la contribución, por clase, al número total de fallas esperado (en porcentaje)

$$\text{Contribución por clase al número total de fallas esperado} = \frac{\text{número esperado de fallas en } 10^6 \text{ hrs por clase}}{\sum \left[ \begin{array}{c} \text{número total esperado de} \\ \text{fallas en } 10^6 \text{ hrs por clase} \end{array} \right]} \quad 4.14$$

CLASE	CANT. RAZON PROMEDIO DE FALLAS POR 1000 HRS.	NUMERO ESPERADO DE FALLAS EN 1000 HRS.	CONTRIBUCION AL NUMERO TOTAL DE FALLAS ESPERADO (%)	VIDA MEDIA ESTIMADA EN HRS.	NUMERO DE FALLAS PARA TAMAÑO ACTUAL DE LA MUESTRA DE TAMAÑO N = 34	TAMAÑO ACTUAL DE LA MUESTRA USADA n	
RESISTENCIA FIJA:	60	0.039544	2.31764	0.0821624821	25944375.259	2.7935243907	3
RESISTENCIA VARIABLE:	1	1.32	1.32	0.0468962939	757575.75758	1.594477292	2
CAPACITOR:	28	0.6587620914	18.44538858	0.6552180776	1517998.7024	22.280814638	22
DIODOS, RECTIFICADORES, TRISTORES, REFERENCIAS Y REGULADORES DE VOLTAJE:	28	0.13435	3.7618	0.123647617	7443245.2547	4.5440189797	5
TRANSISTORES:	8	0.0354645	0.283716	0.0100797404	28197211.296	0.3427111725	0
CONECTORES:	7	0.006237	0.043659	0.0015510982	140333493.67	0.0527373397	0
FUSIBLES:	18	0.01	0.18	0.0013949628	100000000	0.2174287353	0
TRANSFORMADOR:	3	0.6	1.6	0.063949628	1666665.6667	2.1742873527	2
TOTAL: 153			28.14715350	1		34	34

Cuadro 4.8 Muestreo de tareas de conservación en la fuente de alimentación de la PC Olivetti M24.

CLASE	CANT. DE FALLAS EN 10E6 HRS.	RAZON PROMEDIO DE FALLAS EN 10E6 HRS.	NUMERO ESPERADO DE FALLAS EN 10E6 HRS.	CONTRIBUCION AL NUMERO TOTAL DE FALLAS ESPERADO (%)	VIDA MEDIA ESTIMADA EN HRS.	NUMERO DE FALLAS PARA LA MUESTRA DE TAMANO N = 103	TAMANO ACTUAL DE LA MUESTRA USADA
RESISTENCIA FIJA:	137	0.0335	4.5895	0.0116983293	29850746.269	2.1407942568	2
CAPACITOR:	105	0.1676602555	17.604326824	0.0448722545	5964442.7786	8.2116225645	8
CRISTAL DE CUARZO:	2	0.0145703463	0.0691406926	0.000176235	28926525.378	0.0322510072	0
DIODOS Y RECTIFICADORES:	4	0.0198	0.0792	0.0002018755	50505050.305	0.0369432193	0
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS LINEALES:	1	0.827146226	0.827246226	0.0021085954	1208829.9331	0.3858729613	0
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DIGITALES:	251	0.4004165152	100.504545309	0.25617439	2497399.488	46.890826534	47
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DE MEMORIA DE ACCESO ALEATORIO (RAMs):	36	0.663734041	75.894425476	0.2444284921	375412.85451	44.730414057	45
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DE MEMORIA DE SOLO LECTURA Y MEMORIAS DE SOLO LECTURA PROGRAMABLES (ROMs y PROMs):	4	2.5062777227	10.0251108909	0.0255533387	398998.08027	4.6762609911	5
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS MICROPROCESORES DIGITALES:	2	81.34358894	162.68717792	0.4146787614	12293.531829	75.886213344	76
CONECTORES:	7	0.0057580416	0.0403062915	0.000102738	173670157.58	0.0188010627	0
TOTAL:	549		392.32097963		1	183	183

Cuadro 4.9 Muestreo de tareas de conservación en la placa base de la PC Olivetti M24.

CLASE	CANT. RAZON PROMEDIO		NUMERO ESPERADO DE FALLAS EN 10E6 HRS.	CONTRIBUCION AL TOTAL DE FALLAS ESPERADO (1)	VIDA MEDIA ESTIMADA EN HRS.	NUMERO DE FALLAS PARA LA MUESTRA DE TAMANO N = 107	TAMANO ACTUAL DE LA MUESTRA USADA c
	DE FALLAS POR 10E6 HRS.	DE FALLAS EN 10E6 HRS.					
RESISTENCIA FIJA:	136	0.3958507042	81.045170775	0.5887960688	1678272.7501	63.001179362	63
CAPACITOR:	41	0.1982395273	9.1190192572	0.0662577405	5044402.6651	7.0895782326	7
DIODOS, RECTIFICADORES, TRANSISTORES, REFERENCIAS Y REGULADORES DE VOLTAJE:	54	0.4246536462	28.027153846	0.2036420845	2354859.1613	21.789703039	22
TRANSISTORES:	15	0.5365785714	10.1549428571	0.0740687459	1863833.6595	7.9253558118	8
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS LINEALES:	3	0.6359677973	1.9079033618	0.0138626069	1572406.6848	1.4832989432	1
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DIGITALES:	8	0.8352694881	5.6827157051	0.0485529407	1197189.7339	5.1951646601	5
FUSIBLES:	1	0.01	0.02	0.0002179766	100000000	0.0233234917	0
TRANSFORMADOR:	2	0.3975	0.615	0.0044685194	3252032.5203	0.4781315206	0
CONECTORES:	6	0.00305805	0.0183483	0.0001333166	377005771.65	0.0142648809	0
TOTAL:	289		137.6294785	1		107	107

Cuadro 4.10 Muestreo de tareas de conservación en la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730.

- Estimación de la vida media por clase, en hrs.

$$\begin{array}{l} \text{Vida media} \\ \text{por clase} \\ \text{en hrs} \end{array} = \frac{\text{10}^4}{\text{Razón de fallas promedio por clase}} \quad 4.15$$

- Estimación del número de fallas esperadas para la muestra de tamaño N

$$\begin{array}{l} \text{Número de fallas} \\ \text{esperadas para} \\ \text{la muestra de} \\ \text{tamaño N} \end{array} = \left[ \begin{array}{l} \text{Contribución} \\ \text{por clase al} \\ \text{número total} \\ \text{de fallas} \\ \text{esperado} \end{array} \right] \times \left[ \begin{array}{l} \text{Tamaño de} \\ \text{la muestra} \\ \text{N} \end{array} \right] \quad 4.16$$

- Estimación del tamaño de la muestra de tareas de conservación. Se obtiene redondeando a cifras enteras únicamente el número de fallas esperadas para la muestra de tamaño N.

- c) Análisis de tareas de conservación. Observando lo enunciado en el inciso 4.3.7.2 con relación a los requerimientos previos a la determinación de la conservabilidad del sistema (diagramas de conservación del mismo y análisis de conservación por tarea), y la inexistencia de información de esta índole en la Unidad de conservación de equipo de cómputo del I. I. E. México, se optó por considerar equivalentes todos los trabajos de reparación de partes pertenecientes a una misma clase, y una independencia absoluta entre eventos de falla, con el objeto de hacer factible la aplicación del método propuesto. Sin embargo, debe hacerse hincapié en la importancia de dichos requerimientos, dada la diversidad de funciones e interrelaciones de cada parte.
- d) Aplicación de las listas de verificación. La aplicación de las listas de verificación se hizo de acuerdo al procedimiento expuesto en el inciso 4.3.7.3 (cuadros 4.12 a 4.14). El encabezado de las columnas se refiere a las variables que intervienen en las diferentes etapas de conservación, y que seguidamente se enlistan:

Cuadro 4.11 Variables contenidas en verificación y evaluación de las diferentes etapas de la conservación (según MIL-HDBK-472)

<u>Lista de verificación</u>	<u>Categoría general</u>	<u>Referencia</u>	<u>Variable asociada</u>
A	Factores físicos y de diseño	A.1	Acceso externo
		A.2	Seguros y correderas externas
		A.3	Seguros y correderas internas
		A.4	Acceso interno
		A.5	Montaje
		A.6	Métodos de remoción de partes dañadas
		A.7	Número de indicadores de funcionamiento
		A.8	Existencia de indicadores de funcionamiento integrados al equipo
		A.9	Disponibilidad de puntos de referencia para prueba
		A.10	Grado de identificación de los puntos de referencia para prueba
		A.11	Identificación de partes
		A.12	Requerimientos de ajuste
		A.13	Facilidades de prueba sin necesidad de remoción
		A.14	Dispositivos de protección

Cuadro 4.11 Continuación.

<u>Lista de verificación</u>	<u>Categoría general</u>	<u>Referencia</u>	<u>Variable asociada</u>
A	Factores físicos y de diseño	A.15	Seguridad requerida
B	Facilidades dictadas de diseño para conservación	B.1	Requerimientos de equipo de prueba externo
		B.2	Requerimiento de conectores especiales para prueba
		B.3	Requerimientos de material suplementario para reparación (sujetadores, mordazas, bloques, etc.)
		B.4	Naturaleza del contacto visual en caso de trabajo en equipo
		B.5	Necesidades de asistencia del personal operativo
		B.6	Requerimientos de personal técnico
		B.7	Requerimientos de supervisión o contratación de personal suplementario
C	Requerimientos al personal por la índole del trabajo de conservación	C.1	Esfuerzos en brazos, piernas y espalda
		C.2	Dureza y energía
		C.3	Coordinación Manuovisual destreza y habilidad para trabajos manuales

Cuadro 4.11 Continuación.

<u>Lista de verificación</u>	<u>Categoría general</u>	<u>Referencia</u>	<u>Variable asociada</u>
	Requerimientos al personal por la índole del trabajo de conservación	C.4	Agudeza visual
		C.5	Análisis lógico
		C.6	Memoria, raciocinio e ideas
		C.7	Planeación y abastecimiento
		C.8	Atención, exactitud y precaución
		C.9	Concentración, perseverancia y paciencia
		C.10	Iniciativa e insistencia

- e) Estimación de tiempos de conservación. La estimación de los tiempos de conservación correctiva se hizo en base a las ecuaciones 4.7 a 4.12, según puede advertirse en los cuadros 4.15 a 4.17. Los resultados obtenidos para el tiempo medio de parada se resumen en el cuadro 4.18. Obsérvese que el denominador de la fórmula 4.12 invierte el orden de sus elementos debido a que la principal fracción del tiempo de parada es por acciones de conservación preventiva y no correctiva.

Cuadro 4.18 Estimación de tiempos de parada para el sistema propuesto.

Subsistema	$F_c$	$M_{ct}$ (min)	$F_p$	$M_{pt}$ (min)	$M_t = \frac{F_c M_{ct} + F_p M_{pt}}{F_p - F_c}$
Fuente PC M 24	0.034	59.498581	0.253700	40	55.29805906 min.



CLASE	A	B	C	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	A.9	A.10	A.11	A.12	A.13	A.14	A.15	B.1	B.2	B.3	B.4	B.5	B.6	B.7	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	C.6	C.7	C.8	C.9	C.10
RESISTENCIA FIJA:	35	22	27	2	2	2	4	3	2	3	2	2	0	4	4	0	1	4	2	4	4	2	2	4	4	4	4	2	2	2	2	3	3	2	3
RESISTENCIA VARIABLE:	33	22	27	2	2	2	4	3	2	3	2	2	0	4	2	0	1	4	2	4	4	2	2	4	4	4	4	2	2	2	2	3	3	2	3
CAPACITOR:	33	22	27	2	2	2	4	3	2	3	2	2	0	4	4	0	1	2	2	4	4	2	2	4	4	4	4	2	2	2	2	3	3	2	3
DIODOS, RECTIFICADORES, TRIISTORES, REFERENCIAS Y REGULADORES DE VOLTAJE:	34	19	15	2	2	2	3	2	2	2	0	3	4	4	4	0	2	2	2	4	4	2	1	4	2	4	4	1	1	1	1	1	1	0	1
TRANSISTORES:	36	19	14	2	2	2	3	3	2	2	0	3	4	4	4	0	2	3	2	4	4	2	1	4	2	4	4	1	1	1	1	1	1	0	0
CONECTORES:	53	24	25	3	4	4	4	4	4	3	4	4	2	4	4	1	4	3	4	4	2	3	4	4	3	4	3	3	3	1	1	1	3	3	
FISIBLES:	52	25	34	2	3	3	4	4	4	2	4	3	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	
TRANSFORMADOR:	37	22	24	2	2	2	3	2	1	3	1	3	4	2	4	4	2	2	2	4	4	3	2	4	3	3	4	3	2	2	2	1	2	2	3

Quadro 4.12 Aplicación de las listas de verificación en la muestra de tareas de conservación pertenecientes a la fuente de alimentación de la PC Olivetti M24.

CLASE	A	B	C.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	A.9	A.10	A.11	A.12	A.13	A.14	A.15	B.1	B.2	B.3	B.4	B.5	B.6	B.7	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	C.6	C.7	C.8	C.9	C.10	
RESISTENCIA FIJA:	34	25	31	4	3	3	4	4	2	1	1	0	0	4	0	0	0	4	2	4	4	3	4	4	4	4	3	2	2	2	4	4	3	3	
CAPACITOR:	31	25	31	4	3	3	4	4	2	1	1	0	0	1	4	0	0	4	2	4	4	3	4	4	4	4	3	2	2	2	4	4	3	3	
CRISTAL DE CUARZO:	34	24	30	4	3	3	4	4	2	1	1	0	0	4	4	0	0	4	2	4	4	3	3	4	4	4	3	2	2	2	3	4	3	3	
DIODOS Y RECTIFICADORES:	34	22	27	4	3	3	4	4	2	1	1	0	0	2	4	3	0	3	2	3	4	3	3	4	3	4	4	2	2	2	3	3	2	3	
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS LINEALES:	45	17	21	4	3	3	4	4	2	2	2	2	2	4	4	4	2	3	2	2	3	2	3	3	2	4	4	2	1	1	1	2	2	2	
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DIGITALES:	47	12	18	3	3	3	4	3	2	3	3	4	4	4	4	2	4	1	2	2	1	2	2	2	4	4	1	1	1	1	1	2	1	2	
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DE MEMORIA DE ACCESO ALEATORIO (RAMS):	48	9	11	3	3	3	4	3	3	3	2	3	3	4	4	4	2	4	0	1	2	0	2	2	2	4	4	0	0	0	0	1	1	0	1
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DE MEMORIA DE SOLO LECTURA Y MEMORIAS DE SOLO LECTURA PROGRAMABLES (ROMS Y PROMS):	48	7	10	3	3	3	4	3	4	4	2	3	3	4	2	4	4	0	1	2	0	1	2	1	4	4	0	0	0	0	1	0	0	1	
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS MICROPROCESORES DIGITALES:	54	6	16	3	3	3	4	3	4	4	2	3	3	4	4	4	2	4	0	0	2	0	1	2	1	4	4	1	0	0	0	1	0	0	0
CONECTORES:	46	22	25	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	0	0	4	2	0	4	4	2	4	2	4	4	3	3	2	1	2	2	2	2

Cuadro 4.13 Aplicación de las listas de verificación en la muestra de tareas de conservación pertenecientes a la placa base de la PC Olivetti M24.

CLASE	A	B	C	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	A.9	A.10	A.11	A.12	A.13	A.14	A.15	B.1	C.2	B.3	B.4	B.5	B.6	B.7	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	C.6	C.7	C.8	C.9	C.10	
RESISTENCIA FIJA:	30	24	27	2	1	2	3	4	2	3	2	0	0	4	4	0	0	3	2	4	4	2	4	4	4	4	4	2	2	2	3	3	2	2	3	
CAPACITOR:	29	24	27	2	1	2	3	4	2	3	2	0	0	4	4	0	0	2	2	4	4	2	4	4	4	4	4	2	2	2	3	3	2	2	3	
DIODOS, RECTIFICADORES, TIRISTORES, REFERENCIAS Y REGULADORES DE VOLTAJE:	31	22	17	2	1	2	3	4	2	3	2	1	1	2	4	0	1	3	2	4	4	2	3	4	3	4	4	1	1	1	1	1	1	1	2	
TRANSISTORES:	32	21	16	2	1	2	3	4	2	2	2	1	1	4	4	0	1	3	2	4	3	2	3	4	3	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS LINEALES:	36	15	8	2	1	2	3	3	2	2	2	2	3	4	4	0	4	2	1	2	2	2	2	4	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DIGITALES:	34	15	8	2	1	2	3	3	2	2	2	2	3	4	2	0	4	2	1	2	2	2	2	4	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUSIBLES:	44	25	32	2	1	2	3	3	4	4	3	3	4	4	4	0	4	3	2	4	4	3	4	4	4	4	4	1	3	3	3	3	3	3	3	
TRANSFORMADOR:	30	22	20	2	1	2	3	2	2	4	3	3	4	3	4	0	4	1	2	4	4	4	2	4	2	3	4	2	3	3	3	2	2	3	3	
CONECTORES:	48	23	24	2	1	2	3	3	4	4	3	4	0	2	4	4	0	4	3	2	4	4	4	4	4	2	3	4	3	3	3	0	2	0	3	3

Cuadro 4.14 Aplicación de las listas de verificación en la muestra de tareas de conservación pertenecientes a la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730.

CLASE	Mct/componente (MIN.)	Mct/clase (MIN.) en 10Ea HRS.	2		2		desv std log Mct:	Mct promedio (MIN.):
			log Mct 1	Σlog Mct 1	log Mct 1	Σlog Mct 1		
RESISTENCIA FIJA:	50.130264953980537	140.040117813623164	1.7001	4.74927081	2.890340	6.37427531		
RESISTENCIA VARIABLE:	56.233174074053520	89.734276541870641	1.75034	2.79097755	3.363696	4.86479462	0.095664663311996	59.498581382641718
CAPACITADOR:	56.276174074053520	1253.973569141629098	1.75034	39.9990016	3.063650	68.2615116		
DIODOS, RECTIFICADORES, TRANSISTORES, REFERENCIAS Y REGULADORES DE VOLTAJE:	60.701725972068906	465.15373530495354	1.94807	9.85188529	3.794820	17.2437381	procedio log Mct:	
TRANSISTORES:	81.647819044724710	27.714629712641813	1.90872	6.85413966	3.643217	1.24856946	1.764932931638431	83.618794011460151
CONECTORES:	66.169626975127007	6.852743109147232	1.2687	0.36374362	1.460955	0.07701691		
FUEBLES:	12.732068746529657	2.768354119895412	1.1949	0.24023706	1.226804	0.26543787	1.922791302786664	
TRANSFORMADOR:	48.155955095678249	104.704883225927648	1.68265	3.65856461	2.513311	5.15208374		
TOTAL:		2022.951767027225596						

Cuadro 4.15 Cálculo de tiempos de conservación en la muestra de tareas de conservación pertenecientes a la fuente de alimentación de la PC Olivetti M24.

CLASE	Mct/componente (MIN.)	Mct/clase (MIN.) en 10E6 HRS.	log Mct 1	Σ log Mct 1	log Mct <sup>2</sup> 1	Σ log Mct <sup>2</sup> 1		
RESISTENCIA FIJA:	38.891079676402087	83.251800011	1.58985	1.40354174	2.527623	5.41112084	desv std	Mct promedio (MIN.):
CAPACITOR:	46.260468650979756	129.87148358	1.86521	13.6740766	2.771924	22.7702081	log Mct:	
CRISTAL DE CUARZO:	42.786789459151691	1.3799815583	1.63133	0.05261293	2.661237	0.09582759	0.104201428643259	84.401605890284062
DIODOS Y RECTIFICADORES:	53.110344181174161	1.4622518101	1.72522	0.06323519	2.976284	0.16957220	proce log Mct:	
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS LINEALES:	46.476124514371952	12.933883793	1.26723	0.64337898	2.779655	1.07259405	1.914991148762972	M max (MIN.):
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DIGITALES:	63.484273910754511	1975.2623044	1.80253	84.5040982	3.279114	152.321168		
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DE MEMORIA DE ACCESO ALEATORIO (RAMs):	88.020596548232031	3946.143914	1.94557	87.0261516	3.785242	169.315469	Y	122.011986603565520
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DE MEMORIA DE SOLO LECTURA Y MEMORIAS DE SOLO LECTURA PROGRAMABLES (ROMs Y PROMs):	104.135786150943453	486.96611457	2.0176	9.43482417	4.070769	19.0357012		
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS MICROPROCESORES DIGITALES:	89.518915801328775	7552.189564	1.97791	151.613824	3.991644	302.910776		
CONECTORES:	27.501299752516592	1.524592886	1.44564	0.02717956	2.089875	0.03929187		
TOTAL:		15445.4938779						

1425

Cuadro 4.16 Cálculo de tiempos de conservación en la muestra de tareas de conservación pertenecientes a la placa base de la PC Olivetti M24.

CLASE	Mct/componente (MIN.)	Mct/clase (MIN.) en 10E6 HRS.	2		2		desv std log Mct:	Mct promedio (MIN.):
			log Mct (por clase)	Σ log Mct i	log Mct (por clase)	Σ log Mct i		
RESISTENCIA FIJA:	59.156732771051460	3663.942752471769438	1.7646	111.171881	3.113813	196.173901		
CAPACITOR:	61.619759649488601	436.858106708380446	1.78972	12.6883599	3.203097	22.7086115		
DIODOS, RECTIFICADORES, TIRISTORES, REFERENCIAS + REGULADORES DE VOLTAJE:	91.260595391840490	1770.647742124316207	1.96988	41.6157180	2.647641	79.4810275	0.104118094598483	69.854742960518018
TRANSISTORES:	91.360093057071910	648.742268906576275	1.92624	15.2661373	2.710400	29.4062444		promedio log Mct: M. max (MIN.):
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS LINEALES:	124.882044459039678	185.257404568063589	2.0965	3.10973623	4.395312	6.51956201	1.830182926073021	100.336094320374984
DISPOSITIVOS MICROELECTRONICOS DIGITALES:	140.197413044150823	728.348445682506131	2.14674	11.1526677	4.668492	23.9418780	Y:	
FUSIBLES:	21.267674262461208	0.496936424940135	1.32772	0.43096706	1.762840	0.04111559	2.001457191687525	
TRANSFORMADOR:	41.496988607393636	19.645783121706054	1.61381	0.77161752	2.664382	1.24523762		
CONECTORES:	37.774671662854948	0.536479879364412	1.57674	0.00749200	2.486109	0.02545494		
TOTAL:		7474.457495867707662						

Cuadro 4.17 Cálculo de tiempos de conservación en la muestra de áreas de conservación pertenecientes a la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730.

Cuadro 4.18 Continuación.

Subsistema	F <sub>c</sub>	M (min) ct	F <sub>p</sub>	M (min) pt	$M_t = \frac{F_c M_{ct} + F_p M_{pt}}{F_c - F_p}$
Placa base PC M 24	0.183	84.401606	0.795246	40	77.18354563 min.
Tarjeta principal de fuente H7200 del CPU VAX 11/730	0.107	69.854743	0.228325	90	115.5437466 min.

En el capítulo siguiente se hace la evaluación técnica de los resultados obtenidos comparándolos contra los tiempos promedio actuales c

#### 4.6 PLANEACION DE ACTIVIDADES.

En los incisos anteriores se ha propuesto un método para la predicción del número esperado de horas que un equipo permanecerá fuera de servicio (por la aparición de una falla y/o la ejecución de labores de conservación), que permita:

- conocer aquellas áreas con conservabilidad deficiente que justifican mejoramientos, modificaciones o rediseños del sistema
- elaborar una estimación temprana que indique si el tiempo predicho de parada, la calidad y cantidad de personal, herramientas y equipo de prueba, son adecuados y consistentes con las necesidades operacionales que el sistema requiere.

Fundamentada en dichas estimaciones, la planeación de las actividades para el proyecto propuesto se facilita significativamente.

En general, la planeación de actividades comprende tres áreas básicas que son:

---

c Para F<sub>p</sub> y M<sub>pt</sub>, debe hacerse previamente el cálculo indicado en el inciso 4.7.

1. Planeación a largo plazo. Su objetivo es mantener a día los objetivos, políticas y procedimientos de conservación, a efecto de que se hallen de acuerdo con los fines de la empresa. Para ello es necesario conocer las necesidades de las diversas actividades productivas, así como las predicciones de comportamiento de los diversos equipos utilizados. Además, se requiere una proyección de dos factores específicos de suma importancia; ellos son:

- los cambios en el equipo de conservación y en las necesidades de instalaciones
- los cambios en el equipo de producción por perfeccionamientos tecnológicos

2. Planeación a corto plazo. Su función es vincular la previsión a largo plazo de las necesidades de conservación con la que deba realizarse cada día, aún cuando el lapso real cubierto comprenda aproximadamente un año. Comprende tres fases básicas:

- instalación de nuevo equipo
- trabajos de carácter cíclico
- labores de conservación preventiva y predictiva

3. Planeación de trabajos inmediatos. Comprende planes inmediatos de la función de conservación y es elaborada por técnicos del grupo de control de conservación.

Para la planeación de los trabajos de conservación hay cierto número de técnicas disponibles, entre ellas están: (4)(28)

- \* Gráficas de Gantt. Ideada por Henry L Gantt en la Primera Guerra Mundial, es empleada en la planeación maestra o programación. Cada tarea se anota en la porción izquierda de la gráfica. Los tiempos proyectados o programados se trazan hacia la derecha en una escala calendárica horizontal y en forma de columnas o barras sin sombrear, cuya longitud expresa el tiempo calculado de duración para el trabajo. El desempeño real se expresa mediante una columna o barra sombreada. Tiene como desventaja que no apunta los problemas o demoras sino hasta que han tenido lugar.
- \* Método de barras. Ideado en la Segunda Guerra Mundial, es un perfeccionamiento de las Gráficas de Gantt. Mediante bloques o barras individuales sobreadas incluidos dentro de las no sombreadas se indican los puntos definidos de los tiempos, lo cual resulta ventajoso en la planeación y control. No obstante,



carece de capacidad predictiva.

\* Método PERT. La Técnica de Revisión y Evaluación de Programas emplea un diagrama de flechas que representa las diversas interrelaciones entre los distintos componentes de un proyecto, a saber:

- eventos o nudos: constituyen un punto claramente definido en el señalamiento del tiempo en que principia o termina un trabajo del proyecto
- trabajos o actividades: se desarrollan entre evento y evento, y deben terminarse antes de iniciar la siguiente actividad. Son representadas mediante flechas.

Este método exige establecer el trazo de eventos y tareas, estimar su tiempo de duración y fijar fechas para cada evento. La determinación del mayor tiempo transcurrido a lo largo del diagrama es el camino crítico.

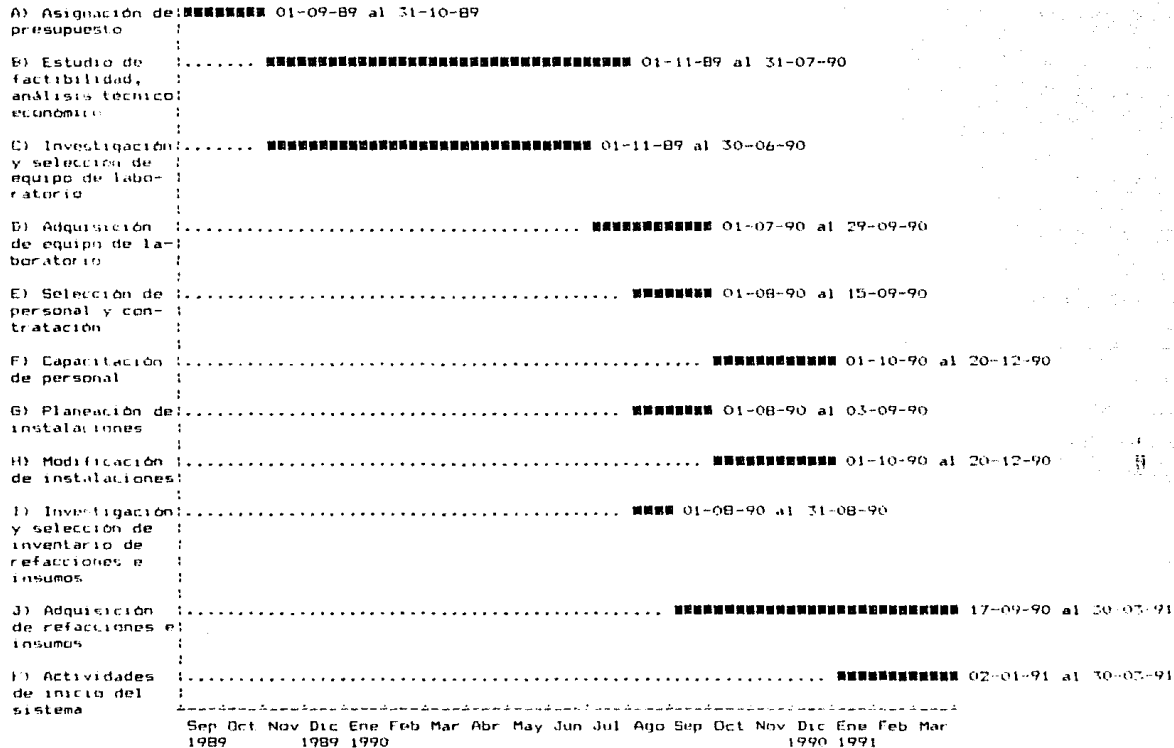
Posee la ventaja de una flexibilidad extrema en cuanto a fechas, además de permitir la determinación exacta y en cualquier momento de elementos del diagrama que ocasionen demoras a efecto de abreviar el tiempo previsto para la terminación del proyecto. En su metodología original consideraba adicionalmente la estimación de tiempos de cada una de las actividades como distribuciones de probabilidad, calculando los tiempos de realización optimista, más probable y pesimista.

\* Método de la ruta crítica. En su forma de ejecución es similar al método anterior, pero difiere en detalles de la preparación del diagrama y en el hecho de que sólo emplea la estimación del tiempo singular, esto es, sigue únicamente el modelo determinístico del PERT. En este método las actividades son representadas como si ocurrieran en los nudos, siendo las flechas la secuencia de realización. Este modo de trazado del diagrama tiene la ventaja de que no se necesita el empleo de actividades fantasma.

En general, tanto este método como el anterior llevan mejoramientos básicos en la profundidad de la planeación de cualquier proyecto, dando por resultado mejores estimaciones de tiempos y aumentando la capacidad de éste por la pronta identificación de eventos que no han sido completados.

En las figura 4.4 y 4.5 se ejemplifican los métodos de ruta crítica y gráficas de Gantt, aplicándolos a la planeación de las actividades iniciales para proyecto propuesto.

**ACTIVIDAD**



145A

**FIGURA 4.4** GRAFICO DE GANTT DE ACTIVIDADES PARA INICIACION DEL PROYECTO.

E. S. : TIEMPO DE INICIACION MAS TEMPRANO  
 E. F. : TIEMPO DE TERMINACION MAS TEMPRANO  
 L. S. : TIEMPO DE INICIACION MAS LEJANO  
 L. F. : TIEMPO DE TERMINACION MAS LEJANO  
 MARGEN TOTAL : L. F. - L. S. - E. F. - E. S.  
 MARGEN LIBRE : E. F. - E. S. (SUCESSORAS)

→ RUTA CRITICA

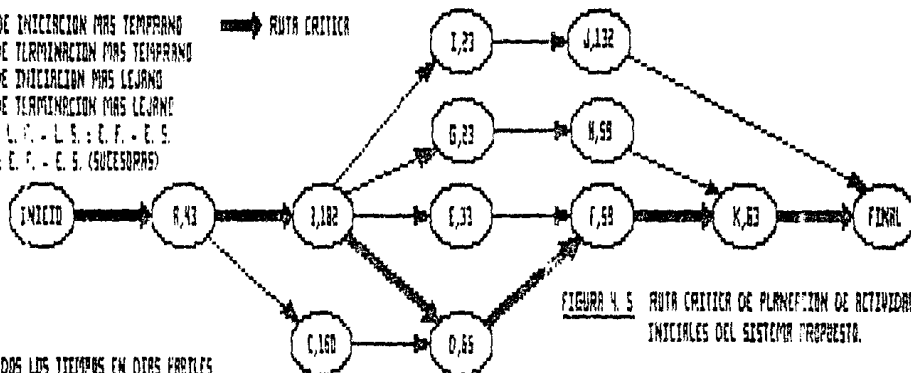


FIGURA 4.5 RUTA CRITICA DE PLANIFICACION DE ACTIVIDADES INICIALES DEL SISTEMA PROPUESTO.

NOTA: TODOS LOS TIEMPOS EN DIAS HAJILES

CODIGO	ACTIVIDAD	DURACION	E. S.	L. S.	E. F.	L. F.	MARGEN TOTAL	MARGEN LIBRE
A	ASIGNACION DE PRESUPUESTO	43	0	0	43	43	0	0
B	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD; ANALISIS TECNICO-ECONOMICO	182	43	43	225	225	0	0
C	INVESTIGACION Y SELECCION DE EQUIPO DE LABORATORIO	160	43	65	203	225	22	22
D	ADQUISICION DE EQUIPO DE LABORATORIO	65	225	225	290	290	0	0
E	SELECCION DE PERSONAL Y CONTRATACION	33	225	257	259	290	32	32
F	CAPACITACION DEL PERSONAL	59	290	290	349	349	0	0
G	PLANIFICACION DE INSTALACIONES	23	225	267	248	290	42	0
H	MODIFICACION DE INSTALACIONES	59	248	290	307	349	42	42
I	INVESTIGACION Y SELECCION DE INVENTARIO DE REFRACCIONES E INSUMOS	23	225	257	248	290	32	0
J	ADQUISICION DE REFRACCIONES E INSUMOS	132	248	280	380	412	32	0
K	ACTIVIDADES DE INICIO DEL SISTEMA	63	349	349	412	412	0	0

#### 4.7 PROGRAMACION DE ACTIVIDADES.

La importancia de la programación de actividades de conservación radica en el hecho de que ésta determina la complejidad de la unidad que preste el servicio. En general, existe un cierto número de fuentes de información disponibles para su ejecución, y son, entre otras:

- las órdenes de trabajos de conservación
- las formas para programación de actividades
- el plan de trabajos.

Independientemente del tamaño de la empresa, deberán emplearse

las siguientes clases fundamentales de programas: (3)

- \* Programas de desmontaje e inspección para conservación preventiva. Su frecuencia de realización depende del tipo de equipo, además de la experiencia práctica y de estimaciones estadísticas, buscando un costo mínimo de conservación. Deben integrarse a los programas diarios y semanales a fin de que entren a formar parte del programa general de conservación de la empresa, asegurando su continuidad y regularidad.
- \* Programas semanales de trabajos. Proporciona a cada sección de la unidad de servicio una información precisa concerniente a los trabajos a realizar en cada semana y el número de horas/hombre necesario diariamente para cada tarea, previendo la ocurrencia de posibles trabajos de urgencia mediante el uso del análisis estadístico de datos recogidos de periodos anteriores. Los datos relativos a las horas/hombre servirán para programar la actividad del personal de conservación y comprobar si la cantidad de recursos humanos disponibles es la adecuada o se requiere una ampliación. Además, la posibilidad de analizar estadísticamente los trabajos urgentes, constituye una ventaja más de este tipo de programas. En algunos casos, un programa más eficiente de conservación preventiva basado en dicho análisis permitirá reducir substancialmente la cantidad de trabajo no programado.
- \* Programa diario de asignación de trabajos. Este tipo de programas están basados en el anterior, con las modificaciones necesarias para enfrentar las variaciones producidas por trabajos no programados y retrasos o adelantos inesperados de los programados. La importancia y complejidad de cada empresa determinarán si este programa deberá hacerse en forma oral o escrita. De cualquier manera, el personal a cargo deberá informar al

terminar el trabajo al grupo de programación. Así, el progreso de cada día se reflejará en el día siguiente. Su ventaja principal radica en la detección de necesidades adicionales de capacitación, de nuevas herramientas o nuevos procedimientos.

La cantidad de carga de trabajo pendiente óptima determinada por programación puede variar de acuerdo al criterio del analista. Hay quien insiste que una carga de 1 a 3 días es suficiente; otros sugieren que la carga no debe ser mayor a 10 días. Sin embargo, en aquellos casos en los que se dispone de materiales adecuados, puede reducirse la carga a la mínima necesaria para que el analista y el programador dispongan del tiempo preciso para su labor. La experiencia práctica ha demostrado que una carga para 5 a 10 días resulta adecuada con objeto de reaccionar rápidamente ante eventos inesperados.

(55)

Para el proyecto propuesto, se optó por un modelo matemático que facilita la realización de programas de conservación preventiva mediante el cálculo de la frecuencia óptima de inspección que minimiza el tiempo de parada por este concepto. Las consideraciones previas del modelo son:

- a) Las fallas del sistema ocurren de acuerdo a una distribución exponencial negativa con una vida media  $1/\lambda$  donde  $\lambda$  es la razón media de fallas
- b) Los tiempos de reparación tiene una distribución exponencial negativa con un tiempo medio  $1/\mu$
- c) De acuerdo con la política de inspección, se realizan  $n$  inspecciones por unidad de tiempo. Los tiempos de inspección poseen una distribución exponencial negativa con un tiempo promedio  $1/i$
- d) La razón de falla del equipo  $\lambda$ , es una función de  $n$ , la frecuencia de inspección. Esto es, el número de fallas por unidad de tiempo puede ser afectado por el número de inspecciones, por lo tanto  $\lambda = \lambda(n)$ .
- e) El objetivo es seleccionar  $n$  a fin de minimizar el tiempo de inspección por unidad de tiempo.

El número total de paradas por unidad de tiempo  $D(n)$  es, entonces, función de la frecuencia de inspección  $n$ . Así:

$$D(n) = \left[ \begin{array}{l} \text{Paradas debidas a} \\ \text{reparaciones por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{l} \text{Paradas debidas a} \\ \text{inspecciones por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right]$$

$$= \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{1} \quad 4.17$$

suponiendo que la razón de falla varía inversamente con el número de inspecciones, es decir

$$\lambda(n) = k/n$$

donde  $k$ : razón de arribos a paradas (detenciones del servicio) por unidad de tiempo cuando se realiza una sola inspección por unidad de tiempo

y sustituyendo 4.17, tenemos:

$$D(n) = \frac{k}{n\mu} + \frac{n}{1}$$

derivando esta última expresión con respecto a  $n$  e igualando a cero

$$D'(n) = -\frac{k}{n^2\mu} + \frac{1}{1} = 0$$

de donde

$$n = \left[ \frac{ki}{\mu} \right]^{1/2} \quad 4.18$$

De los resultados obtenidos para el sistema propuesto mostrados en los cuadros 4.15 a 4.17, los datos medidos en labores recientes de conservación preventiva y la aplicación de la expresión 4.18, obtenemos lo siguiente (advértase que los resultados son para un subsistema):

Cuadro 4.19 Número de inspecciones de conservación preventiva para el sistema propuesto

Subsistema	Número de paradas esperadas -3 k (10 fallas/mes)	Tiempo promedio por reparación -3 l/p (10 meses)	Tiempo promedio por inspección -3 l/i (10 meses)	Número de inspecciones/mes n -2 x 10
Fuente de alimentación de PC Olivetti M24	2.27526315	5.634335359	3.787878788	7.458776548 [0.89505319 insp./año]
Placa base de PC Olivetti M24	115.342367	7.992576318	3.787878788	0.233802457 [2.80562948 insp./año]
Tarjeta principal de fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730	40.4630666	6.615032477	8.522727273	0.228324598 [2.73989518 insp./año]

Con el objeto de asegurar una operación confiable del sistema, las inspecciones por conservación preventiva deberán observar los requerimientos específicos de cada componente. Sin embargo, existen lineamientos generales a seguir independientemente del subsistema que se trate, y son:

1. Contar con los elementos necesarios para la inspección, tales como:
  - Destornilladores (plano, cruz, caja, estrella, etc.)
  - Pinzas (de punta, cort. de presión, etc.)
  - Neutralizadores
  - Navajas y herramientas de corte
  - Aspiradora
  - Elementos de limpieza (sustancias químicas, trapos, brocha, etc.)
  - Insertor y extractor de circuitos integrados
  - Sistemas de protección antiestática (anillos de tierra, tapetes y tableros aislantes)
  - Discos de limpieza y diagnóstico del sistema
  - Multímetro y osciloscopio

2. Verificar el estado de funcionamiento del equipo previo a la inspección, anotando las observaciones correspondientes (ver figuras 1.2 a 1.4)
3. Desmontar cuidadosamente cada subsistema, cuidando observar la posición de los conectores para evitar errores posteriores de ensamblaje, evitando posibles descargas por electricidad estática
4. Proceder a la limpieza de cada subsistema retirando el polvo grueso procurando no absorber tornillos o componentes electrónicos pequeños
5. Examinar cuidadosamente cada subsistema, localizando fallas menores como cables rotos o desoldados, componentes dañados, etc. y realizar las acciones pertinentes
6. Realizadas las acciones necesarias, aplicar a la circuitería del subsistema alguna sustancia química limpiadora desengrasante antiestática, quitando cualquier exceso con un soplador o un trapo limpio con objeto de eliminar cortos circuitos. En general, no deberán usarse productos domésticos de limpieza para esta labor, ya que contienen ingredientes que atacan el material básico de los componentes electrónicos dejando residuos. (38)  
Posteriormente, presionar suavemente aquellos circuitos integrados montados sobre bases para evitar la posibilidad de falsos contactos.
7. Limpiar la cubierta o carcasa exterior con alguna sustancia química limpiadora desengrasante sobre una superficie libre de estática. En caso necesario, aplicar un pulidor fino en las áreas que así lo requieran
8. Finalizada la limpieza, ensamblar nuevamente los subsistemas montando convenientemente los conectores retirados y colocando las cubiertas y tornillos respectivos
9. Efectuar una revisión final general del sistema comprobando todas sus funciones (con auxilio de programas y discos de diagnóstico) a fin de hacer las correcciones pertinentes dado el caso. Anotar las actividades realizadas y el estado de operación del equipo al terminar la inspección.



#### 4.8 TECNICAS DE REPARACION.

El constante incremento en el número y utilización de equipos de cómputo dentro de una empresa implica un cambio significativo en la forma en la que ésta asegura, a través de un sistema de conservación, su disponibilidad y confiabilidad de operación en todo momento.

La tecnología con la que se fabrican las diversas partes electrónicas que conforman dichos equipos (circuitos integrados, compuertas lógicas, memorias, controladores, microprocesadores, etc.) avanza cada día más, con el consiguiente aumento de complejidad, lo que origina dificultades en la detección del o los sistemas, circuitos y componentes defectuosos, en caso de presentarse una falla.

Las fallas pueden definirse como "cualquier condición física que causa una respuesta incorrecta cuando un dispositivo es

(22)

ejercitado en la realización de una función específica".

Las fallas en sistemas de este clase pueden clasificarse como se describe a continuación.

Cuadro 4.20 Clasificación de fallas en equipos electrónicos

<u>Clasificación</u>	<u>Características</u>	<u>Causas</u>	<u>Consecuencias</u>
Estáticas: corte o apertura de la trayectoria de una señal en el circuito	Cortos: conducción eléctrica en sitios erróneos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallas mecánicas</li> <li>- Soldaduras incorrectas</li> <li>- Instalación de componentes incorrectos o impropriadamente instalados</li> </ul>	- Detención de la operación del sistema
	Aperturas: falta de conducción eléctrica cuando se requiere	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobrecarga eléctrica</li> <li>- Condiciones operativas inadecuadas</li> <li>- Falta de componentes, o</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variación de la velocidad de interconexión circuital</li> <li>- Degradación de</li> </ul>

Cuadro 4.20 Continuación

<u>Clasificación</u>	<u>Características</u>	<u>Causas</u>	<u>Consecuencias</u>
		componentes defectuosos - Instalación de componentes incorrectos o impropriadamente instalados	la inmunidad al ruido de los componentes
Dinámicas: errores dependientes del tiempo (su detección es más difícil en comparación con las estáticas)	Velocidad de operación y respuesta lentas	- Pérdidas en la calidad de las señales	- Problemas en el establecimiento y resolución de proposiciones lógicas - Problemas en la entrada, salida y direccionamiento de datos - Inestabilidad en el ciclo de tiempo de la máquina - Dificultades en la captura, retención y manejo de datos

La amplia variedad de técnicas de reparación disponibles para

este tipo de equipos y los costos, tiempos y necesidades de capacitación asociados, deben ser cuidadosamente evaluados antes de su aplicación. Es por esta razón que, previo al establecimiento de la infraestructura requerida por el sistema, se procede a analizar de forma general las diversas técnicas de reparación que actualmente se aplican a dichos equipos.

#### 4.8.1 PASOS FUNDAMENTALES DE UNA REPARACION.

La resolución de los problemas de funcionamiento presentados en equipos de cómputo requieren, además del uso de equipos de prueba especiales como probadores lógicos, multímetros digitales, osciloscopios y analizadores lógicos, la aplicación de técnicas deductivas de reparación que permitan:

- el aislamiento del problema
- la determinación de la causa o causas de origen
- la sustitución del componente defectuoso, y el restablecimiento del servicio.

A fin de obtener un buen resultado y una óptima utilización de los recursos antes citados, en toda reparación de equipo de esta clase es necesario realizar, independientemente de la técnica de reparación aplicada, los siguientes pasos: (22)

1. Conservar la calma
2. Realizar una inspección visual, auditiva, etc.
3. Reintentar la operación
4. Recopilar información sobre fallas comunes del equipo
5. Analizar los síntomas, y formular una hipótesis sobre el origen de la falla
6. Emplear la información y especificaciones correctas para el servicio
7. Emplear el equipo de prueba apropiado
8. Identificar la falla
9. Localizar el subsistema defectuoso
10. Aislar el componente defectuoso
11. Reemplazar la parte que ha fallado
12. Probar, ajustar y verificar el equipo.

#### 4.8.2 CLASIFICACION.

En general, existen tres métodos para detectar y reparar la parte que ha fallado, y son: (22)(43)

- a) Intercambio de subensambles. Si el equipo esta compuesto por subensambles, la detección y reparación de la parte defectuosa puede realizarse mediante el

reemplazo del módulo donde se ubique. Esta técnica resulta especialmente útil cuando:

- un problema de carácter mecánico afecta a la unidad
- el equipo contiene módulos de desconexión sencilla
- la parte defectuosa sea difícil de detectar
- se cuente con una cantidad suficiente de subensambles similares
- se carezca de la infraestructura, personal y tiempo necesarios para su reparación
- el servicio proporcionado por el equipo sea requerido con urgencia
- la parte dañada sea difícil de conseguir
- la comparación entre costos por intercambio y por reparación de la parte dañada así lo justifique

No obstante, esta técnica tiene los siguientes inconvenientes:

- el manipuleo frecuente puede dar lugar a fallas en componentes delicados
- se requiere una inversión económica relativamente elevada y proveedores altamente confiables
- un error en la detección del módulo defectuoso puede ocasionar daños en el reemplazo.

b) Prueba individual con remoción. Esta técnica considera al equipo como una colección de componentes, los cuales poseen la capacidad de funcionar separadamente. Así, es factible aplicar señales de prueba a la entrada de éstos para medir posteriormente su respuesta a la salida, y confrontarla contra patrones previamente conocidos. Esta técnica resulta adecuada cuando:

- la complejidad del equipo sea elevada
- la prueba sin remoción dentro del equipo pueda ocasionar daños en componentes adyacentes
- se cuente previamente con la infraestructura y recursos adecuados para la reparación, y no se desee invertir en subensambles adicionales
- se trate de un circuito con componentes microelectrónicos digitales o microprocesadores

Sus desventajas son:

- la incorrecta aplicación de señales puede dar lugar a densidades elevadas de corriente, gradientes de temperatura y voltajes excesivos en partes críticas del circuito, así como degradación en la calidad de funcionamiento

- es necesario un conocimiento profundo del equipo y una planeación detallada de estrategias de verificación, así como un alto grado de experiencia en manejo de partes electrónicas, soldadura y equipo de prueba y medición

- c) Prueba funcional (sin remoción). Esta técnica considera equipo como una entidad funcional simple, evaluando cada componente en un ambiente que emula al equipo del cual proviene. Así, es factible integrar un subconjunto de pruebas funcionales en forma de programas que ejerciten ciertas funciones del sistema. Cuando se ejecutan dichos programas, un equipo de prueba adicional monitorea puntos específicos a objeto de determinar la operación correcta (o incorrecta) en dichos nodos. Otra forma es la aplicación de señales de prueba a la entrada del circuito para medir y observar la respuesta a la salida, la cual a su vez es comparada contra los resultados obtenidos de la misma señal de otro equipo en buen estado, que es tomado como modelo. Es importante notar que el nodo de prueba debe ser observable y estar íntimamente relacionado con la operación en cuestión, para no provocar una reacción adversa en el circuito a ser medido.

Sin embargo, debe notarse la creciente tendencia a disminuir los trabajos de reparación a nivel componente, como consecuencia del alto grado de complejidad derivado de los rápidos cambios realizados en los diseños circuitales y de su elevada densidad por unidad de volumen, como es el caso de los circuitos multicapa, donde se necesita un equipo altamente especializado.

#### 4.8.3 HERRAMIENTAS E INSTRUMENTAL.

En la actualidad existe una amplia variedad de herramientas e instrumental de diagnóstico disponibles para la reparación de equipo de cómputo. Cada uno está limitado en ciertos aspectos, pero puede ser aplicado para resolver tareas específicas en conjunto con otros métodos para localización de fallas. Analizadores lógicos, grapas lógicas, osciloscopios digitales, generadores de señales, analizadores de señales y probadores lógicos pueden ser empleados individualmente o en combinación con otros sistemas de diagnóstico del fabricante. Como es de suponerse, la adquisición de dichos dispositivos implica un estudio profundo a fin de optimizar la reparación, simultáneamente con la evaluación del nivel existente de experiencia técnica del personal a cargo.

A continuación se hace una breve descripción del instrumental que con más frecuencia se emplea en este tipo de labores.

(22)(43)(45)

- a) **Multímetros.** Actualmente se prefiere el uso de multímetros digitales para la verificación de circuitos electrónicos porque ofrecen funciones que cubren bien las pruebas incluidas por este concepto, además de elevada precisión y exactitud. Adicionalmente, poseen circuitos de entrada de elevada impedancia que limitan los efectos causados por su utilización en circuitos digitales, donde los voltajes y corrientes son más pequeños en comparación con los circuitos analógicos.
- b) **Grapas lógicas.** Básicamente, consiste en una pinza con un conector de varias vías en un extremo, donde se insertan probadores para medición y monitoreo con objeto de determinar el nivel lógico de cualquier pata del circuito sometido a prueba. Existe otro tipo de grapa lógica que incluye un dispositivo de monitoreo con diodos emisores de luz (LED) que indican continuamente la condición lógica de cada pata del chip. Todas las señales son almacenadas, de tal suerte que la grapa no se sobrecarga cuando el circuito está energizado. Es factible obtener diversas variedades de grapas lógicas para operar con la mayoría de las familias circuitales lógicas, incluyendo TTL y CMOS, en voltajes de hasta 30 volts CD. A objeto de evitar corto circuito entre alguna de las patas del circuito a verificar, debe cortarse el suministro de energía previamente a la instalación de este dispositivo.
- c) **Probadores lógicos.** Son instrumentos de bajo costo que pueden ser utilizados individualmente o con algún otro equipo convencional. Cuando un probador lógico es colocado contra una pata del circuito que se sospecha en mal estado, una luz indicadora cerca de la punta de prueba indica el estado lógico en ese sitio. La punta de prueba de los probadores lógicos actuales está protegida contra posibles contactos accidentales con fuentes de alto voltaje. Algunos probadores poseen luces indicadoras y puntas de prueba separadas para voltajes lógicos altos y bajos, y capacidad de almacenar pulsos de corta duración que indiquen el estado del chip en ese punto. La facilidad de empleo y las habilidades antes mencionadas hacen de este dispositivo una herramienta universalmente aceptada en el diagnóstico de fallos en circuitos digitales; sin embargo, están limitados al monitoreo de una sola línea.
- d) **Pulsador lógico.** Consiste básicamente en un generador

e inyector portátil de señales lógicas. Cuando se activa el botón de encendido, el pulsador detecta el nivel lógico en el sitio donde es colocada la punta de prueba y automáticamente genera un pulso o una serie de pulsos del nivel lógico opuesto, que pueden ser observados al encender un LED.

La capacidad de introducir una señal variable en un circuito sin necesidad de desoldar hacen de este instrumento un complemento ideal del probador y la grapa lógicas, permitiendo una evaluación del comportamiento estímulo/respuesta en diversas secciones del circuito.

- e) Trazador de corrientes. Es un instrumento portátil que permite la ubicación precisa de cortos en cualquier circuito, mediante la detección del campo magnético producido por el flujo de una corriente eléctrica. Así, cuando se coloca la punta de prueba del trazador en alguna pista de cobre de la placa fenólica que contiene al circuito, una luz indicadora encenderá señalando la circulación de corriente en esa pista. Al acercarse a la ubicación probable del corto, dicha lámpara encenderá con mayor intensidad.
- f) Probador de circuitos integrados. Permite el análisis simultáneo de todas las condiciones de funcionamiento en dispositivos microprocesadores, TTL, MOS, RAM y ROM, mostrando automáticamente los resultados en un visualizador o tubo de rayos catódicos. Sin embargo, su uso se ve limitado por el número de circuitos que puede verificar y por su elevado costo.
- g) Osciloscopio. Este instrumento posee la capacidad de desplegar gráficamente la amplitud de una señal de voltaje en función del tiempo o la frecuencia, en un tubo de rayos catódicos, haciendo factible el análisis de las características y calidad de una señal electrónica. Recientemente se han desarrollado osciloscopios multicanal con capacidad de almacenar formas de onda de señales para observación, análisis y medición posterior. La inversión en un instrumento de esta clase resulta, a largo plazo, benéfica para la unidad de conservación.
- h) Analizador lógico. Fundamentalmente es un osciloscopio multicanal con memoria. De acuerdo con el número de canales de entrada, captura y almacena señales digitales, permitiendo su observación de forma simultánea. Dichos canales pueden conectarse a su vez a grapas lógicas con el objeto de probar al mismo tiempo determinados puntos de un circuito. Su rango de frecuencia varía, por lo general, entre 2 y 600 MHz. Su utilización resulta

desventajosa cuando se trata de problemas intermitentes o de disipación térmica, o cuando se cuenta con un presupuesto reducido.

- 1) Analizador de señales. En sí comprende todo un método de prueba y verificación. Funciona mediante la corrida de una serie de programas de diagnóstico en el sistema a ser analizado, y la evaluación de señales codificadas provenientes de puntos específicos del circuito. Si la señal codificada coincide con aquella que es observada cuando el circuito está en buen estado, entonces la falla no se ubica en ese componente. Los códigos son almacenados en memorias PROM y recuperados en el instante en que se desea hacer una comparación. Este instrumento no es de uso popular debido al considerable tiempo consumido en la identificación y verificación de los puntos de prueba o nodos, y en la producción y codificación de señales. No obstante, una vez que se completa esta tarea la localización de fallas resulta extremadamente sencilla.

Seguidamente se presenta una lista donde se anotan las características y costo aproximado del instrumental requerido para la infraestructura del sistema propuesto.

Cuadro 4.21 Requerimientos de herramientas e instrumental para la infraestructura del sistema propuesto

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	COSTO
Osciloscopio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operación analógica con ancho de banda de 100 MHz</li> <li>- Visualizador de 2 canales simultáneos</li> <li>- Base de tiempo dual</li> <li>- Sistema avanzado de disparo de señal con opciones de retraso para medición de señales transitorias</li> <li>- Sensibilidad de hasta 2 mV</li> <li>- Exactitud:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) sistema vertical: 2% 15-35 grados Celsius</li> <li>b) sistema horizontal: 2% 15-35 grados Celsius</li> </ul> </li> <li>- Peso reducido y menor número de partes electrónicas y mecánicas</li> </ul>	1495.00 US Dlls.
Multímetro digital semi-	Multímetro digital de 4½ dígitos con las siguientes funciones:	369.00 US Dlls.



Cuadro 4.21 Continuación.

EQUIPO	CARACTERISTICAS	COSTO
portátil	a) prueba de continuidad audible o visible b) prueba de diodos c) autodiagnóstico d) medición de frecuencia y ganancia en dB e) selección automática de rangos de frecuencia y dB - Exactitud: 0.04% CD - Rangos voltaje: 200 mV, 2 V, 20 V, 200 V, 1000 V CD 200 mV, 2 V, 20 V, 200 V, 750 V CA corriente (CA/CD): 200 µA, 2mA, 20 mA, 200 mA, 2 A resistencia: 200 ohms, 2 kohms, 20 kohms, 200 kohms frecuencia: 20 Hz, 200 Hz, 200 kHz	
Multímetro digital de banco con puntas de prueba	Multímetro digital de 5 dígitos con las siguientes características: a) doble visualizador b) 16 funciones de medición c) función de comparación d) interface de comunicaciones RS232 e) prueba de diodos f) indicador de continuidad g) selección automática de rangos en todas las funciones h) medición de ganancia en dB con 21 impedancias de referencia - Exactitud: 0.02% - Rangos voltaje: 0 a 1000 VCD en 5 rangos 0 a 750 VCA rms en 5 rangos corriente: 0 a 10 A CA/CD en 3 rangos resistencia: 0 a 300 Mohms en 7 rangos frecuencia: 12Hz a 1 MHz	595.00 US Dls.

Cuadro 4.21 Continuación.

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	COSTO
Multímetro digital portátil	Multímetro digital de 3½ dígitos con las siguientes características: a) diseño a prueba de agua b) protección contra sobrecarga hasta 600 volts en todos los rangos de resistencia c) Función para prueba de diodos d) Indicador de continuidad - Exactitud: 0.25% - Rangos voltaje: 200 mV, 2 V, 20 V, 200 V, 1500 V DC 200 mV, 2 V, 20 V, 200 V, 1000 V AC corriente (CA/CD): 200 µA, 2mA, 20 mA, 200 mA, 2 A, 10 A resistencia: 200 ohms, 2 kohms, 20 kohms, 200 kohms, 2 Mohms, 20 Mohms	199.00 US Dlls.
Puntas de prueba	Puntas de prueba tipo standard con los siguientes aditamentos: - dos pinzas tipo cocodrilo - dos puntas tipo espada - conectores tipo banana	22.00 US Dlls.
Puntas de prueba para alto voltaje	- Rangos: hasta 40 kV CD o 28 kV CA - Exactitud: 2% hasta 30 kV 4% hasta 40 kV	85.00 US Dlls.
Adaptador tipo clamp para medición de intensidades de corriente altas	- Rangos: 1 a 600 A CA - Exactitud: 3% entre 30 Hz y 1 kHz Soporte de conductores con diámetro hasta 5 cm	119.00 US Dlls.
Convertidor termocople para medición de temperatura	- Rangos: -40 a 260°C con capacidad para proporcionar lecturas en grados Fahrenheit	65.00 US Dlls.
Puntas para termocople	Contacto directo con superficies cuya temperatura esté entre -40 y 260°C	12.00 US Dlls.

Cuadro 4.21 Continuación.

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	COSTO
Fuente de alimentación de CD	Fuente de alimentación triple con salidas de: a) 5 VCD a 12 A b) + 12 VCD a 1.5 A c) - 12 VCD a 0.5 A ajustable en 5% de 0 a 5 V y 0.4% en los demás rangos	235.00 US Dlls.
Probador de circuitos	Tranedor de curvas que muestra el estado actual de dispositivos electrónicos como: - diodos - transistores y tiristores - Circuitos lógicos digitales (CMOS, DMS, PMS, TTL, etc.) - Circuitos lógicos lineales (Amplificadores Operacionales, Reguladores de voltaje, Timers, etc.) - Optoacopladores	1895.00 US Dlls.
Unidad complementaria con receptáculos para circuitos integrados	Unidad de interface con receptáculos para prueba de circuitos integrados y capacidad de interconexión a otros instrumentos como: multimetros, osciloscopios, analizadores lógicos, generadores de funciones, etc.	775.00 US Dlls.
Estación soldadora/desoldadora	Estación soldadora/desoldadora portátil con las siguientes características: a) Selector de temperatura b) Pistola y lápiz desoldador c) Respuesta rápida en calentamiento y succión d) Antiestática - Temperatura al soldar: 450 a 850°F - Temperatura al desoldar: 500 a 1000°F - Pesa: 6.9 lb	599.95 US Dlls.
Sistema de protección antiestática	Sistema de protección antiestática para estación de trabajo con: - tablero de trabajo - tapete protector - anillo con tres bandas corredizas - cables de tierra con resistencia de	239.00 US Dlls. (2)

Cuadro 4.21 Continuación.

EQUIPO	CARACTERISTICAS	COSTO
	seguridad de 1 MOhm	
Aspiradora	Aspiradora por sistema de vacío con las siguientes características: - Alimentada por una batería recargable con duración de 20 hrs. por carga simple, y 6 boquillas diferentes - presión máxima de 75 pulgadas de agua - capacidad: 100 pies cúbicos de aire por minuto - peso: 5 lb	89.00 US Dlls.
Lámpara con lupa	Lámpara con lupa y tubo fluorescente de 22 w con 5" de diámetro y 3 dioptrías de aumento, 45" de alcance	138.00 US Dlls. (2)
Mordaza de soporte	- Rotación en el plano horizontal: 360° - Rotación en el plano vertical: 360° - Requiere una sola vuelta para sujeción completa - Diseño para instalación permanente - Apertura hasta 2.25"	39.00 US Dlls.
Soportes de sujeción	- Pinzas tipo cocodrilo para sujeción en cualquier posición, con ayuda de 6 juntas de rodamientos - Base estable cuadrada de 2" de lado y lupa	14.95 US Dlls. (2)
Carro transportador con caja	- Construcción tubular - Soporte máximo: 300 lb - Base de 12" x 16" - Peso: 25 lb	290.00 US Dlls.
Juego de herramientas portátil		235.00 US Dlls.
Juego de herramientas de base		325.00 US Dlls.
TOTAL :		8437.85 US Dlls.

#### 4.9 ANALISIS ECONOMICO.

Determinadas las características técnicas, proseguiremos con el análisis económico del sistema propuesto con objeto de estimar el monto total de los recursos económicos necesarios para su realización, así como los indicadores que servirán de base para su evaluación. Para realizar fácilmente dicho análisis, se

(69)

clasificaron los diversos rubros como sigue:

1. Gastos administrativos: comprenden todos aquellos gastos provenientes por la realización de una función dentro de la empresa
2. Gastos generales: abarcan todos los rubros necesarios para el funcionamiento de la empresa, como insumos, servicios auxiliares, inventarios de refacciones, etc.
3. Inversión total inicial. Incluye la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa
  - activos tangibles: es aquel conjunto de bienes propiedad de la empresa cuyo desprendimiento ocasionaría problemas en sus actividades productivas, como es el caso de terrenos, edificios, maquinaria, equipo, mobiliario, herramientas, vehículos de transporte, etc.
  - activos intangibles: es el conjunto de bienes propiedad de la empresa necesarios para su funcionamiento, que incluyen transferencias de tecnología o asistencias técnicas, gastos preoperativos, de instalación y puesta en marcha, contratos de servicios, capacitación de personal dentro y fuera de la empresa, estudios administrativos, de evaluación o de ingeniería, etc.
4. Depreciación y amortización de los activos. Aún cuando ambos términos tienen la misma connotación, el primero, aplicable únicamente a los activos fijos, se refiere al descenso en su valor comercial debido al uso, deterioro u obsolescencia. En cambio, el segundo, aplicable a los activos diferidos, se refiere al cargo anual que se hace para recuperar esa inversión.

Para hacer los cargos correspondientes, el análisis se basó en la Ley del Impuesto sobre la Renta (71) del año de 1990, que establece como obligatorio el uso del método de depreciación por línea recta, además de la tasa de depreciación respectiva, según el tipo de activo de que

se trate (Artículos 43, 44 y 45).

Considerando lo anterior, y a partir de los presupuestos asignados a la Unidad de Cómputo México durante el año 1990, se elaboró el cuadro adjunto (4.23).

Adicionalmente se indicaron en éste los rubros con costos no proporcionables NP (aquellos cuyo costo total no pueden ser fraccionados entre ningún subsistema), y los rubros con costos proporcionables P (aquellos cuyo costo total no puede ser asignado únicamente a los subsistemas seleccionados, debiendo establecerse la fracción real correspondiente).

Para determinar dicha fracción, se partió del historial de fallas del capítulo III, obteniéndose la información dada en el cuadro 4.22. Además, se supuso que la totalidad de fallas de equipo de cómputo registradas en cada año importó el costo anual total de dichos rubros. Así, calculando el promedio de las proporciones del número de fallas de cada subsistema con respecto al total se determinó el valor real de las mismas.

Cuadro 4.22 Fracción real de costos proporcionables correspondientes a la fuente de alimentación y a la placa base del sistema PC Olivetti M 24 y a la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU Digital VAX 11/730.

Año	Equipo	Número total de fallas registrado	Subsistema	Número de fallas registrado	Proporción con respecto al total (%)
1988	PC Olivetti M 24	532	Fuente de alimentación	4	0.7512796992
1989	PC Olivetti M 24	208	Fuente de alimentación	5	2.403846154
(Fracción real) Promedio: 1.577862927					
1988	PC Olivetti M 24	532	Placa base	3	0.5639097744
1989	PC Olivetti M 24	208	Placa base	2	0.9615384615
(Fracción real) Promedio: 0.762724118					

Cuadro 4.22 Continuación.

Año	Equipo	Número total de fallas registrado	Subsistema	Número de fallas registrado	Proporción con respecto al total (%)
1989	CPU Digital VAX 11/730	208	Tarjeta principal de fuente de alimentación H7200	1	0.4807692308
Promedio:					0.4807692308

En ciertos rubros los costos anuales fueron determinados de forma específica. Seguidamente se mencionan dichos casos.

1. Inventario de refacciones. Para determinar los costos por inventario de refacciones, se aplicó el modelo para escasez analizado en el capítulo II con el siguiente procedimiento:

a) Cálculo del costo de preparación de un pedido (C)

- El jefe de la unidad de conservación es quién hace los pedidos

$$C_p = \frac{\$15876000}{\text{año}} \left[ \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \right] \left[ \frac{1 \text{ mes}}{22 \text{ días}} \right] \left[ \frac{2 \text{ días}}{1 \text{ pedido}} \right] = \frac{\$120272.7273}{\text{pedido}}$$

b) Demanda anual (de los datos del sistema propuesto)

- Fuente de alimentación del sistema PC Olivetti M 24

$$D_1 = \left[ \frac{28.14715356 \text{ pzas}}{10E+06 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{10E+06 \text{ hrs}}{1000000 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{3528 \text{ hrs}}{1 \text{ año}} \right] [8 \text{ equipos}] =$$

$$= \frac{0.7944252621 \text{ pzas}}{\text{año}}$$

- Placa base del sistema PC Olivetti M 24

$$D_2 = \left[ \frac{392.32097963 \text{ pzas}}{10E+06 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{10E+06 \text{ hrs}}{1000000 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{3528 \text{ hrs}}{1 \text{ año}} \right] [8 \text{ equipos}] =$$

$$= \frac{11.07286733 \text{ pzas}}{\text{año}}$$

- Tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730

$$D_3 = \left[ \frac{137.6294783 \text{ pzas}}{10E+06 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{10E+06 \text{ hrs}}{1000000 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{3528 \text{ hrs}}{1 \text{ año}} \right] [2 \text{ equipos}] =$$

$$= \frac{0.9711135989 \text{ pzas}}{\text{año}}$$

$$D = D_1 + D_2 + D_3 = \frac{12.83640619 \text{ pzas}}{\text{año}} \quad \{- 13 \text{ pzas/año}\}$$

c) Costo de mantener la pieza en inventario por año

$$C_H = \left[ \text{Costos de flete/pza} \right] + \left[ \text{Costos por manejo y recibo/pza} \right] + \left[ \text{Costos de almacenaje/pza} \right] =$$

$$= \frac{\$32975.03421}{\text{pza}} + \frac{\$715.3977272}{\text{pza}} + \frac{\$56081.7277}{\text{pza}} = \frac{\$89772.15964}{\text{pza}}$$

c.1) Costos de flete/pza (promedio)

Costos anuales de flete/pza tomados del sistema actual:

- Fuente de alimentación del sistema PC Olivetti M 24: \$ 24018.90009/pza
- Placa base del sistema PC Olivetti M 24: similar al anterior, por tratarse del mismo equipo
- Tarjeta principal de la fuente de alimentación



H7200 del CPU VAX 11/730: \$41931.16032/pza

$$\text{Costo medio} = \frac{\$24018.90809/\text{pza} + \$41931.16032/\text{pza}}{2} = \frac{\$32975.03421}{\text{pza}}$$

c.2) Costos por manejo y recibo/pza

- Actividades realizadas por un empleado administrativo categoría A

$$\frac{\$629550}{\text{mes}} \left[ \begin{array}{|c|} \hline 1 \text{ mes} \\ \hline 22 \text{ días} \\ \hline \end{array} \right] \left[ \begin{array}{|c|} \hline 1 \text{ día} \\ \hline 8 \text{ hrs} \\ \hline \end{array} \right] \left[ \begin{array}{|c|} \hline 4 \text{ hrs} \\ \hline 20 \text{ pzas recibidas y manejadas} \\ \hline \end{array} \right] =$$
$$= \frac{\$715.3977272}{\text{pza}}$$

c.3) Costos de almacenaje/pza

- En la zona, 40 m<sup>2</sup> cuestan \$120,000,000.00 anuales
- Las piezas estarían almacenadas en un área de 40 cm por 60 cm (0.24 m<sup>2</sup>) aproximadamente.

$$\frac{\$120000000/\text{año}}{40 \text{ m}^2} \left[ \begin{array}{|c|} \hline 0.24 \text{ m}^2 \\ \hline 12.83840619 \text{ pzas/año} \\ \hline \end{array} \right] = \frac{\$56081.7277}{\text{pza}}$$

d) Costos de escasez

- Para su cálculo, se consideró el salario no devengado por un investigador promedio (categoría C) como resultado de la escasez de partes

$$\left[ \begin{array}{|c|} \hline \$1686750 \\ \hline \text{mes} \\ \hline \end{array} \right] \left[ \begin{array}{|c|} \hline 1 \text{ mes} \\ \hline 22 \text{ días} \\ \hline \end{array} \right] \left[ \begin{array}{|c|} \hline 8 \text{ hrs} \\ \hline 1 \text{ día} \\ \hline \end{array} \right] [166.188721 \text{ hrs}]$$
$$C = \frac{\$124059.0595}{12.83840619 \text{ pzas}} = \frac{\$124059.0595}{\text{pza}}$$

$$\text{Tiempo perdido o no devengado} = \left[ \begin{array}{c} \text{Tiempo promedio para} \\ \text{entrega de refacciones} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Tiempo promedio de} \\ \text{conservaci3n} \\ \text{correctiva} \end{array} \right]$$

- Fuente de alimentaci3n del sistema PC Olivetti M 24

$$\begin{aligned} \text{Tiempo perdido o no devengado} &= \left[ \begin{array}{c} 3 \text{ semanas} \\ \text{-----} \\ \text{entrega} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} 5 \text{ d\xedas} \\ \text{-----} \\ 1 \text{ semana} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} 8 \text{ hrs} \\ \text{-----} \\ 1 \text{ d\xeda} \end{array} \right] + 59.499 \text{ min} \left[ \begin{array}{c} 1 \text{ hr} \\ \text{-----} \\ 60 \text{ min} \end{array} \right] = \\ &= \frac{120.991643 \text{ hrs}}{\text{entrega}} \end{aligned}$$

- Placa base del sistema PC Olivetti M 24

$$\begin{aligned} \text{Tiempo perdido o no devengado} &= \left[ \begin{array}{c} 3 \text{ semanas} \\ \text{-----} \\ \text{entrega} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} 5 \text{ d\xedas} \\ \text{-----} \\ 1 \text{ semana} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} 9 \text{ hrs} \\ \text{-----} \\ 1 \text{ d\xeda} \end{array} \right] + 84.401 \text{ min} \left[ \begin{array}{c} 1 \text{ hr} \\ \text{-----} \\ 60 \text{ min} \end{array} \right] = \\ &= \frac{121.4102747 \text{ hrs}}{\text{entrega}} \end{aligned}$$

- Tarjeta principal de la fuente de alimentaci3n H7290 del CPU VAX 11/730

$$\begin{aligned} \text{Tiempo perdido o no devengado} &= \left[ \begin{array}{c} 1.5 \text{ meses} \\ \text{-----} \\ \text{entrega} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} 22 \text{ d\xedas} \\ \text{-----} \\ 1 \text{ mes} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} 8 \text{ hrs} \\ \text{-----} \\ 1 \text{ d\xeda} \end{array} \right] + 69.855 \text{ min} \left[ \begin{array}{c} 1 \text{ hr} \\ \text{-----} \\ 60 \text{ min} \end{array} \right] = \\ &= \frac{256.1642457 \text{ hrs}}{\text{entrega}} \end{aligned}$$

$$\text{Tiempo promedio} = 166.188721 \text{ hrs}$$

As\xed, aplicando las expresiones 2.8, 2.9, 2.19, 2.20 y 2.21 tenemos

$$\begin{aligned}
 Q_o &= \left[ \begin{array}{c} 2C \ D \\ P \\ \hline C \\ H \end{array} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \begin{array}{c} C + C \\ H \quad S \\ \hline C \\ S \end{array} \right]^{\frac{1}{2}} = \\
 &= \left[ \frac{2(120272.7273)(12.83840619)}{89772.15964} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{89772.15964 + 124059.0595}{124059.0595} \right]^{\frac{1}{2}} = \\
 &= 7.700246193 \text{ pzas/año}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{máx } o} &= \left[ \begin{array}{c} 2C \ D \\ P \\ \hline C \\ H \end{array} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \begin{array}{c} C \\ S \\ \hline C + C \\ H \quad S \end{array} \right]^{\frac{1}{2}} = \\
 &= \left[ \frac{2(120272.7273)(12.83840619)}{89772.15964} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{124059.0595}{89772.15964 + 124059.0595} \right]^{\frac{1}{2}} = \\
 &= 4.46747348 \text{ pzas/pedido}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TIC_o &= \left[ \begin{array}{c} 2C \ C \ D \\ P \ H \end{array} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \begin{array}{c} C \\ S \\ \hline C + C \\ H \quad S \end{array} \right]^{\frac{1}{2}} = \\
 &= [2 (120272.73)(89772.16)(12.84)]^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{124059.06}{89772.16 + 124059.06} \right]^{\frac{1}{2}} = \\
 &= \$401054.7424/\text{año}
 \end{aligned}$$

$$N = \frac{D}{Q} = \frac{12.83840619}{7.700246193} = 1.667272171 \text{ pzas/año}$$

$$T = \frac{1}{N} = \frac{1}{1.667272171} = 0.599782098 \text{ años/pedido (= 7.2 meses/ped)}$$

Las proporciones de TIC que corresponden a cada conjunto de los subsistemas estudiados se dan a continuación:

- Fuente de alimentación del sistema PC Olivetti M 24 (8 unidades)

$$TIC = [0.7944252621 \text{ pzas/año}] \frac{\$401054.7424/\text{año}}{12.83840619 \text{ pzas}} = \$24816.7891$$

- Placa base del sistema PC Olivetti M 24 (8 unidades)

$$TIC = [11.07286733 \text{ pzas/año}] \frac{\$401054.7424/\text{año}}{12.83840619 \text{ pzas}} = \$345001.655$$

- Tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730 (2 unidades)

$$TIC = [0.9711135989 \text{ pzas/año}] \frac{\$401054.7424/\text{año}}{12.83840619 \text{ pzas}} = \$30336.29786$$

2. Planeación, integración e ingeniería del proyecto. La proporción que corresponde a este concepto es 1% del total de la inversión inicial.

Conocidos los costos anuales totales de cada rubro, su categoría (P o NP), así como las fracciones correspondientes a cada subsistema, se calculó el costo anual total relativo de rubros proporcionables y no proporcionables. Sumando por separado las fracciones correspondientes a cada conjunto de subsistemas (fuentes de alimentación PC M24, placas base PC M24, tarjetas principales de fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730) se obtuvo el total para el conjunto de ese tipo de subsistemas. Dividiendo entre el número de subsistemas se obtuvo el total por

subsistema, como se anota en el cuadro 4.23.

#### 4.10 PRESUPUESTOS.

Terminado el estudio económico, se procedió a la elaboración de presupuestos durante un periodo de 5 años para cada uno de los grupos en que se clasificaron los distintos rubros, como se menciona:

1. Gastos administrativos (cuadro 4.24). Para su cálculo se ha considerado una tasa promedio de inflación del 18.55% anual, dado que el incremento anual de los sueldos del personal es del 15% anual, en tanto que los diversos gastos originados por el funcionamiento de esta área sólo considera la tasa de inflación pronosticada, que es de (70) 22.1% anual, por lo que el promedio de estas consideraciones representaría una tasa de inflación del 18.55% anual.
2. Gastos generales (cuadro 4.25). En este cálculo se ha considerado una tasa de inflación promedio de 22.1% aplicable a partir del segundo periodo anual.
3. Inversión total inicial fija y diferida. En el cuadro 4.26 se resume la inversión total inicial correspondiente al proyecto. Por tratarse de equipo de prueba y medición especializado, se requerirán divisas para su adquisición con proveedores extranjeros. El tipo de cambio considerado para el cálculo es de \$3000.00 pesos mexicanos por dólar estadounidense. Dado que el I. I. E. está exento de impuestos por importaciones, y que los gastos por flete son manejados por otra área, no se incluyeron en estas estimaciones.
4. Depreciación y amortización de los activos. En el cuadro 4.27 se indica cuáles serán los cargos anuales por depreciación de activos tangibles y amortización de activos intangibles. Los porcentajes aplicados se apegan estrictamente a lo dictado por la Ley del Impuesto sobre la Renta del año 1990 en sus artículos 43, 44 y 45. Así mismo, se anota el valor de salvamento fiscal (VS) o valor en libros para cada activo al finalizar un periodo anual. Si el porcentaje ya no es aplicable, se establece como monto por depreciación o amortización el valor de salvamento del año anterior, y para los años subsiguientes un valor de cero. No se considera la revaluación de activos.
5. Cuadro Beneficio-Costo. Previo a la elaboración de este

CONCEPTO	CLAVE	COSTO ANUAL TOTAL	COSTO ANUAL (para la placa base de PC M24)	COSTO ANUAL (para la fuente de alimentacion PC M24)	COSTO ANUAL (para la fuente de alimentacion M700)	COSTOS TOTALES PROPORCIONABLES	COSTOS TOTALES NO PROPORCIONABLES	PC OLIVETTI M-24 1) placa base y 1 fuente de alimentacion por equipo	CPU DIGITAL VME-117/30 1) fuente de alimentacion por equipo
<b>1. GASTOS DE ADMINISTRACION</b>									
1 Jefe de unidad de conservacion	F	\$15,976,000.00	\$121,090.00	\$250,531.52	\$76,326.92	\$2,169,115.17	\$60,281,970.00	total por B equipos = \$1,837,133.21	total por 2 equipos = \$332,031.97
1 Investigador B	P	\$5,516,000.00	\$72,580.83	\$150,149.44	\$45,750.00			8 placas base: \$824,531.63	2 fuentes M700: \$332,031.97
1 Secretaria	P	\$7,644,000.00	\$57,726.29	\$111,144.56	\$33,865.28			+ B Fuentes: \$1,012,601.58	
4 Becarios de servicio social	P	\$10,512,000.00	\$80,177.56	\$165,864.95	\$50,518.46				
1 Becario de tesis	F	\$5,117,000.00	\$39,028.59	\$80,739.25	\$24,630.96				
<b>2. GASTOS GENERALES</b>									
Costos por mantenimiento a equipo de oficina								total por 1 equipo =	total por 1 equipo =
Material y equipo de consumo								\$229,641.65	\$166,015.98
- Cajas de discos flexibles	NP	\$1,050,000.00						1 placa base:	1 fuente M700:
- Puntas y refacciones	P	\$150,000.00	\$1,144.09		\$721.15			\$103,686.45	\$166,015.98
- Conectores	F	\$700,000.00	\$2,288.17	\$4,733.59	\$1,442.31			+ 1 fuentes: \$126,575.20	
- Cable telefonico multipar	NP	\$300,000.00							
- Articulos de limpieza y consumibles	P	\$300,000.00	\$2,288.17	\$4,733.59	\$1,442.31				
Servicios Interiores:									
- Documentacion	NP	\$2,402,020.00							
- Computo	NP	\$2,000,000.00							
- Fotocopiado	NP	\$2,100,000.00							
- Telefono	NP	\$2,000,000.00							
Inventario de refacciones:	P	\$401,054.74	\$345,901.66	\$24,816.79	\$20,336.30				
<b>3. INVERSION TOTAL INICIAL</b>									
<b>3.1 ACTIVOS TANGIBLES</b>									
Mobiliario									
Equipo de prueba y medicion:									
- 1 Osciloscopio	NP	\$5,065,000.00							
- 1 Multmetro escarportatil	NP	\$4,167,000.00							
- 1 Multmetro de banco	NP	\$1,785,000.00							
- 1 Multmetro portatil	NP	\$597,000.00							
- 1 Funtas de prueba	NP	\$66,000.00							
- 1 Puntas para alto voltaje	NP	\$255,000.00							
- 1 Pinzas tipo clamp para medicion de intensidades de corriente elevadas	NP	\$357,000.00							
- 1 Termocople	NP	\$195,000.00							
- 1 Puntas para termocople	NP	\$16,000.00							
- 2 Sistemas de proteccion antiestatica	NP	\$1,434,000.00							
- 1 Fuente de alimentacion regulada de CD	NP	\$705,000.00							
- 1 Probador para circuitos integrados	NP	\$5,655,000.00							
- 1 Receptaculo para probador de IC's	NP	\$2,325,000.00							
- 2 Lupas con lupa	NP	\$870,000.00							
- 2 Juegos de herramientas	NP	\$160,000.00							
- 1 Aspiradora	NP	\$257,000.00							
- 1 Estacion soldador/consolidadora	NP	\$1,789,000.00							
- 1 Carro transportador con caja	NP	\$870,000.00							
- 1 Mordaza de soporte	NP	\$117,000.00							
- 2 Soportes de sujecion	NP	\$89,700.00							

Cuadro 4.23 Análisis económico del método propuesto.

CONCEPTO	CLAVE	COSTO ANUAL TOTAL	COSTO ANUAL para la placa base de PC M24	COSTO ANUAL para la fuente de alimentación PC M24	COSTO ANUAL para la fuente de alimentación AT200
-----					
Inventario inicial de refacciones:					
- 2 Módulos de placa base de computadora personal Olivetti M 24	NF	\$2,250,000.00			
- 2 Fuentes de alimentación de computadora personal Olivetti M 24	NF	1,900,000.00			
- 1 Fuente de alimentación AT200 para CPU VAX 11/730	NF	\$12,478,400.00			
<b>3.2 ACTIVOS INTANGIBLES</b>					
Reacondicionamiento de instalación física	NF	\$2,340,000.00			
Reestructuración y mantenimiento de servicios complementarios:					
- Energía eléctrica	NF	\$2,460,000.00			
- Aire acondicionado	NF	\$1,200,000.00			
Capacitación de personal para el proyecto	P	\$8,249,400.00	\$67,920.16	\$130,164.22	\$39,660.58
Gastos de viajes nacionales (51)	P	\$4,284,000.00	\$12,675.10	\$67,595.65	\$20,596.15
Documentación	P	\$1,000,000.00	\$7,627.24	\$15,778.63	\$4,867.69
Planeación, integración e ingeniería de proyecto	P	\$434,299.50	\$3,082.69	\$6,379.29	\$1,943.75
<b>TOTAL GENERAL:</b>		<b>\$123,435,724.24</b>	<b>\$824,551.63</b>	<b>\$1,612,601.58</b>	<b>\$332,021.97</b>

## PRESUPUESTO DE GASTOS DE ADMINISTRACION:

Concepto	Clave	Periodo anual 1	Periodo anual 2	Periodo anual 3	Periodo anual 4	Periodo anual 5
1 Jefe de unidad de Conservacion	P	\$447,918.52	\$531,007.41	\$629,539.28	\$741,082.05	\$884,716.80
1 Investigador B	P	\$268,480.26	\$318,293.35	\$377,324.91	\$447,318.69	\$530,296.30
1 Secretaria	P	\$198,736.34	\$235,601.93	\$279,306.09	\$331,117.36	\$392,539.63
5 Becarios de servicio social	F	\$291,580.97	\$351,596.74	\$416,817.94	\$494,137.67	\$585,800.29
1 Ecarico de tesis	F	\$144,363.80	\$171,149.21	\$202,897.35	\$240,524.86	\$295,154.07
TOTAL:		\$1,350,039.89	\$1,607,658.64	\$1,905,855.61	\$2,259,391.83	\$2,678,567.01

Cuadro 4.24 Presupuesto de gastos de administraci6n.

## PRESUPUESTO DE GASTOS GENERALES:

Concepto	Clave	Periodo anual 1	Periodo anual 2	Periodo anual 3	Periodo anual 4	Periodo anual 5
Costos por mantenimiento a equipo de oficina	NP	\$1,000,000.00	\$1,221,000.00	\$1,490,841.00	\$1,820,316.86	\$2,222,206.89
Material y equipo de consumo:						
- Cajas de discos flexibles	NP	\$1,050,000.00	\$1,282,050.00	\$1,565,366.05	\$1,911,372.70	\$2,332,237.23
- Puntas y refacciones	P	\$1,865.74	\$2,277.46	\$2,780.78	\$3,395.35	\$4,145.70
- Conectores	P	\$8,424.97	\$10,374.63	\$12,619.56	\$15,407.29	\$18,817.30
- Cable telefonico multilar	NP	\$300,000.00	\$359,300.00	\$447,250.30	\$546,095.36	\$666,782.67
- Articulos de imprenta y consuetos	F	\$2,454.07	\$3,034.63	\$3,619.56	\$4,407.29	\$5,312.30
Servicios internos	NP	\$2,500,000.00	\$3,000,966.42	\$3,675,149.00	\$4,426,270.36	\$5,395,649.21
Inventario de refacciones	P	\$401,054.74	\$487,287.84	\$597,908.65	\$720,046.71	\$871,387.63
TOTAL:		\$1,171,869.12	\$1,722,950.97	\$2,134,534.34	\$2,596,831.59	\$3,202,931.72

Cuadro 4.25 Presupuesto de gastos generales.



## PRESUPUESTO DE LA INVERSION FIJA Y DIFERIDA:

Concepto	Clave	Inversion inicial
Equipo de prueba y medicion	NP	\$27,801,556.00
Inventario inicial de relaciones	NP	\$18,628,409.00
Mobiliario	NF	\$3,690,000.00
Reacondicionamiento de instalacion fisica	NF	\$2,340,000.00
Reestructuracion y mantenimiento de servicios complementarios	NP	\$1,650,000.00
Capacitacion de personal para el pro- yecto	F	\$230,744.56
Gastos de viajes nacionales (51)	F	\$12,288.96
Documentacion	F	\$28,113.58
Planeacion, integracion e ingenieria de proyecto	F	\$11,406.73
	TOTAL:	\$49,600,158.16

Cuadro 4.26 Presupuesto de la inversión inicial fija y diferida.

DEPRECIACION Y AMORTIZACION DE LA INVERSIÓN FIJA Y DIFERIDA:

Concepto	Clase	Inversion inicial	Tasa de depreciacion	depreciacion año 1	depreciacion año 2	depreciacion año 3	depreciacion año 4	depreciacion año 5	VS año 1	VS año 2	VS año 3	VS año 4	VS año 5
Equipo de prueba y medición	NP	\$23,801,550.00	35.00%	\$8,339,542.50	\$9,330,547.50	\$7,140,465.00	\$0.00	\$0.00	\$15,471,007.50	\$7,140,465.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Inventario inicial de relaciones	NP	\$16,628,400.00	25.00%	\$4,157,100.00	\$4,157,100.00	\$4,157,100.00	\$4,157,100.00	\$0.00	\$12,471,300.00	\$8,314,200.00	\$4,157,100.00	\$0.00	\$0.00
Mobilisario	NP	\$3,000,000.00	10.00%	\$300,000.00	\$300,000.00	\$300,000.00	\$300,000.00	\$300,000.00	\$2,700,000.00	\$2,400,000.00	\$2,100,000.00	\$1,800,000.00	\$1,500,000.00
Reacondicionamiento de instalación física	NP	\$2,340,000.00	5.30%	\$117,000.00	\$117,000.00	\$117,000.00	\$117,000.00	\$117,000.00	\$2,223,000.00	\$2,106,000.00	\$1,989,000.00	\$1,872,000.00	\$1,755,000.00
Reestructuración y mantenimiento de servicios complementarios	NP	\$3,660,000.00	10.00%	\$366,000.00	\$366,000.00	\$366,000.00	\$366,000.00	\$366,000.00	\$3,294,000.00	\$2,928,000.00	\$2,562,000.00	\$2,196,000.00	\$1,830,000.00
Capacitación de personal para el proyecto	P	\$232,744.96	10.00%	\$23,274.50	\$23,274.50	\$23,274.50	\$23,274.50	\$23,274.50	\$209,470.47	\$186,195.97	\$162,921.47	\$139,646.97	\$116,372.47
Gastos de viajes nacionales (51)	F	\$120,886.89	10.00%	\$12,088.69	\$12,088.69	\$12,088.69	\$12,088.69	\$12,088.69	\$108,798.21	\$96,699.52	\$84,600.83	\$72,502.14	\$60,403.45
Documentación	P	\$28,213.56	10.00%	\$2,821.36	\$2,821.36	\$2,821.36	\$2,821.36	\$2,821.36	\$25,392.21	\$22,570.85	\$19,749.49	\$16,928.14	\$14,106.78
Filigrana, integración e ingeniería de proyecto	P	\$11,140.67	10.00%	\$1,114.07	\$1,114.07	\$1,114.07	\$1,114.07	\$1,114.07	\$10,026.60	\$8,912.53	\$7,808.47	\$6,704.40	\$5,600.33
TOTAL:		\$49,823,192.16		\$17,369,965.72	\$18,360,965.72	\$12,119,898.22	\$4,975,421.22	\$622,023.22	\$38,513,316.44	\$23,201,274.73	\$11,083,362.51	\$6,103,972.30	\$1,781,476.08

Cuadro 4.27 Depreciación y amortización de la inversión fija y diferida.

cuadro, se requirió la estimación en forma económicamente tangible de los beneficios percibidos en el I. I. E. por concepto de autoconservación.

Considerando como beneficios los ahorros obtenidos de esta forma con respecto a la contratación de servicios externos, y las ganancias por disminución de tiempos muertos, se consultó a diversos proveedores sobre presupuestos de pólizas por conservación preventiva y correctiva, para hacer la comparación respectiva.

En materia de conservación preventiva, el costo del servicio externo se determinó en \$153,211.4286/subsistema en promedio.

Como el costo por conservación correctiva está en función del número de partes defectuosas, del tiempo para detectar y corregir la falla y de otros factores ajenos al equipo, fué difícil hacer estimaciones concretas. No obstante, la mayoría de los proveedores fijaba al menor costo posible entre \$60,000.00 y \$100,000.00, y como mayor costo posible el correspondiente al reemplazo total o parcial del subsistema en cuestión. Conociendo esto, se procedió a simular el costo anual por este concepto contratando dichos servicios y partiendo del número esperado de fallas por año y del tiempo promedio por conservación correctiva calculado anteriormente.

El proceso de simulación requirió el cálculo de una matriz de costo-tiempo de reparación para cada subsistema (cuadros 4.29 a 4.31) con combinaciones entre las diversas piezas que los conforman simulando eventos de falla (independientes) con un máximo de seis piezas defectuosas, en cuyo caso se reemplaza total o parcialmente el subsistema.

El significado de las abreviaturas usadas en la matriz se da seguidamente. El número adjunto indicó la cantidad de componentes de esa clase que intervinieron en el evento de falla.

Cuadro 4.28 Significado de abreviaturas empleadas en la matriz de costo-tiempo de reparación.

Abreviatura	Significado	Abreviatura	Significado
R	Resistencia	F	Fusible
RV	Resistencia variable	XFRM	Transformador
C	Capacitor	CN	Conector
D	Diodo	XTAL	Cristal de cuarzo
TR	Transistor	MP	Microprocesador



	542	543	544	545	546	547	548
541	50.150264954	150.19077448	167.0688175	277.15737043	212.21774104	75.594462551	146.44217497
542	889.070.22	8167.227.76	8127.255.81	8127.255.81	81.5.730.126	81.5.730.126	81.5.730.126
543	54.27617474	156.57671418	168.63402262	277.12161542	218.76595026	81.74212671	150.59708429
544	892.684.82	8167.926.36	8177.167.36	8127.670.32	8124.244.59	8127.777.77	8164.974.41
545	56.73717474	156.53871418	168.80450262	277.12367142	218.76595026	81.74212671	150.59708429
546	892.684.81	8167.926.35	8177.167.35	8127.670.31	8124.244.58	8127.777.76	8164.974.40
547	88.71.7194.72	158.92226958	231.77897812	166.16518912	257.81.7176	124.189597058	125.02767968
548	817.636.26	8167.026.94	8177.516.94	8127.121.8	8123.644.76	8127.149.22	8187.256.69
549	817.64226945	8167.036795	8177.636795	8127.49719795	812.12151417	124.189597058	127.25714669
550	8111.222.47	8167.126.97	8177.265.97	8124.458.97	8127.327.19	8127.386.14	8187.561.22
551	12.7121981925	112.952428707	115.058447767	162.12565294	171.81877469	75.192126396	129.74708851
552	8167.026.93	8177.252.95	8174.480.95	8167.180.91	8167.657.97	8177.122.96	8187.252.94
553	43.15555536	148.41484849	167.91236712	277.99418477	21.7476131	77.49105261	144.4678651
554	866.958.44	8167.841.99	8177.670.99	8127.777.95	8126.248.20	8126.701.26	8158.878.22
555	161.76767925	116.43115644	128.72879248	147.61318618	178.25720222	41.63382452	112.48152897
556	866.958.43	8177.822.97	8177.682.97	8127.752.93	8124.225.81	866.958.43	8124.269.94
557	12.72672998	212.72166184	217.73897812	217.73897812	217.73897812	217.73897812	217.73897812
558	8125.671.09	8126.958.64	8127.127.63	8128.880.64	8127.126.63	8124.816.61	8127.562.62
559	112.556248548	212.81687848	277.12167142	289.5982078	274.4407464	178.21.5415	208.86622876
560	8174.4434524	277.7429812	289.408.81	4268.111.55	8126.555.85	8154.825.80	8127.215.85
561	8187.678.25	8128.882.82	8128.911.59	8126.914.56	8125.286.81	8127.741.97	8125.916.84
562	162.0874609	262.348226	174.4442484	378.5112542	324.12525718	167.55187269	158.3895581
563	8127.122.21	8127.252.25	8127.282.22	81.2.282.21	8127.362.27	8127.216.23	8124.292.21
564	25.464197557	125.724727505	128.20584615	222.97765694	187.531873269	212.42875194	121.776167609
565	869.558.46	8164.816.01	8154.829.00	8127.741.97	8127.216.23	866.669.26	8141.644.25
566	96.311916911	194.57243997	218.86228556	273.75576926	258.395861	121.776167609	128.65116288
567	8122.722.74	8127.965.88	8127.215.88	8125.916.84	8124.392.16	8141.846.25	8147.206.53
568	122.32921217	172.5987678	144.89512242	215.78271221	194.42671996	57.862421866	126.65116288
569	874.716.74	8149.876.29	8155.199.26	8127.962.21	8126.126.50	493.629.46	8147.016.53
570	53.36019486	258.6532247	262.7471424	327.7342542	212.47847695	175.85499246	246.7627487
571	8163.322.16	81.8127.41	8127.965.41	8126.519.37	8.84.983.62	8182.426.78	8125.613.65
572	66.87455282	269.3450222	212.719.8177	246.27742177	176.12148891	194.29872042	245.14642283
573	8177.167.26	8127.422.20	8127.541.97	8127.352.86	8129.327.12	8126.280.27	8129.457.15
574	566.16518912	166.43571892	278.72153756	447.62846256	426.25286511	291.62188461	362.47709903
575	8127.215.89	8127.415.85	8124.704.74	8127.267.51	8127.381.56	81269.324.72	8122.511.55
576	240.12151413	412.35244.4	218.83836256	416.51987246	416.51987246	268.5957173	339.44342415
577	8127.975.19	8128.486.13	8127.415.73	8166.119.69	8124.592.99	8125.246.11	8125.222.98
578	76.19296396	328.4586762	156.75264494	215.63971574	260.78397249	63.664493963	134.56820641
579	879.1122.92	8154.366.47	8163.595.46	8121.298.43	8120.722.65	8126.225.84	8151.402.71
580	144.46786502	244.72834492	257.82421256	311.9133426	306.55554111	169.93266261	176.80718889
581	8158.878.23	8124.131.78	8123.246.77	8127.662.74	8126.537.99	8127.991.15	8193.151.43
582	48.50689285	148.764174	161.65122825	225.59234615	216.5965569	72.97278402	144.82679682
583	886.852.24	8121.166.69	8127.335.88	8126.638.85	8126.513.10	8185.966.76	8159.143.13

Cuadro 4.23 Continuación.

	900	901	902	903	904	905	999A1	999B
	101.17079486	169.82412041	246.16158992	341.13161414	381.166291394	444.46786502	48.508886815	
901	50.130264954	200.52105982	218.76478778	216.12041297	293.26177909	50.326561249	194.59812997	98.679148755
	488.076132	820.956164	824.794133	8387.848158	8270.555194	8116.719149	8194.505106	8124.488131
902	56.078174134	206.86897914	225.11149911	221.44324329	299.40918844	94.47447067	190.74612919	104.767155099
	492.484182	820.538132	821.918187	8292.462107	8276.174146	8121.254119	8201.119150	8129.094161
903	56.278174274	206.86897914	225.11149911	221.44324329	299.40918844	94.47447067	190.74612919	104.767155099
	492.484182	820.538132	821.918187	8292.462107	8276.174146	8121.254119	8201.119150	8129.094161
904	86.721729472	139.11052453	167.55615249	154.88691869	221.83214161	126.91892618	223.18959419	127.03661048
	8117.716120	8229.926120	8247.326111	8316.814154	8294.521194	8140.705167	8225.470199	8153.444105
905	81.143876145	220.43612291	149.87926137	247.11492726	124.13110226	199.24612444	220.51072136	129.55212885
	8111.292141	8224.151174	8227.987194	8311.051168	8292.720107	8225.940181	8214.768111	8142.981021
906	12.1512987485	167.12982266	161.56621167	178.89729781	107.64761293	101.928129194	107.19994182	11.246979404
	865.221111	8372.681102	8366.702169	8359.799126	8240.489165	888.669138	8166.474199	846.419190
999A1	49.10595101	198.74974987	181.90047781	214.22144402	291.12974814	66.322251401	76.56497581	8122.998124
	498.588144	8197.468176	8210.210125	8286.364171	8264.176158	8115.237182	8122.998124	8122.998124
999B	16.167624975	169.1614028	185.10414974	164.221748189	194.70141817	54.261922201	167.61749111	84.67825274
	823.582115	8175.466146	8189.210146	8141.258140	8242.049178	891.248152	8171.014181	898.989194
907	101.205029918	250.15174477	249.09502973	266.42071692	241.29214404	128.4659267	244.12829447	148.29416271
	8125.497109	8226.227141	8250.426141	8325.470155	8308.166111	8134.266147	8224.151176	8162.116189
908	127.551248549	267.74704541	280.37667127	279.21823726	355.68736226	150.75544484	257.21421257	161.66279225
	8174.926109	8247.618140	8261.644154	8324.294124	8311.415172	8160.595146	8243.266177	8171.325188
909	177.44245924	227.61428411	146.27798217	442.66894826	423.07497249	115.6297586	321.91122476	225.40234015
	8183.629105	8296.509127	8317.252186	8357.497121	8266.118189	8122.248142	8242.662174	8226.038125
910	162.08767619	210.4764145	330.92219891	428.25286511	405.11819122	246.28297248	506.55541111	210.59652689
	8172.161121	8284.926141	8298.162112	8371.881156	8354.550199	8261.721166	8290.277199	824.513111
911	25.464817857	125.81449246	194.29872642	291.67918661	268.58171117	61.660497993	169.93162627	71.97782402
	849.256146	8192.436178	8196.281127	8265.324172	8252.146111	846.220184	8177.991115	8105.966126
999A2	56.311613011	246.79214487	265.34432883	362.87999902	224.44424213	124.50622641	144.52677882	8159.147182
	8152.712124	8235.611145	8249.457115	8221.211159	8300.222138	8151.407131	8159.147182	8159.147182
999B2	12.33925387	182.71148823	201.17377819	298.50444269	226.42074888	76.525526266	176.86712889	81.848124735
	474.716124	8187.097126	8201.448125	8274.492169	8257.201128	8162.288122	8162.151142	8111.124154
912	107.29174486	209.78188971	316.22517118	416.55588288	397.522309	166.58791126	274.61665988	198.99897567
	8163.323186	8276.204118	8290.040147	8321.262112	8245.810121	8191.992124	8271.758152	8199.732166
913	168.87452929	319.22521768	227.66904844	424.94971184	411.96612696	297.03081922	313.26287894	215.74740363
	8177.167126	8292.047167	8302.891116	8376.745161	8359.637120	8205.836171	8265.101124	8142.677115
914	266.15189802	416.55893888	434.96971184	632.33187897	609.29420318	394.26148841	420.22225402	214.22626982
	8250.221160	8383.162112	8376.745161	8450.066106	8432.711144	8278.891118	8252.256149	8236.621160
915	241.13161413	393.522309	411.96612696	509.29420318	491.26302827	321.21761053	357.59937915	291.64674944
	8122.933119	8345.810121	8359.637120	8432.711144	8415.422183	8261.602156	8341.267187	8169.342198
916	38.196796196	188.52789126	207.03691922	304.26148841	281.32781855	76.392592791	162.66416141	86.705172201
	879.112192	8191.993124	8265.816173	8278.891118	8261.602156	8197.780120	8187.547161	8115.232172
999A3	144.46781572	294.85865988	313.20287884	410.63305412	287.59937915	192.66416141	192.97674582	8199.288103
	8158.876123	8271.758152	8285.692104	8358.656149	8341.267187	8187.547161	8187.547161	8199.288103
999B3	48.568988885	198.63967517	217.74540267	314.47464982	214.44039444	61.705172201	192.97674582	87.61776161
	866.653134	8199.732166	8210.577115	8256.631160	8269.341196	8115.522172	8199.288103	8122.263114

Cuadro 4.29 Continuación.

	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12
	26.89107476	46.25482581	22.11539081	45.78678959	46.47623018	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721		
R01	26.89107476	46.25482581	22.11539081	45.78678959	46.47623018	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721		
R02	46.25482581	104.12276127	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721	45.64422745	66.12759526	104.12276127		
R03	22.11539081	45.64422745	104.12276127	55.51945821	27.1162289721	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721		
R04	45.78678959	66.12759526	55.51945821	104.12276127	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721	45.64422745		
R05	46.47623018	104.12276127	27.1162289721	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721	45.64422745	66.12759526		
R06	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721		
R07	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721	45.64422745		
R08	104.12276127	55.51945821	27.1162289721	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721	45.64422745	66.12759526		
R09	55.51945821	27.1162289721	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721	45.64422745	66.12759526	104.12276127		
R10	27.1162289721	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821	27.1162289721	45.64422745	66.12759526	104.12276127	55.51945821		
R11											104.12276127	
R12											55.51945821	104.12276127

Cuadro 4.30 Matriz costo-tiempo de reparación para la placa base de la computadora personal Olivetti M24.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1991	28.290,79456	31.210,01902	31.410,21493	34.010,21768	34.436,86954	35.589,99272	35.100,07677	34.716,62619	33.820,91132	34.256,67916
1992	35.110,21655	37.010,21574	37.410,21574	39.010,21574	39.410,21574	40.210,21574	40.610,21574	41.410,21574	41.810,21574	42.610,21574
1993	46.210,21574	47.010,21574	47.410,21574	48.210,21574	48.610,21574	49.410,21574	49.810,21574	50.610,21574	51.010,21574	51.810,21574
1994	51.010,21574	51.410,21574	51.810,21574	52.210,21574	52.610,21574	53.410,21574	53.810,21574	54.610,21574	55.010,21574	55.810,21574
1995	55.810,21574	56.210,21574	56.610,21574	57.010,21574	57.410,21574	58.210,21574	58.610,21574	59.410,21574	59.810,21574	60.610,21574
1996	60.610,21574	61.010,21574	61.410,21574	61.810,21574	62.210,21574	63.010,21574	63.410,21574	64.210,21574	64.610,21574	65.410,21574
1997	65.410,21574	65.810,21574	66.210,21574	66.610,21574	67.010,21574	67.810,21574	68.210,21574	69.010,21574	69.410,21574	70.210,21574
1998	70.210,21574	70.610,21574	71.010,21574	71.410,21574	71.810,21574	72.610,21574	73.010,21574	73.810,21574	74.210,21574	75.010,21574
1999	75.010,21574	75.410,21574	75.810,21574	76.210,21574	76.610,21574	77.410,21574	77.810,21574	78.610,21574	79.010,21574	79.810,21574
2000	79.810,21574	80.210,21574	80.610,21574	81.010,21574	81.410,21574	82.210,21574	82.610,21574	83.410,21574	83.810,21574	84.610,21574
1991	84.610,21574	85.010,21574	85.410,21574	85.810,21574	86.210,21574	87.010,21574	87.410,21574	88.210,21574	88.610,21574	89.410,21574
1992	89.410,21574	89.810,21574	90.210,21574	90.610,21574	91.010,21574	91.810,21574	92.210,21574	93.010,21574	93.410,21574	94.210,21574
1993	94.210,21574	94.610,21574	95.010,21574	95.410,21574	95.810,21574	96.610,21574	97.010,21574	97.810,21574	98.210,21574	99.010,21574
1994	99.010,21574	99.410,21574	99.810,21574	100.210,21574	100.610,21574	101.410,21574	101.810,21574	102.610,21574	103.010,21574	103.810,21574
1995	103.810,21574	104.210,21574	104.610,21574	105.010,21574	105.410,21574	106.210,21574	106.610,21574	107.410,21574	107.810,21574	108.610,21574
1996	108.610,21574	109.010,21574	109.410,21574	109.810,21574	110.210,21574	111.010,21574	111.410,21574	112.210,21574	112.610,21574	113.410,21574
1997	113.410,21574	113.810,21574	114.210,21574	114.610,21574	115.010,21574	115.810,21574	116.210,21574	117.010,21574	117.410,21574	118.210,21574
1998	118.210,21574	118.610,21574	119.010,21574	119.410,21574	119.810,21574	120.610,21574	121.010,21574	121.810,21574	122.210,21574	123.010,21574
1999	123.010,21574	123.410,21574	123.810,21574	124.210,21574	124.610,21574	125.410,21574	125.810,21574	126.610,21574	127.010,21574	127.810,21574
2000	127.810,21574	128.210,21574	128.610,21574	129.010,21574	129.410,21574	130.210,21574	130.610,21574	131.410,21574	131.810,21574	132.610,21574
1991	132.610,21574	133.010,21574	133.410,21574	133.810,21574	134.210,21574	135.010,21574	135.410,21574	136.210,21574	136.610,21574	137.410,21574
1992	137.410,21574	137.810,21574	138.210,21574	138.610,21574	139.010,21574	139.810,21574	140.210,21574	141.010,21574	141.410,21574	142.210,21574
1993	142.210,21574	142.610,21574	143.010,21574	143.410,21574	143.810,21574	144.610,21574	145.010,21574	145.810,21574	146.210,21574	147.010,21574
1994	147.010,21574	147.410,21574	147.810,21574	148.210,21574	148.610,21574	149.410,21574	149.810,21574	150.610,21574	151.010,21574	151.810,21574
1995	151.810,21574	152.210,21574	152.610,21574	153.010,21574	153.410,21574	154.210,21574	154.610,21574	155.410,21574	155.810,21574	156.610,21574
1996	156.610,21574	157.010,21574	157.410,21574	157.810,21574	158.210,21574	159.010,21574	159.410,21574	160.210,21574	160.610,21574	161.410,21574
1997	161.410,21574	161.810,21574	162.210,21574	162.610,21574	163.010,21574	163.810,21574	164.210,21574	165.010,21574	165.410,21574	166.210,21574
1998	166.210,21574	166.610,21574	167.010,21574	167.410,21574	167.810,21574	168.610,21574	169.010,21574	169.810,21574	170.210,21574	170.610,21574
1999	170.610,21574	171.010,21574	171.410,21574	171.810,21574	172.210,21574	173.010,21574	173.410,21574	174.210,21574	174.610,21574	175.410,21574
2000	175.410,21574	175.810,21574	176.210,21574	176.610,21574	177.010,21574	177.810,21574	178.210,21574	179.010,21574	179.410,21574	180.210,21574
1991	180.210,21574	180.610,21574	181.010,21574	181.410,21574	181.810,21574	182.610,21574	183.010,21574	183.810,21574	184.210,21574	185.010,21574
1992	185.010,21574	185.410,21574	185.810,21574	186.210,21574	186.610,21574	187.410,21574	187.810,21574	188.610,21574	189.010,21574	189.810,21574
1993	189.810,21574	190.210,21574	190.610,21574	191.010,21574	191.410,21574	192.210,21574	192.610,21574	193.410,21574	193.810,21574	194.610,21574
1994	194.610,21574	195.010,21574	195.410,21574	195.810,21574	196.210,21574	197.010,21574	197.410,21574	198.210,21574	198.610,21574	199.410,21574
1995	199.410,21574	199.810,21574	200.210,21574	200.610,21574	201.010,21574	201.810,21574	202.210,21574	203.010,21574	203.410,21574	204.210,21574
1996	204.210,21574	204.610,21574	205.010,21574	205.410,21574	205.810,21574	206.610,21574	207.010,21574	207.810,21574	208.210,21574	209.010,21574
1997	209.010,21574	209.410,21574	209.810,21574	210.210,21574	210.610,21574	211.410,21574	211.810,21574	212.610,21574	213.010,21574	213.810,21574
1998	213.810,21574	214.210,21574	214.610,21574	215.010,21574	215.410,21574	216.210,21574	216.610,21574	217.410,21574	217.810,21574	218.610,21574
1999	218.610,21574	219.010,21574	219.410,21574	219.810,21574	220.210,21574	221.010,21574	221.410,21574	222.210,21574	222.610,21574	223.410,21574
2000	223.410,21574	223.810,21574	224.210,21574	224.610,21574	225.010,21574	225.810,21574	226.210,21574	227.010,21574	227.410,21574	228.210,21574

Cuadro 4.30 Continuación.



	P-3	D-3	D-2	D-1	P-1	P-2	D-1
	156-6323742E	175-7801249E	155-7462325A	195-7911117D	264-6617954A	212-6473586A	51-79669925D
P-3	52,874,076.7E	155,547,197	177,470,436.5	199,277,122.2	229,284,261.4	261,920,975.2	351,298,438.4
P-3	101,110,530	450,757,15	450,449,54	479,232,37	495,340,24	459,569,38	467,162,62
D-1	46,264,656.5E	162,927,946E	195,643,862E	215,624,491E	226,652,579E	216,922,612E	358,647,821E
D-1	995,402,094	4321,866,62	4364,743,20	4474,622,12	4464,851,76	4609,661,95	4701,454,49
D-1	52,115,244.9E	649,789,582E	191,897,841E	211,441,769E	241,598,659E	217,731,798E	245,822,026E
D-1	4166,895,73	4355,160,39	4328,024,6E	4447,918,71	4476,125,37	4622,154,12	4714,247,7E
P-1	42,789,145.45E	159,462,024E	181,570,864E	202,474,92E	221,181,11E	257,450,66E	355,164,147E
P-1	856,637,41	4315,132,74	4256,146,3E	4377,369,4	4458,099,02	4602,129,42	4654,221,4E
D-1	64,474,245.14	162,145,775E	192,267,514E	216,621,67E	226,662,54E	211,127,93E	356,683,496E
D-1	896,028,29	4322,284,6E	4265,154,25	4455,104,2E	4469,249,44	4619,275,2E	4701,872,3E
D-1	63,464,573.9E	189,137,619E	202,249,762E	222,810,406E	251,857,495E	278,121,693E	375,671,222E
D-1	4226,465,6E	4355,236,19	4298,114,2E	4427,585,4E	4496,195,21	4643,224,4E	4734,817,6E
P-1	89,220,998.4E	244,587,12E	272,102,99E	307,566,319E	378,612,20E	352,882,84E	406,623,97E
P-1	9376,975,3E	4342,229,5E	4448,124,2E	4495,992,3E	4546,125,0E	4690,224,2E	4791,627,4E
D-1	164,135,784.5E	220,809,025E	242,917,831E	263,481,82E	294,529,978E	368,197,981E	426,542,44E
D-1	4207,837,2E	4344,104,3E	4476,578,2E	4516,658,7E	4571,649,3E	4721,656,7E	4811,927,8E
P-1	91,491,582.1	216,181,548E	246,101,127E	278,945,947E	361,410,255E	364,181,314E	411,927,142E
P-1	4356,688,1E	4475,152,7E	4365,127,2E	4507,96,1E	4569,117,8E	4712,147,2E	4804,740,2E
D-1	27,902,979.5E	144,575,537E	166,638,67E	197,248,22E	219,284,14E	251,564,99E	341,304,92E
D-1	462,103,62	4282,264,2E	4274,125,4E	4267,122,3E	4429,229,6E	4572,259,0E	4665,352,7
P-3	77,780,159.5E	194,455,923E	215,567,56E	237,128,919	268,175,281E	342,442,9E	376,189,57E
P-3	4156,732,10	4282,576,4E	4425,811,2E	4465,752,1E	4522,961,7E	4671,591,1E	4742,524,1E
D-1	92,520,912.1E	209,494,73E	231,202,126E	251,664,939E	302,914,520E	357,180,249E	404,928,297E
D-1	4355,245,1E	4411,578,6E	4454,451,4E	4494,222,0E	4554,544,4E	4698,524,2E	4791,167,0E
P-1	164,220,688.7E	221,902,97E	245,012,852E	276,620,107E	306,692,801E	376,638,662E	459,937,6E
P-1	4211,902,38	4436,166,9E	4481,241,3E	4581,132,0E	4725,161,3E	4817,254,4E	4874,235,2E
P-1	85,577,578.19	202,252,817E	224,558,758E	244,828,114E	275,970,605E	306,239,745E	397,994,933E
P-1	4311,645,7E	4398,114,3E	4446,938,7E	4480,869,7E	4541,676,4E	4605,158,7E	4771,701,8E
D-1	126,428,747.8E	247,619,865E	267,710,447E	296,274,90E	327,128,655E	391,590,84E	452,336,192E
D-1	4262,442,1E	4476,226,7E	4521,151,1E	4541,662,4E	4621,221,6E	4765,269,1E	4857,894,2E
P-1	176,441,97E	252,144,61E	282,225,74E	325,782,24E	366,842,18E	441,102,927E	488,848,555E
P-1	4248,161,7E	4574,126,2E	4617,200,4E	4627,681,7E	4717,221,3E	4861,326,7E	4953,912,7E
D-1	218,213,72.1E	314,448,81E	347,637,62E	387,176,04E	421,464,94E	472,932,679E	562,145,94E
D-1	44,979,41E	4626,255,3E	4676,329,2E	4718,816,4E	4778,020,0E	4922,649,4E	4972,122,3E
P-1	149,028,716.4	316,710,76E	357,821,26E	406,265,649E	489,422,253E	462,701,672E	511,447,16E
P-1	4311,887,2E	4616,151,0E	4646,266,2E	4709,967,2E	4761,111,9E	4905,146,2E	4957,350,2E
D-1	52,634,579.5E	172,478,825E	194,597,94E	225,162,105E	241,157,212E	251,466,353E	348,211,657E
D-1	4214,117,4E	4348,275,2E	4385,249,7E	4421,22,6E	4489,240,6E	4627,270,0E	4719,963,9E
P-3	116,673,231.2E	233,346,196E	255,454,839E	276,019,215E	307,568,79E	381,335,046E	429,080,597E
P-3	4222,151,6E	4458,418,2E	4591,292,6E	4641,171,6E	4691,283,2E	4745,412,4E	4815,102,5E
D-1	138,781,374.9E	255,454,658E	277,527,939E	298,127,47E	329,174,583E	421,443,192E	451,182,554E
D-1	4225,128,0E	4501,292,6E	4541,366,9E	4584,145,0E	4644,157,6E	4738,287,3E	4820,880,2E
D-1	159,246,226.4	276,102,71E	299,127,47E	326,127,47E	349,127,47E	424,679,281E	471,252,39E
D-1	41,643,636,4E	4541,122,2E	4548,146,1E	4604,136,7E	4628,136,6E	4690,261,0E	4771,241,9E
D-1	190,391,212.7	307,366,567E	329,174,583E	349,159,247E	380,788,244E	455,054,973E	524,160,026E
D-1	4211,112,7E	4391,282,2E	4444,267,4E	4624,126,7E	4744,246,2E	4899,277,7E	4980,970,7E
P-1	166,561,736.4	281,258,744E	321,443,192E	374,178,281E	425,054,973E	529,122,592E	577,069,154E
P-1	459,148,0E	4745,412,6E	4788,287,6E	4826,166,9E	4888,377,7E	511,022,407,6E	511,125,000,10
P-1	311,473,354.6	421,365,974E	451,188,554E	471,255,91E	522,860,801E	577,069,154E	641,148,9E
P-1	4611,241,1E	4678,505,6E	4808,880,0E	4926,761,0E	4988,976,7E	511,125,000,10	5174,074,1E
D-1	81,768,897.5E	204,583,182E	222,468,962E	241,902,919E	274,160,929E	348,263,94E	396,114,257E
D-1	4188,221,9E	4294,486,5E	4377,560,9E	4473,241,9E	4537,451,6E	4774,074,0E	4850,534,8E

Quadro 4.30

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
	55.15772772	61.619792445	67.263995381	73.126944357	78.126944357	84.126944357	89.126944357	94.126944357	100.126944357	105.126944357	110.126944357	115.126944357
01	58.156771772	63.21263584	68.77689245	74.14775585	79.14775585	84.14775585	89.14775585	94.14775585	100.14775585	105.14775585	110.14775585	115.14775585
02	63.21263584	68.77689245	74.14775585	79.14775585	84.14775585	89.14775585	94.14775585	100.14775585	105.14775585	110.14775585	115.14775585	120.14775585
03	68.77689245	74.14775585	79.14775585	84.14775585	89.14775585	94.14775585	100.14775585	105.14775585	110.14775585	115.14775585	120.14775585	125.14775585
04	74.14775585	79.14775585	84.14775585	89.14775585	94.14775585	100.14775585	105.14775585	110.14775585	115.14775585	120.14775585	125.14775585	130.14775585
05	79.14775585	84.14775585	89.14775585	94.14775585	100.14775585	105.14775585	110.14775585	115.14775585	120.14775585	125.14775585	130.14775585	135.14775585
06	84.14775585	89.14775585	94.14775585	100.14775585	105.14775585	110.14775585	115.14775585	120.14775585	125.14775585	130.14775585	135.14775585	140.14775585
07	89.14775585	94.14775585	100.14775585	105.14775585	110.14775585	115.14775585	120.14775585	125.14775585	130.14775585	135.14775585	140.14775585	145.14775585
08	94.14775585	100.14775585	105.14775585	110.14775585	115.14775585	120.14775585	125.14775585	130.14775585	135.14775585	140.14775585	145.14775585	150.14775585
09	100.14775585	105.14775585	110.14775585	115.14775585	120.14775585	125.14775585	130.14775585	135.14775585	140.14775585	145.14775585	150.14775585	155.14775585
10	105.14775585	110.14775585	115.14775585	120.14775585	125.14775585	130.14775585	135.14775585	140.14775585	145.14775585	150.14775585	155.14775585	160.14775585
11	110.14775585	115.14775585	120.14775585	125.14775585	130.14775585	135.14775585	140.14775585	145.14775585	150.14775585	155.14775585	160.14775585	165.14775585
12	115.14775585	120.14775585	125.14775585	130.14775585	135.14775585	140.14775585	145.14775585	150.14775585	155.14775585	160.14775585	165.14775585	170.14775585

Cuadro 4.31 Matriz costo-tiempo de reparación por la fuente principal de la fuente de alimento H7200 del CPU Digital VAX/1730.

	610	611	612	613	614	615	616	617	618
	186.79748544	101.27951999	101.22119976	168.7603611	240.7845992	180.1948713	42.25774824	801.93977264	75.49740216
Pa1	58.15673292	174.4719932	181.3967267	221.6792054	226.9161989	207.9208219	138.5515885	101.49208176	171.2027697
	9278.53733	9904.53733	9541.81142	81.15212737	81.18680633	81.62277761	81.78742505	8507.46257	8726.96613
Pa2	61.87956649	177.9720289	184.8929289	224.3996576	220.3796576	211.35284857	242.01585702	104.155108173	142.8172441
	825.175325	8723.175325	8961.452147	81.1375288101	81.155744435	81.284140816	81.80612109	8528.131362	8728.54415
Pa3	81.266959782	197.57406752	214.5001418	242.7878615	250.1207815	211.0246941	245.25242146	121.79593906	162.4545726
	84621.88232	81.02628923	81.066115838	81.271537139	81.211135152	81.747115523	81.511976727	81.11818138	8445.138734
Pa4	81.280697267	200.1672556	215.81941724	248.8122652	257.14027917	224.04421610	244.77491914	124.915441531	168.2747712
	8137.67145	81.045467132	81.162244611	81.029476732	81.027194347	81.78574458	81.926175543	8446.58973	8201.04647
Pa5	24.302344493	241.19551	248.12357674	267.4222751	274.6421657	274.64417029	405.11267054	167.8102179	217.0761267
	4637.16745	81.262165787	81.300925945	81.5102134426	81.54532226	81.891199441	81.186774138	846.539726	81.09112141
Pa6	141.17941734	256.51697859	267.4222751	274.6421657	274.6421657	384.7615716	402.5711791	162.2776187	222.1957126
	1729.09106	81.246179119	81.262165787	81.029476732	81.027194347	81.027194347	81.027194347	81.027194347	81.027194347
Pa7	21.257474202	217.56112928	214.5001418	242.7878615	250.1207815	211.0246941	245.25242146	121.79593906	162.4545726
	862.91642	81.02610265	81.02610265	81.02610265	81.02610265	81.02610265	81.02610265	81.02610265	81.02610265
Pa8	41.698984607	157.81434518	164.22650741	202.6819787	209.8619787	202.6819787	221.8919787	83.30227131	116.26833592
	8186.72149	8612.72149	8649.99749	81.6214126	81.6214126	81.6214126	81.6214126	81.6214126	81.6214126
Pa9	57.75421647	154.34698121	161.7474346	201.2552133	203.4946978	187.4991058	174.1294747	87.266971017	112.92856987
	8168.62533	8794.62533	8827.89142	81.04031216	81.076489433	81.02105811	81.07712104	829.85867	8411.99419
Pa10	116.33346544	212.62693109	229.55298449	278.8348501	285.0726566	266.0732444	246.7327142	158.9489407	198.0574421
	81.217153745	81.217153745	81.217153745	81.217153745	81.217153745	81.217153745	81.217153745	81.217153745	81.217153745
Pa11	121.27951999	215.81941724	248.8122652	285.14027917	291.9978561	272.12610265	410.74745558	162.4545726	222.1957126
	8628.81251	81.258412288	81.282118981	81.507159417	81.55738235	81.672124172	81.127116938	8448.06611	81.027194347
Pa12	167.52119976	278.87465631	295.78071006	328.04238133	334.20117489	311.2077149	442.91616124	204.2562279	244.710161
	8940.22789	81.486322808	81.50032814	81.74819636	82.09448047	81.74819636	81.74819636	81.74819636	81.74819636
Pa13	169.7818611	288.87365166	291.9978561	317.2813768	327.8203727	418.7421702	444.2551215	211.2955346	244.710161
	9573.81819	81.486322808	81.50032814	81.74819636	82.09448047	81.74819636	81.74819636	81.74819636	81.74819636
Pa14	247.6406892	366.07789486	375.0576827	417.28527948	418.82407501	402.2181619101	511.152914	242.2949747	241.9586682
	81.70977059	81.92577033	81.97304632	82.16446047	82.2181619101	82.81868727	81.53819637	81.15611361	81.71819637
Pa15	280.3949269	396.70929161	402.63454339	442.91616124	449.1559101	520.15910501	560.7695217	232.9219741	242.5888017
	81.47942618	82.16026236	82.127194347	82.24913142	82.26089351	82.81868727	82.49217141	81.71819637	81.68912015
Pa16	41.235349205	158.8498167	165.7746979	205.06456193	211.2955346	242.2949747	322.121744	114.7122715	118.04191851
	8194.4642	81826.4642	81857.77215	81.96217156	81.96217156	81.96217156	81.96217156	81.96217156	81.96217156
Pa17	81.15212737	198.1074474	201.4394961	244.710161	250.9541172	211.9181612	242.0688017	124.7822019	157.6672254
	1417.15212737	81.15212737	81.15212737	81.15212737	81.15212737	81.15212737	81.15212737	81.15212737	81.15212737
Pa18	71.16747224	197.8079187	197.8079187	211.9645498	244.2194244	211.9645498	244.2194244	168.16459185	157.6672254
	8171.16747	8171.16747	81.029476732	81.24814167	81.27919542	81.71194622	81.69516191	81.15212737	81.77719918
Pa19	74.8764931	240.7845992	247.7997161	291.9978561	285.14027917	240.7845992	454.8650244	215.81941724	248.8122652
	81.877142	81.97615776	81.56791126	81.76712822	81.81918161	81.749770634	82.13816520	81.54849634	81.71917127
Pa20	184.2692785	311.17274449	318.6937825	347.7848471	351.9948566	474.62326787	465.25410502	227.2942747	247.0556216
	8960.45147	81.5861451	81.62172789	81.82518233	81.868872667	82.20416848	82.46855941	81.18919731	81.402180147
Pa21	245.73176615	363.0922149	367.22129544	416.20297691	410.54197226	493.5498165	524.17621223	286.3117467	325.6761336
	81.27717619	81.905572142	81.94938491	82.15226281	82.18584219	82.621866106	82.78646693	81.516449886	81.71919419
Pa22	227.4027917	349.4531441	357.7878947	402.63454339	407.14646229	500.9436909	535.5101025	295.756237	325.33428439
	81.327194547	81.28194622	81.29117106	82.22161126	82.22161126	81.672124172	81.672124172	81.37712949	81.724116191
Pa23	274.6441336	440.91559570	447.8958266	520.16323414	521.04659449	621.2278396	651.78181619	456.8411059	501.1157677
	81.9613366	81.607388648	81.64518173	82.656527207	82.69013541	81.64518173	81.82188126	81.42425571	81.08819261
Pa24	420.56227913	576.89027468	583.81778451	662.1124299	667.15242924	811.16212623	700.5976821	467.1027890	502.7802675
	82.02916860	82.85516922	82.89544512	83.162185947	83.12742781	83.57249162	83.57249162	82.65429447	82.61512426
Pa25	63.80727887	186.11649827	187.04284297	226.7221325	232.5832089	315.5811171	344.19788287	160.4997	191.2722061
	8108.92589	8184.92589	8197.202151	81.16314161	81.212119449	81.582115839	81.81818134	8751.29415	8715.11141
Pa26	115.20784989	221.81732551	226.4422945	276.7295575	281.8642511	261.96450519	262.89649167	155.7392132	195.3978421
	8157.81151	81.20689175	81.22687784	81.44949216	81.483197031	81.919102435	82.082168926	8803.72719	81.017176632

Cuadro 4.31 Continuación.

	747	748	749	750	751	752	753	754
	154.747727	154.9527284	155.1577297	155.3627310	155.5677323	155.7727336	155.9777349	156.1827362
58:	58.15672777	222.62693139	247.01661177	261.52251892	271.29701194	272.86628615	273.74897125	271.959755558
62:	62.76752776	61.21753175	61.271545178	61.592557139	61.64094036	62.29486628	62.542166892	61.987192581
63:	61.61575845	236.9699577	146.4749388	265.4015458	314.74692892	436.26589303	482.21199877	125.427782425
64:	62.57172776	61.23612775	61.2921665167	61.609721135	61.639537835	62.31352457	62.56089674	61.64056385
65:	61.76759552	213.7675777	266.11697557	225.0472855	224.46087445	455.96672876	501.8529285	245.06361817
66:	64.0256252	61.74188126	61.797787167	61.714918131	61.765728432	62.81922174	62.666531414	67.44727102
67:	64.36009167	159.85612777	269.9791277	228.1518792	227.52027223	459.07622863	504.97323218	248.18212584
68:	64.61576169	61.55816716	61.61458617	61.721797167	61.78202719	62.436802919	62.681330531	67.612993162
69:	124.68204459	273.25224275	309.34132341	268.66233041	378.02327253	545.47478598	588.8506725	278.08599945
70:	62.7157159	61.57616716	61.67226671	61.64946895	62.06002717	62.99178521	69.8104210	61.24691792
71:	140.19741304	314.6675126	225.0566949	263.97919919	292.33769222	514.64566442	560.78965216	204.60493587
72:	67.108106	61.65970819	61.71499554	62.01211706	62.08248456	62.72643078	62.98371268	61.06346956
73:	21.26767422	195.73787258	296.17695721	265.0484641	274.40795343	395.91280764	441.8591334	134.47153225
74:	62.007006	61.01612672	61.07491456	61.28271607	61.44240252	62.09634924	62.24334168	61.6892442
75:	61.09699827	215.5612672	225.95626255	284.8377475	294.23276778	415.7132168	461.88927273	194.900011393
76:	61.8672159	61.12571271	61.181436107	61.49873759	61.54912750	62.20367018	62.45033321	63.010109
77:	37.734623667	212.20481959	222.59159061	261.51640761	290.87490803	412.38075504	468.32686078	101.537644449
78:	63.8165757	61.197162584	61.16323576	61.496168126	61.57102889	62.18497452	62.432725691	63.12161386
79:	116.312461544	290.7826386	301.132744449	260.09252169	369.45274471	490.95958892	536.90570466	180.11648831
80:	65.9153742	61.57053174	61.58848196	61.90257342	61.95194042	62.60788464	62.85516902	62.92472592
81:	123.229519299	297.76971761	308.09878825	361.02120544	376.31979847	497.08565268	543.83175843	187.04254226
82:	64.7818151	61.56781815	61.62327267	61.94698495	61.99121701	62.64516273	62.89344512	69.7220201
83:	162.52119076	376.99138968	347.36046971	406.30297491	415.66148993	537.16732414	583.16147988	226.3221355
84:	69.6022785	61.77922870	61.83514233	62.15226585	62.20262126	62.85657707	63.10385947	61.18361636
85:	168.76018011	345.23038465	355.19486506	411.2417226	421.90046929	545.40631949	589.35247523	222.5632089
86:	187.806191	61.812396153	61.86872067	62.18594219	62.23670949	62.89015541	62.13743781	61.21719469
87:	249.74608892	424.23428723	434.62336787	493.54587506	502.90436809	670.35632804	615.5671117	362.96785291
88:	61.29977000	62.24877034	62.36468448	62.62180606	62.67217350	63.57340152	62.65515850	61.91963423
89:	289.39482699	454.84650244	465.25410564	524.17661223	533.52510526	655.04095947	706.9876521	344.19784887
90:	61.47462493	62.41362528	62.46945541	62.79868093	62.83702843	63.49047615	63.73827555	61.81810133
91:	62.535548525	217.00554884	227.39462747	286.31713467	295.6756277	417.1814819	461.12758764	155.73921551
92:	61.9446286	61.13346320	61.18937734	61.56649826	61.55686636	62.2108128	62.45809447	69.0327219
93:	62.193972215	266.64417553	267.05325616	325.9757626	325.3345639	458.84011659	502.78621633	145.997
94:	64.07905919	61.34690634	61.40282047	61.71994199	61.77030949	62.24425521	62.67155731	67.52129056
95:	75.46924326	249.81941464	260.32852727	319.2192947	328.6955225	450.1153767	496.06149245	139.27226611
96:	63.7171541	61.31071375	61.366462789	61.68274941	61.73411691	62.26866263	62.63534502	67.1510191
97:	174.47019832	348.94039663	359.32947726	418.2519846	427.61047749	549.11633169	595.06243744	238.2732211
98:	4904.53753	61.84353788	61.69945201	62.21657155	62.26694103	62.92908573	63.16816915	61.24792604
99:	184.05927895	359.32947726	369.7185577	428.14105509	437.94959817	559.50541233	605.4515807	240.66230175
100:	69.6645167	61.89945201	61.95536615	62.27248767	62.32285517	62.97680089	63.20368578	61.30384017
101:	243.87178615	418.2519846	429.64136509	487.56357229	496.92206532	618.42791952	644.37402527	307.58408093
102:	61.27757319	62.21657155	62.27248767	62.58946719	62.63937649	63.29219251	63.34120480	61.82693619
103:	253.14027917	427.61047749	437.99955912	496.92206532	506.29055834	627.79841255	673.2531829	316.94330196
104:	61.32794049	62.26694103	62.32285517	62.63937649	62.69034419	63.34428991	63.59157231	61.67122919
105:	374.64613339	549.11633169	559.50541232	618.42791952	627.78641255	795.2385725	846.44915616	487.84999937
106:	61.98189641	62.92088675	62.97680089	63.29392241	63.34428991	64.24551802	64.44915616	62.32522491
107:	420.59223913	595.06243745	605.45151908	664.37402528	673.7325183	795.2387251	841.18447825	484.39526192
108:	62.22716680	62.16916915	63.20408578	63.54120480	63.59157231	64.24551802	64.44928002	62.57255731
109:	65.803022787	238.2732211	248.66230175	307.58408093	316.94330169	438.44415616	464.39526191	177.60868779
110:	63.90892569	61.24792604	61.30384017	61.62094199	61.67132919	62.32522491	62.3710102	69.1809192
111:	75.703864989	287.67406633	298.0614394	356.94565115	366.34414416	487.84999827	535.79641011	177.60868779
112:	64.80152	61.51380186	61.56971607	61.88883752	61.93720502	62.59115913	62.83634353	67.126406575

Cuadro 4.3.1 Continuation.

Cuadro 4.28 Continuación.

Abreviatura	Significado	Abreviatura	Significado
RAM	Memoria de acceso aleatorio	DML	Dispositivo microelectrónico lineal
ROM	Memoria de sólo lectura programable (incluyendo PROMs)	DMD	Dispositivo microelectrónico digital

Los tiempos de reparación para cada evento fueron calculados mediante la suma aritmética de los tiempos requeridos por cada pieza, en tanto que los costos se calcularon por interpolación lineal entre el evento con menor tiempo de reparación, al que se le asignó el costo menor, y el evento con mayor tiempo de reparación, al que se asignó el costo correspondiente al reemplazo total o parcial del subsistema.

El número esperado de fallas determinó la cantidad de números aleatorios de tres cifras entre 0 y 999 que deberían obtenerse para cada subsistema.

El objeto de dichos números fué la ubicación de una posición en la matriz de costos-tiempo de reparación (cuantificada de derecha a izquierda y de arriba hacia abajo iniciando en el extremo superior izquierdo) para estimar el costo asociado respectivo.

La suma de dichos costos proporcionó los costos totales potenciales por la contratación de dichos servicios. Así, para cada conjunto de subsistemas, tenemos:

- Fuente de alimentación del sistema PC Olivetti M 24 (8 unidades)

Tiempo de reparación menor: 12.73209 min (1 fusible defectuoso)  
Costo asociado: \$60,000.00

Tiempo de reparación mayor: 532.3303 min (5 diodos defectuosos)  
Costo asociado: \$450,000.00

Ecuación de interpolación:

$$\text{Costo asociado } C = \left[ \frac{450000 - 60000}{532.3303 - 12.73209} \right] [T - 12.73209] + 60000$$

$$= 750.57995529 T + 50443.54849$$

$$\begin{aligned} \text{Número esperado de fallas} &= \left[ \frac{28.14715356 \text{ fallas}}{10\text{E}+06 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{10\text{E}+06 \text{ hrs}}{1000000 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{3528 \text{ hrs}}{1 \text{ año}} \right] [8 \text{ eq.}] = \\ &= \frac{0.7944252621 \text{ fallas}}{\text{año}} \quad [ \sim 1 \text{ falla/año} ] \end{aligned}$$

Cantidad de números aleatorios a obtener: 1

Número aleatorio obtenido: 811

Ubicación: como la matriz está formada por 23 columnas y 22 renglones, existen en consecuencia 506 ubicaciones diferentes. Estableciendo una proporción directa entre el número de ubicaciones factibles y el rango fijado para los números aleatorios, tenemos

$$\begin{aligned} \text{Ubicación} &= \left[ \begin{array}{c} 506 \\ --- \\ 999 \end{array} \right] [\text{Número aleatorio seleccionado}] = \frac{506(811)}{999} = \\ &= 410.7767768 \sim 411 \end{aligned}$$

Costo asociado (del cuadro 4.29): \$432,711.44

Obsérvese que en este caso para 8 subsistemas se presenta una falla anual. Como las fallas son cantidades discretas con respecto a los subsistemas, el costo asociado correspondiente no puede subdividirse, por lo que se considerará como unitario para el subsistema en cuestión.

- Placa base del sistema PC Olivetti M 24 (8 unidades)

Tiempo de reparación menor: 27.90229 min (1 conector defectuoso)  
Costo asociado: \$60,000.00

Tiempo de reparación mayor: 577.0691 min (3 ROM y 3 RAM defectuosos)  
Costo asociado: \$1,125,000.00

Ecuación de interpolación:

$$\text{Costo asociado } C = \left[ \frac{1125000 - 60000}{577.0691 - 27.90229} \right] (T - 27.90229) + 60000$$

$$= 1939.301467 T + 5889.04807$$

$$\text{Número esperado de fallas} = \left[ \frac{392.32097963 \text{ fallas}}{10E+06 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{10E+06 \text{ hrs}}{1000000 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{3528 \text{ hrs}}{1 \text{ año}} \right] (8 \text{ eq.}) =$$

$$11.07286733 \text{ fallas} = \frac{\text{fallas}}{\text{año}} \quad [- 11 \text{ fallas/año}]$$

Cantidad de números aleatorios a obtener: 11

Ubicación: en este caso la matriz está formada por 27 columnas y 26 renglones, existiendo 702 ubicaciones diferentes. Procediendo similarmente al caso anterior, tenemos

$$\text{Ubicación} = \left[ \begin{array}{c} 702 \\ \text{---} \\ 999 \end{array} \right] \text{ [Número aleatorio seleccionado]}$$

Los números aleatorios obtenidos, las ubicaciones en la matriz y los costos asociados (del cuadro 4.30) se resumen a continuación.

Número aleatorio	Ubicación	Costo asociado	Número aleatorio	Ubicación	Costo asociado
240	169	\$300,051.94	094	66	\$259,738.77
459	323	\$791,167.07	216	152	\$471,138.27
305	214	\$721,098.74	910	639	\$923,049.42
035	25	\$594,569.58	505	355	\$274,856.44
649	456	\$779,020.07	071	49	\$364,741.00
156	110	\$171,441.81	TOTAL : \$5,650,973.11		

Obsérvese que para este caso los 8 subsistemas presentan 11 fallas anuales, es decir, 1.375 fallas anuales por subsistema. Bajo estas circunstancias, es posible dividir el costo, ya que no se presenta de forma unitaria como el caso anterior y para cada subsistema corresponde una falla, aproximadamente. Por lo tanto, el costo asociado respectivo por subsistema será de  $55,650,873.11/8 = \$706,359.1388$

- Tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730 (2 unidades)

Tiempo de reparación menor: 21.26767 min (1 fusible defectuoso)  
Costo asociado: \$100,000.00

Tiempo de reparación mayor: 841.1844 min (6 diodos defectuosos)  
Costo asociado: \$4,492,800.00 (1/3 del costo por reemplazo total)

Ecuación de interpolación:

$$\text{Costo asociado } C = \left[ \frac{4492800 - 100000}{841.1844 - 21.26767} \right] [T - 21.26767] + 100000$$

$$= 5357.61723 T - 13944.0352$$

$$\text{Número esperado de fallas} = \left[ \frac{137.6294783 \text{ fallas}}{10E+06 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{10E+06 \text{ hrs}}{1000000 \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{3528 \text{ hrs}}{1 \text{ año}} \right] [2 \text{ eq.}] =$$

$$= \frac{0.9711135989 \text{ fallas}}{\text{año}} \quad \{ \sim 1 \text{ falla/año} \}$$

Cantidad de números aleatorios a obtener: 1

Número aleatorio obtenido: 517

Ubicación: la matriz está formada por 27 columnas y 26 renglones, con 702 ubicaciones diferentes.

$$\text{Ubicación} = \left[ \begin{array}{c} 702 \\ \text{---} \\ 999 \end{array} \right] [\text{Número aleatorio seleccionado}] = \frac{702(517)}{999} =$$



Costo asociado (del cuadro 4.31): \$1,973,046.32

En este caso, como en el primero, el costo asociado está expresado unitariamente, en virtud de que las fallas son cantidades discretas con respecto a los subsistemas, y para los 2 subsistemas considerados sólo se presenta una falla anual.

Nótese que en las ecuaciones de interpolación, C es el costo asociado y T es el tiempo de conservación correctiva del evento de falla.

Con relación a las ganancias por disminución de tiempo muerto, se recurrió nuevamente al historial de fallas del capítulo III para determinar el tiempo promedio de conservación correctiva en aquellas circunstancias donde los subsistemas han sido enviados a servicios externos para su reparación. En el cuadro 4.32 se indican esos datos, en comparación con los obtenidos para el sistema propuesto

Cuadro 4.32 Comparación entre tiempos de conservación correctiva de servicios externos y del método propuesto

Subsistema	Servicios externos (min.)	Método propuesto (min.)
Fuente de alimentación PC Olivetti M 24	2432.285743	59.498581382641718
Placa base PC Olivetti M 24	2694.80004	84.401605890284062
Tarjeta principal de fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730	4176	69.854742960518018
Promedio	3101.028594	71.2516434

El porcentaje de ganancias por eliminación de tiempo muerto estará dado entonces por la razón de la diferencia entre el tiempo promedio en servicios externos y en el

método propuesto, y el tiempo promedio en servicios externos, es decir,

Porcentaje de ganancias por disminución de tiempo muerto =  $\frac{3101.028594 - 71.2516434}{3101.028594} \times 100 = 97.70232227\%$

La cantidad correspondiente está determinada por la aplicación de este porcentaje a los costos potenciales por contratación de servicios externos.

Los costos anteriores se obtuvieron en conjunto de la siguiente manera:

a) Costos potenciales por contratación de servicios externos

Fuente PC	=	\$432711.44	(8 subsistemas)	=	\$3946092.64
			subsistema		
Placa base PC	=	\$706359.1388	(8 subsistemas)	=	\$3461691.52
			subsistema		
Tarjeta principal de fuente H7200 del CPU VAX 11/730	=	\$1973046.32	(2 subsistemas)	=	\$5650873.11
			subsistema		
					-----
				Total =	\$14590771.56

b) Ganancias por reducción de tiempos muertos

$(\$14590771.56)(0.9770232227) = \$14255464.03$

En el cuadro 4.33 se muestra el estado de resultados y la forma de obtención de los flujos netos de efectivo. Para el cálculo de los gastos potenciales por contratación de servicios externos de conservación y las ganancias por reducción de tiempos muertos en cada periodo anual se consideraron los resultados ya citados y una tasa de inflación del 22.1% aplicable a partir del segundo periodo anual. Como puede observarse, aparentemente el proyecto resulta más rentable que la alternativa de contratar servicios externos de conservación. Esto se demostrará detalladamente en el siguiente capítulo.

CUADRO BENEFICIO-COSTO:

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos potenciales por contratación de servicios externos de conservación	\$14,590,711.56	\$17,215,056.81	\$21,752,431.01	\$26,559,719.27	\$32,429,416.00
- Gastos generales	\$11,271,668.12	\$13,762,953.97	\$16,804,543.14	\$20,519,371.59	\$25,652,921.72
- Gastos de administración	\$1,256,064.85	\$1,607,678.64	\$1,905,251.61	\$2,339,191.52	\$2,872,509.01
+ Depreciación y amortización	\$13,209,565.72	\$12,305,945.72	\$12,119,686.42	\$4,976,407.02	\$922,722.22
+ Ganancias por reducción de tiempos muertos	\$14,255,464.03	\$17,405,921.56	\$21,252,670.25	\$25,949,461.53	\$31,694,292.53
= Flujo neto de efectivo	\$29,576,189.70	\$32,186,556.56	\$36,414,529.73	\$74,719,239.11	\$11,264,591.03

Cuadro 4.33 Tabla beneficio-costo.

## V. EVALUACION Y JUSTIFICACION DEL SISTEMA PROPUESTO.

### 5.1 INTRODUCCION.

Para tomar una decisión sobre un proyecto, es necesario que éste sea ampliamente analizado desde diferentes puntos de vista, ya que así se comprenderá a todos aquellos factores que de alguna forma participan y afectan al mismo, y se justificará la canalización de recursos hacia aquél en base a la obtención de una rentabilidad atractiva o de beneficios de carácter social frente a los costos de inversión y operación. No obstante, el hecho de realizar un análisis que se considere lo más completo posible no implica que, al invertir, el dinero estará exento de riesgo. El futuro siempre es incierto, y por esta razón el dinero siempre se estará arriesgando. En los cálculos no están incluidos factores físicos fortuitos (accidentes, incendios, derrumbes, etc.) o aún otros de carácter económico o político (devaluaciones monetarias drásticas, atonía económica, golpes de estado, etc.), simplemente porque no es factible predecirlos y es imposible asegurar que un proyecto estará exento de ellos.

Por estas razones su evaluación, que comprende todas aquellas acciones encaminadas a la toma de decisión de inversión sobre el mismo, no debe recaer únicamente en un punto de vista o en el análisis de datos parciales.

Con el fin de poder comparar las diversas alternativas de proyecto destinadas al logro de un objetivo específico común, es necesario contar con un criterio de evaluación que pueda utilizarse como base para juzgar dichas alternativas.

Comunmente, el dinero se ha utilizado como base de comparación. Así, cuando hay varias maneras de lograr un objetivo dado, por lo general se elige el método que tiene el menor costo global. Sin embargo, en muchos casos las alternativas comprenden factores intangibles que no pueden expresarse en términos de dinero. Por lo tanto, cuando las alternativas disponibles tienen aproximadamente el mismo costo equivalente, los factores intangibles pueden usarse como base para seleccionar la mejor alternativa.

En los capítulos anteriores se han descrito las bases teóricas, los aspectos administrativos, orgánicos, técnicos y la metodología del sistema propuesto.

En el presente se presentarán los criterios y técnicas empleados en la medición de los costos y beneficios del sistema propuesto.

### 5.2 CRITERIOS PARA COMPARACION DE ALTERNATIVAS.

Cuando en un proceso de toma de decisiones se cuenta con cierto número de alternativas, las cuales se definen como "una

(68)

solución aislada de un problema dado", es necesario contar con criterios de evaluación que permitan juzgar y seleccionar la más adecuada desde el punto de vista económico. En general, existe una gran diversidad de criterios para la evaluación económica de

alternativas múltiples. Sin embargo, por su facilidad de aplicación consideraremos únicamente los siguientes.

### 5.2.1 METODO DEL VALOR PRESENTE NETO.

El valor presente neto se define como "el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la

(68)  
inversión inicial". Así, este método consiste básicamente en la transformación de los gastos o ingresos futuros en dinero equivalente hoy, lo que permite fácilmente observar la ventaja económica de una alternativa sobre otra. Está dado por la siguiente expresión general:

$$VPN = -P + \sum_{j=1}^n \frac{FNE_j}{(1+i)^j} + \frac{VS_n}{(1+i)^n} \quad 5.1$$

donde

P : inversión inicial de la alternativa retadora

FNE<sub>j</sub> : flujo neto de efectivo incremental durante el año j  
(j = 1, 2, ..., n)

i : tasa de interés mínima aceptable de rendimiento, dada por la fórmula

$$i = \text{índice inflacionario} + \text{premio al riesgo} \quad 5.2$$

VS<sub>n</sub> : valor de salvamento de los activos que integran la inversión inicial de la alternativa retadora después de n años

Debe observarse que, previamente a su aplicación en la evaluación de alternativas múltiples, debe elegirse qué alternativa será la retadora y cuál la defensora.

Dado que el valor presente de un gasto o un ingreso siempre es menor que el valor futuro, cuando la tasa de interés es mayor que cero, el monto de valor presente se conoce como flujo de caja descontado, y la tasa de interés empleada como tasa de descuento. Si dicha tasa, conocida también como costo de capital o tasa de interés mínima aceptable de rendimiento, fuera únicamente la tasa inflacionaria promedio para los años subsiguientes, las ganancias de la empresa sólo servirían para mantener el valor adquisitivo real que ésta poseía en el año cero siempre y cuando se reinvirtieran todas las ganancias. Con un valor presente neto

nulo, no se aumenta el patrimonio de la empresa en el horizonte planeado, si el costo del capital es igual al promedio de la inflación en ese periodo. Es por esta razón que para los cálculos de valor presente neto la tasa mínima aceptable de rendimiento se determina sumando al índice inflacionario promedio un premio al riesgo por la inversión, que permita obtener cierto volumen de ganancias y hacer aceptable el proyecto.

El premio al riesgo, considerado como la tasa de crecimiento real del dinero invertido, depende de la incertidumbre en que se incurra al hacer la inversión en cuestión, pero, en términos generales y después de haber compensado los efectos inflacionarios, debe ubicarse entre un 10 y un 15%.

No obstante, si la tasa mínima aceptable de rendimiento aplicada en el cálculo del valor presente fuera superior a dicho promedio, aún con un valor presente nulo, habría un aumento en el patrimonio de la empresa.

Por otra parte, si el valor presente es mayor que cero, sin importar cuánto supere ese valor, esto sólo implicará una ganancia extra después de obtener la tasa mínima aceptable de rendimiento aplicada a lo largo del periodo considerado.

Por lo tanto,  $VP < 0$  indica una pérdida neta y  $VP \geq 0$  implica una ganancia neta.

Debe advertirse que por este método la comparación de alternativas con vidas útiles iguales es directa, en tanto que si las alternativas poseen vidas útiles diferentes, la comparación debe hacerse sobre el mínimo común múltiplo de años.

#### 5.2.2 METODO DE LA TASA INTERNA DE RENDIMIENTO.

La tasa interna de rendimiento se define como "la tasa de interés de un proyecto que supone que todos los flujos netos de efectivo son reinvertidos a la tasa de rendimiento que satisface

(69)

la ecuación de equilibrio". Dicha ecuación se determina igualando el valor presente de los ingresos y los desembolsos, es decir:

$$P = \frac{P}{D} + \frac{R}{D}$$

o sea

$$0 = -\frac{P}{D} + \frac{P}{D} + \frac{R}{D}$$

5.3

donde

P : valor presente de los desembolsos  
D

P : valor presente de los ingresos  
R

Considerando lo anterior, el método procede al análisis de alternativas mutuamente excluyentes de acuerdo al siguiente procedimiento:

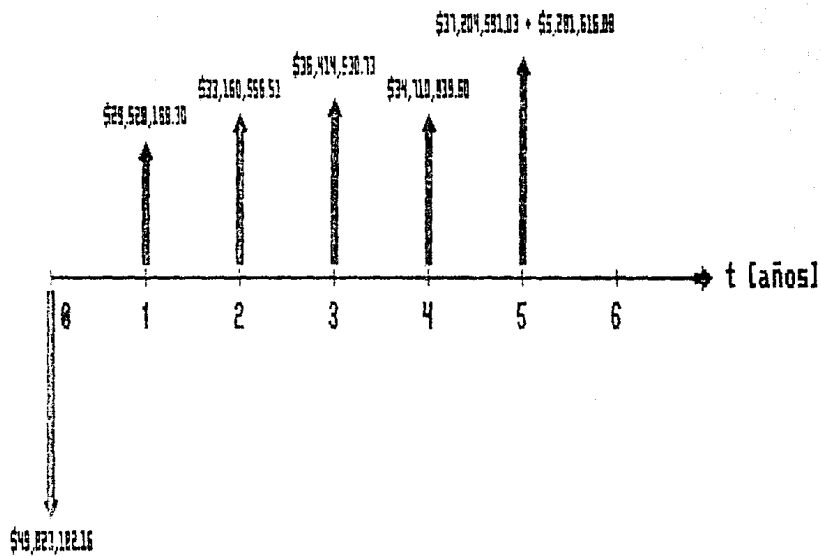
- a) Determinar el flujo neto de efectivo (incremental) entre la alternativa elegida como retadora y la defensora
- b) Calcular la tasa interna de rendimiento incremental requerida por el retador utilizando el flujo de caja neto, con la ecuación de equilibrio (por ensayo y error)
- c) Calcular la tasa mínima atractiva de rendimiento por la fórmula 5.2
- d) Comparar la tasa interna de rendimiento incremental obtenida (TIR) contra la tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR). Si  $TIR \geq TMAR$ , se debe aceptar la alternativa retadora. De lo contrario ( $TIR < TMAR$ ) debe rechazarse dicha alternativa y optar por la defensora.

Este método posee una desventaja metodológica. La suposición de una reinversión instantánea de la tasa interna de rendimiento, junto con los posibles cambios de signo en los flujos netos incrementales de efectivo, da origen a la existencia de tasa de rendimiento múltiples en los flujos de caja no convencionales. Además, la suposición de una reinversión instantánea de todos los flujos de efectivo es falsa, dado que existe un factor limitante físico del tamaño de la empresa. Esto es, la reinversión total implicaría un crecimiento tanto de la producción como físico de la empresa, lo cual es imposible. Precisamente es en ese instante cuando la empresa ha alcanzado un límite de crecimiento y capacidad y empieza a invertir en alternativas externas. Sin embargo, lo anterior carece de importancia para la evaluación de alternativas, pues es imposible predecir en qué rubros se invertirán las ganancias extra.

### 5.3 EVALUACION ECONOMICA.

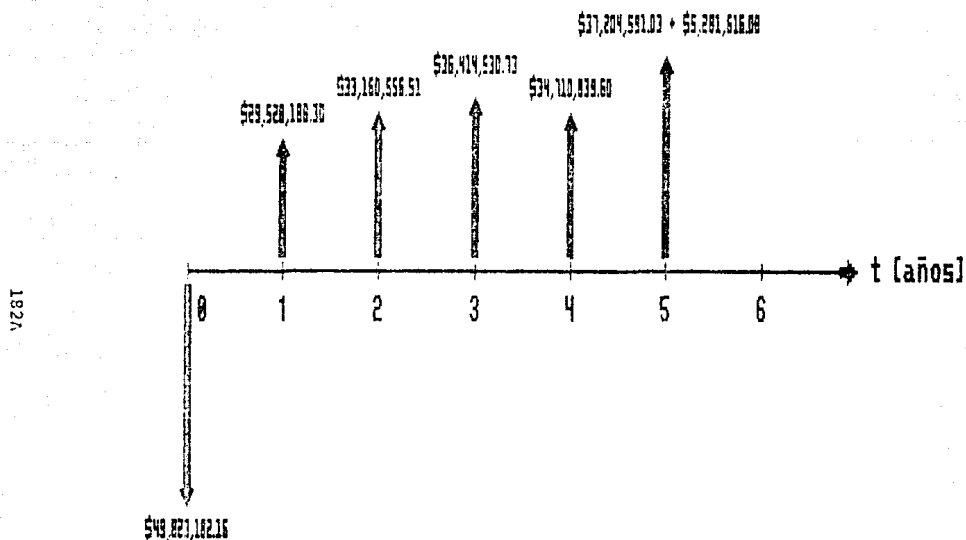
La evaluación económica del proyecto propuesto que se expone a continuación, consistió en la comparación de esta alternativa (retador) contra la de contratar un servicio externo de conservación (defensor), aplicando los métodos ya expuestos y a partir de los resultados obtenidos en el estudio económico durante un periodo de 5 años. Así, del diagrama de flujo de caja mostrado en la figura 5.1 a , tenemos:

a En el diagrama de flujo de caja mostrado en la figura 5.1, las flechas verticales dirigidas hacia arriba representan flujos de caja positivos (ingresos), mientras que las flechas verticales dirigidas hacia abajo representan flujos de caja negativos (egresos).



**FIGURA 5.1** FLUJOS ANUALES DE EFECTIVO NETO INCREMENTALES ENTRE EL SISTEMA PROPUESTO (RETADOR) Y LA CONTRATACION DE SERVICIOS DE CONSERVACION EXTERNOS (DEFENSOR).





**FIGURA 5.1** FLUJOS ANUALES DE EFECTIVO NETO INCREMENTALES ENTRE EL SISTEMA PROPUESTO (RETADOR) Y LA CONTRATACION DE SERVICIOS DE CONSERVACION EXTERNOS (DEFENSOR).

Inversión inicial: \$49,823,182.16

Tasa de inflación promedio: 22.1%

Premio al riesgo: 12.5%

Valor de salvamento en el año 5: \$5,281,616.08

Periodos considerados, n = 5

Flujos netos de efectivo incrementales tomados del cuadro beneficio costo (4.33)

a) Cálculo del VPN con flujos inflados sin financiamiento:

De la fórmula 5.2,

TMAR = 0.221 + 0.125 = 0.346 [34.6%]

y aplicando 5.1.

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= -49823182.16 + \frac{29528188.30}{(1 + 0.346)^1} + \frac{33160556.51}{(1 + 0.346)^2} + \frac{36414530.73}{(1 + 0.346)^3} \\ &+ \frac{34710839.60}{(1 + 0.346)^4} + \frac{37204591.03}{(1 + 0.346)^5} + \frac{5281616.08}{(1 + 0.346)^5} \\ &= \$ 25,542,422.65 \end{aligned}$$

como VPN  $\geq$  0, se acepta la alternativa retardadora por este método.

b) Cálculo de la TIR con flujos inflados:

De la expresión 5.3 y aplicando el método del valor presente,

$$\begin{aligned} 0 &= -49823182.16 + \frac{29528188.30}{(1 + i)^1} + \frac{33160556.51}{(1 + i)^2} + \frac{36414530.73}{(1 + i)^3} \\ &+ \frac{34710839.60}{(1 + i)^4} + \frac{37204591.03}{(1 + i)^5} + \frac{5281616.08}{(1 + i)^5} \end{aligned}$$

solucionando esta ecuación por ensayo y error, obtenemos  $i = 0.59750132636$ , es decir, 59.750132636%, y dado que

que  $i > TMAR$ , también se acepta la alternativa retardadora por este método, resultando económicamente rentable.

#### 5.4 EVALUACION TECNICA.

En la evaluación técnica del sistema propuesto se comparó esta alternativa contra la de proseguir con el método actual. Adicionalmente se hizo el análisis económico de este último con objeto de facilitar la toma de decisión.

Para ello, se partió de la información resumida en el historial de fallas del capítulo III y del cálculo de la razón de fallas y la confiabilidad para los subsistemas estudiados en el capítulo anterior. Así, considerando las expresiones matemáticas obtenidas por K. C. Kapur (ver referencia bibliográfica 56), tenemos para una muestra pequeña

- Función de distribución acumulativa en el  $i$ -ésimo tiempo anterior a la falla, en orden creciente

$$\hat{F}(t)_i = \frac{i - 0.3}{n + 0.4} \quad 5.4$$

donde  $n$  es el tamaño de la muestra

- Función de confiabilidad

$$\hat{R}(t)_i = 1 - \hat{F}(t)_i = \frac{n - i + 0.7}{n + 0.4} \quad 5.5$$

- Razón o porcentaje de fallas

$$\hat{h}(t)_i = \frac{\hat{R}(t)_i - \hat{R}(t)_{i+1}}{(t_{i+1} - t_i) \hat{R}(t)_i} \quad 5.6$$

sustituyendo por  $\hat{R}(t)_i$  tenemos

$$\hat{h}(t)_i = \frac{1}{(t_{i+1} - t_i)(n - i - 0.7)} \quad 5.7$$

la razón de fallas  $h(t)$  calculada de los datos procedentes del historial de fallas, es una estimación de la función de riesgo.

Los cálculos para los subsistemas estudiados se muestran en el cuadro 5.1. Obsérvese que para cada conjunto de subsistemas se tomaron únicamente los tiempos anteriores a la primera falla, en el periodo de tiempo comprendido entre el 10 de febrero de 1988 y el 28 de febrero de 1990 (medidos a partir de la primera fecha), ordenándose posteriormente en forma creciente.

Cuadro 5.1 Cálculo de medidas de confiabilidad para la fuente de alimentación y la placa base de la computadora personal Olivetti M 24 y la tarjeta principal de la fuente H7200 del CPU Digital VAX 11/730.

Subsistema	$t_i$ (hrs.)	$F(t_i)$	$R(t_i)$	$t_{i+1} - t_i$	$h(t_i) \times 10^{-4}$	
Fuente de alimentación PC Olivetti M24	1	997.0333	0.083333	0.916667	126.61665	10.2569551
	2	1123.65	0.202381	0.797619	287.15002	5.1977615
	3	1410.8000	0.321429	0.678571	592.48313	2.9362937
	4	2003.2833	0.440476	0.559523	Promedio =	6.1303034
Placa base PC Olivetti M24	1	6.71667	0.083333	0.916667	587.11667	2.2119986
	2	593.83334	0.202381	0.797619	822.24999	1.8151868
	3	1416.09333	0.321429	0.678571	1003.74997	1.7478316
	4	2419.83333	0.440476	0.559523	Promedio =	1.9250056
Tarjeta principal de fuente H7200 del CPU VAX 11/730	1	97.43333	0.291667	0.708333	802.4	7.3309483
	2	899.83333			Promedio =	7.3309483

Dado que los equipos electrónicos de cómputo que siguen un modelo de distribución exponencial para el tiempo entre fallas, su tasa de riesgo permanece constante. Así, con objeto de establecer un valor único actual para cada uno de los subsistemas anteriores, se tomó el promedio de los datos obtenidos.

En el caso del método propuesto, y considerando que se trata de subsistemas con configuración serie y modelo de distribución exponencial para el tiempo entre fallas, su tasa de riesgo se determinó mediante la suma de las razones de fallas especificadas para cada componente del circuito en los cuadros complementarios 4.5 a 4.7, como establece la expresión 3.20 que se reproducimos a continuación

$$h'(t) = \sum_{i=1}^n h_i(t)$$

donde  $h_i(t)$ : razón de falla del  $i$ -ésimo componente.

Conocido este parámetro, en ambos casos se calculó la confiabilidad del subsistema y la probabilidad de falla en un año ( $t = 3528$  hrs., con un horario de trabajo de 07:00 a 21:00 hrs) empleando las expresiones 3.35 y 3.36 que seguidamente se anotan

$$\text{Probabilidad de falla: } F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad t \geq 0$$

$$\text{Confiabilidad: } R(t) = e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0$$

En las figuras 5.2 a 5.4 se muestra una gráfica comparativa de la confiabilidad para cada subsistema dentro del sistema actual del I. I. E. y en el sistema propuesto.

De los cálculos de disponibilidad operativa y de ejecución del capítulo III y los resultados obtenidos en la aplicación del método propuesto, se determinó para ambos casos el tiempo promedio por acción de conservación correctiva, el tiempo promedio por acción de conservación preventiva, el tiempo por año destinado a conservación preventiva (multiplicando el tiempo promedio por acción de conservación preventiva y el número de inspecciones por año) y el número promedio de fallas por año en un subsistema (tomado como una cantidad continua).

Para el análisis económico del sistema actual se recurrió a los presupuestos respectivos, considerando tanto conservación correctiva como preventiva. Los rubros fueron clasificados siguiendo los mismos criterios empleados para el método propuesto, tomándose únicamente los proporcionables (P). La fracción real de costos correspondiente a cada subsistema se calculó considerando una variación proporcional entre la estimada para 5 computadoras personales Olivetti M24 y 2 unidades centrales de proceso Digital VAX 11/730 instaladas en la sede de México D. F. y la respectiva para 55 computadoras personales Olivetti M 24 y 9 unidades centrales de proceso Digital VAX 11/730 instalados en la sede de Palmira, Morelos. Así, para cada subsistema se obtuvo lo siguiente:

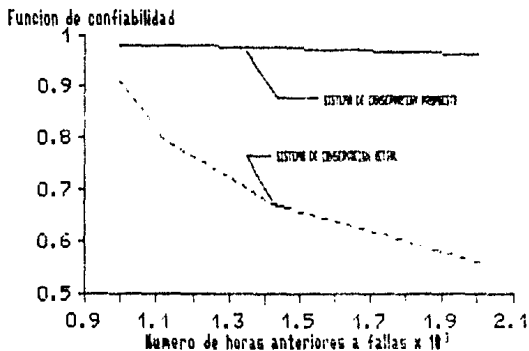


FIGURA 5.2 GRAFICA COMPARATIVA ENTRE FUNCIONES DE CONFIABILIDAD PARA LA FUENTE DE ALIMENTACION DE LA COMPUTADORA PERSONAL OLIVETTI M24.

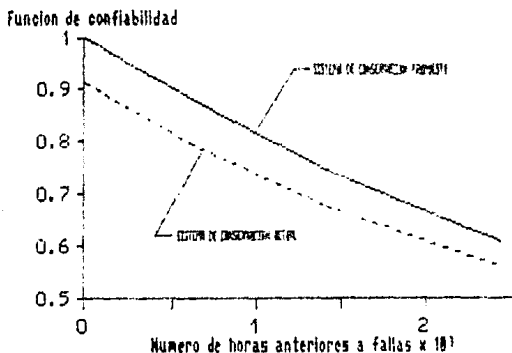


FIGURA 5.3 GRAFICA COMPARATIVA ENTRE FUNCIONES DE CONFIABILIDAD PARA LA PLACA BASE DE LA COMPUTADORA PERSONAL OLIVETTI M24.

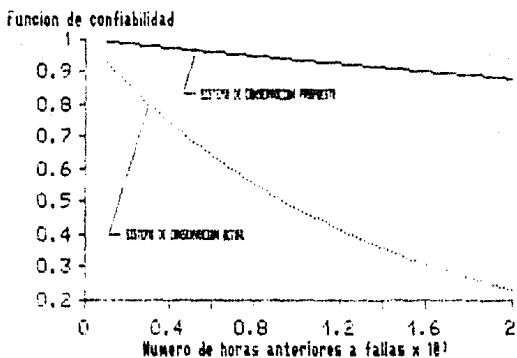


FIGURA 5.4 GRAFICA COMPARATIVA ENTRE FUNCIONES DE CONFIABILIDAD PARA LA TARJETA PRINCIPAL DE LA FUENTE DE ALIMENTACION H7203 DEL CPU VAX 11/730.

- Fuente de alimentación del sistema PC Olivetti M24:

Fracción real (0.01577882927)(55 subsistemas)  
 de costos = ----- = 0.1084780762  
 proporcionables 2 subsistemas  
 = 10.84780762%

- Placa base del sistema PC Olivetti M24

Fracción real (0.00762724118)(55 subsistemas)  
 de costos = ----- = 0.9524372811  
 proporcionables 8 subsistemas  
 = 5.24372811%

- Tarjeta principal de fuente de alimentación H-200 del CPU VAX 11/730

Fracción real (0.004807691308)(9 subsistemas)  
 de costos = ----- = 0.02163461539  
 proporcionables 2 subsistemas  
 = 2.163461539%

Aplicando estas tasas a los costos totales anuales para cada rubro se obtuvo la fracción correspondiente a cada conjunto de subsistemas, como se muestra en los cuadros 5.2 y 5.3. Dividiendo entre el número de subsistemas se obtuvo el costo anual de conservación por subsistema.

Los resultados anteriores se resumen en el cuadro 5.4

Cuadro 5.4 Evaluación técnica del sistema actual contra el método propuesto.

Subsistema: Fuente de alimentación de la computadora personal Olivetti M24		
Concepto	Sistema actual	Sistema propuesto
Confiabilidad anual	11.50059943%	93.70756508%
Probabilidad anual de falla	88.49940057%	6.29243492%
Tiempo promedio por acción de conservación correctiva	2432.285743 min.	59.498581382641 min.



CONCEPTO	COSTO ANUAL TOTAL	COSTO ANUAL (Para la placa base de PC M24)	COSTO ANUAL (Para la fuente de alimentación de PC M24)	PC OLIVETTI M24 (1 placa base y 1 fuente de alimenta- ción por equipo)
<b>Gastos de administración</b>				
	\$12,888,000.00	\$675,811.70	\$1,358,065.45	total por 55 equipos =
	\$7,608,000.00	\$398,942.85	\$825,201.20	\$26,157,591.52
	\$10,000,000.00	\$524,372.83	\$1,084,750.75	55 placas base:
	\$5,000,000.00	\$262,186.42	\$542,350.38	\$8,522,526.75
	\$9,910,000.00	\$519,758.35	\$1,075,234.69	+ 55 fuentes:
	\$3,000,000.00	\$157,211.85	\$325,434.27	\$17,630,724.77
	\$15,120,000.00	\$792,251.72	\$1,640,138.51	
				total por 1 equipo =
<b>Gastos generales</b>				\$475,513.66
	\$40,000,000.00	\$2,097,491.32	\$4,339,123.65	1 placa base:
	\$40,000,000.00	\$2,097,491.32	\$4,339,123.65	\$154,555.93
				+ 1 fuente:
<b>Módulos periféricos</b>				\$320,553.27
	\$10,000,000.00	\$524,372.83	\$1,084,750.75	
	\$4,000,000.00	\$205,749.13	\$433,912.30	
	\$1,000,000.00	\$52,437.28	\$108,478.09	
	\$4,000,000.00	\$205,749.13	\$433,912.30	
<b>Total:</b>	<b>\$12,328,000.00</b>	<b>\$8,522,526.75</b>	<b>\$17,630,724.77</b>	

Cuadro 5.2 Análisis económico del sistema actual (placa base y fuente de alimentación de la computadora personal Olivetti M24).

CONCEPTO	COSTO ANUAL TOTAL	COSTO ANUAL (Para la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX)	CPU DIGITAL VAX-VMS 11/730 1 fuente de alimentacion por equipo)
Gastos de administración	\$22,776,000.00 \$14,334,000.00 \$56,580,300.00	\$492,750.00 \$309,461.54 \$1,224,096.54	total por 9 equipos = \$8,285,201.93 9 fuentes de alimentacion
Gastos generales	\$174,300,000.00	\$2,250,000.00	\$5,265,201.93 total por 1 equipo =
Activos intangibles	\$6,240,000.00 \$20,644,000.00 \$72,000.00 \$5,300,000.00	\$135,000.00 \$446,625.00 \$21,026.55 \$1,468,250.00	\$690,355.77 1 fuente de alimentacion
Total:	\$79,516,000.00	\$6,295,201.93	

Cuadro 5.3 Análisis económico del sistema actual (tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU Digital VAX 11/730).

Cuadro 5.4 Continuación.

Subsistema: Fuente de alimentación de la computadora personal Olivetti M24		
Concepto	Sistema actual	Sistema propuesto
Tiempo anual destinado a conservación preventiva	1.333333333 hrs/año	2.429869007 hrs/año
Número promedio de fallas por año	4.5 fallas/año	0.09930316 fallas/año
Costo anual por conservación	\$120,558.63/año	\$126,575.20/año
Subsistema: Placa base de la computadora personal Olivetti M 24		
Concepto	Sistema actual	Sistema propuesto
Confiabilidad anual	80.70518627%	48.5012468%
Probabilidad anual de falla	49.29481373%	51.4937532%
Tiempo promedio por acción de conservación correctiva	2694.80004 min.	84.401605890384 min.
Tiempo anual destinado a conservación preventiva	1.333333333 hrs/año	11.16284187 hrs/año
Número promedio de fallas por año	2.5 fallas/año	1.384108416 fallas/año
Costo anual por conservación	\$154,955.03/año	\$103,066.45/año
Subsistema: Tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730		
Concepto	Sistema actual	Sistema propuesto
Confiabilidad anual	7.529071821%	79.5799460%
Probabilidad anual de falla	92.47062818%	20.4200532%

Cuadro 5.4 Continuación.

Subsistema: Tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730		
Tiempo promedio por acción de conservación correctiva	4176 min.	69.8547429605180 min.
Tiempo anual destinado a conservación preventiva	3 hrs/año	3.68339221 hrs/año
Número promedio de fallas por año	0.5 fallas/año	0.4855568 fallas/año
Costo anual por conservación	\$698,355.77/año	\$166,015.98/año

De los datos señalados en el cuadro anterior se deduce la ventaja de la aplicación del sistema propuesto sobre el actual. Obsérvese que en el caso de la placa base la confiabilidad anual resultó menor que la actual, pero si observamos la gráfica comparativa correspondiente, vemos que la tendencia de disminución es más pronunciada en el sistema actual que en el propuesto sobre una base de tiempo mayor. Además, el costo anual por conservación resulta menor en el sistema propuesto, por lo que aún resulta aceptable su aplicación bajo estas circunstancias.

## B. CONCLUSIONES.

El presente proyecto se avocó al desarrollo de un sistema de conservación para equipo de cómputo basado en principios de confiabilidad y conservabilidad, destinado al Instituto de Investigaciones Eléctricas Sección México D. F.

Para ello, se demostró la insuficiencia del sistema actual para satisfacer las necesidades de conservación y la inconveniencia de contratar servicios externos, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Además, se resaltó la importancia de realizar análisis periódicos de fallas y de seguir con todo detalle registros de información que permitan evaluar en cierto momento las acciones realizadas.

Con la aplicación de este proyecto es posible obtener los datos siguientes:

- Funciones de distribución del tiempo entre fallas e intervalos de confianza
- Tipo de fallas más comunes y frecuencia
- Disponibilidad
- Porcentajes de falla
- Vidas medias
- Número esperado de fallas en un periodo de tiempo específico
- Tiempos promedio y máximo por acción de conservación correctiva, promedio por acción de conservación preventiva, y promedio de parada
- Requerimientos de partes y refacciones (inventarios)
- Número y frecuencia de inspecciones de conservación preventiva
- Beneficios económicos y costos

Adicionalmente, se establecieron métodos para:

- Administración y control de la conservación
- Análisis de fallas
- Control presupuestario
- Análisis y evaluación de tareas de conservación
- Planeación y programación de actividades
- Reparación e inspección de partes
- Análisis y evaluación económica
- Evaluación técnica
- Estimación de datos por simulación

A fin de que los objetivos señalados en la introducción sean alcanzados, recomendamos las siguientes medidas, en adición a la aplicación del sistema antes descrito:

1. Instalación de una unidad de autoconservación en la sede México D. F. del I. I. E.
2. Establecimiento de un inventario de equipos de estadía permanente y transitoria

3. Seguimiento continuo y cuidadoso de las formas de registro aquí descritas. Si es factible, implementar un sistema de información computarizado con una base de datos única que además, determine rápidamente los parámetros de conservación aquí citados

4. Determinación de planes y programas de actividades anuales y observación precisa

5. Cursos periódicos de capacitación al personal de la unidad, incluyendo al de estancia provisional (becarios) sobre métodos de conservación preventiva, correctiva y predictiva

6. Evaluaciones periódicas del personal y estudio de los trabajos de conservación realizados por éste

7. Mediciones regulares del tiempo real de operación de cada equipo y de otros parámetros de disponibilidad. Esto puede hacerse por técnicas de muestreo

8. Desconcentración de funciones decisivas de administración y control

9. Fomento al uso de equipo de cómputo en actividades diversas

Aún cuando la técnica propuesta es de origen militar y es extremadamente detallista, se justifica en función de los requerimientos actuales de conservación de equipo de cómputo, por lo que resulta idónea para conseguir los objetivos antes indicados.

## APENDICE C.1 GLOSARIO DE TERMINOS.

**Bit:** Término formado por la asociación de las palabras "Binary" y "digit", el cual se emplea para denominar la mínima unidad de información utilizada en computadoras digitales. Un bit adquiere únicamente los valores de 0 (off) o 1 (on) según sea el estado operativo de los diversos circuitos electrónicos que integran dichos sistemas.

**Sentencia (word):** Entidad simple formada por un número fijo de bits, que es procesada como una unidad simple de información. Una gran parte de las computadoras digitales existentes en la actualidad están diseñadas para almacenar y recuperar sentencias individuales en memoria, cuyo tamaño (número de bits) depende del diseño y capacidad del sistema, pudiendo variar desde 8 bits en minicomputadoras, hasta 16 o aún 60 bits para computadoras de larga escala.

Una sentencia simple puede representar instrucciones o datos. Si contiene datos a ser procesados, se denomina sentencia de datos (data word) y si contiene una instrucción, se denomina sentencia de instrucción (instruction word).

**Byte:** Entidad simple formada por un número fijo de bits, en la cual se puede dividir una sentencia, y que por lo general equivale a la mitad o a la cuarta parte de esta última. El número de bits que conforman un byte depende del tamaño de la sentencia que pueda manejar el sistema; por ejemplo, si una minicomputadora emplea sentencias de 12 bit, entonces dichas sentencias pueden ser divididas en dos bytes de 6-bit cada una, o si maneja sentencias de 12-bit, éstas pueden dividirse en cuatro bytes de 8-bit.

Un byte, de forma similar a una sentencia, puede consistir de datos o instrucciones que pueden ser almacenadas y recuperadas en la memoria, y es la mínima unidad de información que puede ser direccionada.

En particular, para el sistema VAX 11/730, un byte está formado por ocho bits contiguos (numerados de derecha a izquierda, del 0 al 7) que empiezan en un byte límite direccionable.

**K:** Representación del valor  $2^{10}$ , que equivale a 1024.

**Giga:** Representación del valor  $2^{30}$ , que equivale a  $1 \times 10^9$ , aproximadamente.

**Sentencia larga (longwords):** Una sentencia larga es un conjunto de 4 bytes contiguos (numerados de derecha a izquierda, del 0 al 3) que empiezan en un byte límite arbitrario.

**Quadwords:** Un quadword es un grupo de 8 bytes contiguos (numerados de derecha a izquierda, del 0 al 63) que comienzan en un byte límite arbitrario.

Datos de punto flotante: Representan aproximaciones de cantidades para las cuales su ajuste a escala no está especificado en el programa. Son almacenadas en forma de notación científica con tres campos para el signo, el exponente en base 10 al que se eleva la cantidad en cuestión, y una magnitud fraccional, respectivamente. Dentro del sistema, pueden ocupar 4 bytes contiguos comenzando en un byte límite arbitrario.

Campo de bits de longitud variable: Se emplea para almacenar pequeñas cantidades enteras contenidas en una estructura relativamente larga de datos. Puede incluir de 0 a 32 bit contiguos localizados arbitrariamente con respecto a bytes límite preestablecidos.

Hilera de caracteres: Básicamente, es un tipo de datos empleado para representar conjuntos de caracteres consecutivos como nombres, textos o datos almacenados. Esta formada por una secuencia contigua de bits en memoria, y se especifica mediante dos atributos: la dirección A del primer bit de la hilera, y la longitud L de la hilera en bits. Precedentes a la realización de operaciones aritméticas y lógicas con hileras de caracteres, aparecen otras operaciones de suma importancia, como el copiado, la concatenación, la búsqueda y el traslado de hileras.

Hilera de datos decimales: Es una secuencia contigua de bytes en memoria especificada mediante dos atributos: la dirección A del primer bit de la hilera, y la longitud L, que es el número de dígitos en la hilera y no el número de bytes. Los bytes de este tipo de datos se dividen en 2 campos de 4-bit que contienen el signo y los decimales, respectivamente. Se emplean para representar cantidades ajustadas a escala fijas en una forma cerrada a su representación externa. Para programas cuya entrada/salida es más intensiva que su cómputo, esta representación es frecuentemente la más eficiente.



## APENDICE C.2 COMPONENTES Y FUNCIONES DE LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESO.

### C.2.1 INTRODUCCION.

Antes que una computadora pueda solucionar un problema, debe existir una secuencia de instrucciones (programa) que le indiquen de modo preciso qué operaciones debe ejecutar y dónde encontrar los datos necesarios para ello. Una vez que el programa ha sido almacenado en la memoria principal, las instrucciones que contiene pueden ser recuperadas y ejecutadas por la computadora. La unidad específica responsable de la recuperación de instrucciones individuales de la memoria y su realización es denominada unidad central de proceso, o simplemente CPU.

El CPU es vital para la operación de todo el sistema de cómputo. Controla y supervisa operaciones que incluyen a otras unidades del sistema como resultado de las instrucciones recuperadas de la memoria principal. También realiza aquellas funciones de toma de decisión que son llamadas por el programa.

Adicionalmente, el CPU realiza todos los cálculos aritméticos requeridos por el programa.

En este apéndice se describirán brevemente las partes que integran a un CPU típico, así como las funciones de cada una de ellas.

### C.2.2 PARTES QUE INTEGRAN A UN CPU TIPICO Y FUNCIONES.

La Unidad Central de Proceso está compuesta por los elementos principales: la unidad de control (CU) y la unidad lógico-aritmética (ALU). La unidad de control es el "tomador de decisiones", pues coordina y dirige las actividades de todo el sistema de cómputo. Algunas de sus funciones específicas incluyen:

- a) la localización y recuperación de instrucciones en memoria, una cada vez
- b) la decodificación de cada instrucción y la generación de señales de control para el arranque de una acción específica, y
- c) la dirección y control de movimiento de datos entre el CPU, la memoria y los dispositivos de entrada-salida.

La unidad lógico-aritmética tiene dos funciones primarias:

- a) la realización de todos los cálculos aritméticos, y
- b) la ejecución de pruebas lógicas, como la comparación de dos valores o una prueba para un valor cero.

Un cálculo aritmético produce un resultado, mientras que una operación lógica es empleada para tomar una decisión.

Adviértase que un número elevado de ALU reducen todos los cálculos aritméticos a series de operaciones aditivas y complementarias. Es importante señalar que todas las operaciones de la ALU son dirigidas por señales provenientes de la unidad de control.

Existen cinco registros mayores entre la ALU y la CU. y son:

1. Registro de buffer. El registro de buffer (BR) es empleado para el almacenamiento temporal de información que deba ser seleccionada o almacenada en la memoria principal, es decir, sirve de punto de espera entre la memoria y otros componentes del CPU. Su uso se justifica pues compensa diferencias entre las velocidades operativas del CPU y unidades externas, como la memoria.

2. Registro de instrucciones. El segundo componente de un CPU es el registro de instrucciones (IR). El registro de instrucciones es empleado para soportar cada instrucción durante el tiempo en que es ejecutada. Cuando una instrucción es ejecutada, es seleccionada en la memoria y almacenada en el BR para después ser transferida al IR. Puesto que las instrucciones son combinaciones binarias divididas en código de operación y campo de operando, cuando se ejecuta una instrucción, el código de operación debe ser decodificado para que la operación deseada sea identificada. El decodificador de instrucciones es el componente que realiza la tarea antes señalada.

Los contenidos del IR son suministrados a la entrada del decodificador de instrucciones. Una vez que el código de operación ha sido descifrado, una señal única para cada instrucción en particular es transmitida a la CU. La identidad de la operación determina las referencias en memoria que son necesarias para la operación. El exámen del campo de operando determina en qué momento se emplea un direccionado directo o indirecto.

3. Contador de programa. Cuando se realiza un programa, el CPU debe poseer algún medio para determinar cuál es la próxima instrucción a ser ejecutada. El contador de programa tiene esta función. Antes que un programa sea ejecutado, la dirección de arranque (la locación de la primera instrucción) debe ser cargada al PC. Los contenidos del PC son usados entonces como una dirección para seleccionar la primera instrucción en la memoria.

4. Registro de direcciones. El registro de direcciones (AR) es empleado para contener las direcciones de las locaciones de memoria que han sido referidas por el CPU. A causa de la diferencia existente entre las velocidades operativas de la memoria y el CPU, el AR contiene la información de direcciones hasta que ésta sea aceptada por la memoria principal. Entonces, el AR y el BR son empleados cuando el CPU almacena información o la recupera de la memoria principal.

5. Acumulador. El acumulador (AC) funciona como un área de trabajo donde se realizan todos los cálculos realizados por la

ALU. Por ejemplo, después que una adición es ejecutada, uno de los sumandos es almacenado temporalmente en el AC. El segundo sumando es entonces recuperado de la memoria y es adicionado al contenido del AC. El resultado así obtenido aparece en el AC, reemplazando el contenido original de éste. Algunas unidades centrales de proceso poseen más de un acumulador. En otros sistemas las funciones del acumulador son efectuadas por los registros de propósito general (GPR).

#### D. BIBLIOGRAFIA

(1)

Newbrough, E. T. - ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL: ORGANIZACION, MOTIVACION Y CONTROL EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL - Editorial Diana, México D. F. agosto 1982, capítulos 1 a 8, páginas 17 a 204.

(2)

Alford, León Pratt - MANUAL DE LA PRODUCCION - Editorial U.T.E.H.A., México D. F. 1981, capítulos VIII y XIX, páginas 612 a 640, 1394 a 1462.

(3)

Maynard, Harold Bright - MANUAL DE LA INGENIERIA DE LA PRODUCCION INDUSTRIAL. - Editorial Reverté, Barcelona España 1982, tomo I, capítulo 12, páginas 3-214 a 3-237.

(4)

Dounce Villanueva, Enrique - LA ADMINISTRACION EN EL MANTENIMIENTO - Editorial C.E.C.S.A., México D. F. 1973, 2a. edición, capítulos 6 a 9, páginas 87 a 168.

(5)

Cavriel Salvendy Publishers - HANDBOOK OF INDUSTRIAL ENGINEERING - Editorial John Wiley & Sons, Purdue University 1982, capítulo 8.5, páginas 8.5.1 a 8.5.34; capítulo 11.7, páginas 11.7.1 a 11.7.19.

(6)

Antony Ralston Publishers - ENCYCLOPEDIA OF COMPUTER SCIENCE AND ENGINEERING - Editorial Van Nostrand Reinhold Company, New York 1976, páginas 907 a 910, 624 a 627, 679 a 681, 1121 a 1131, 1276, 1280 a 1285.

(7)

I.E.E.E. - SYMPOSIUM ON RELIABILITY AND MAINTAINABILITY ANNUAL PROCEEDINGS, PHILADELPHIA, PENN. 1973 - Revisión New York 1980.

(7.1)

Swett, Ben H. - DRAFT DOD DIRECTIVE 5000.XX, RELIABILITY AND MAINTAINABILITY - páginas 19 a 23.

(7.2)

Heiser, David A. - AN ANALYSIS OF MIL-STD-471 TEST METHODS - páginas 43 a 50.

(8)

Aviña Berumen, Luis Jorge - ELEMENTOS DE LA ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO - Dirección General de Estudios Tecnológicos Regionales, Instituto Tecnológico de Durango, julio 1977, capítulo 3, páginas 10, 11, 17; capítulo 4, páginas 29 a 37;

capítulo 6, páginas 55 a 57.

(9)

García Díaz, Benito - ASPECTOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO- Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional, México D. F. julio 1966, capítulo 1, páginas 4 a 14, 16, 126, 127.

(10)

Claire, Frank V. - EVALUATING MAINTENANCE OPERATIONS- Revista Plant Engineering (Barrington Ill), junio 9, 1977, volumen 31, número 12, páginas 181 a 184.

(11)

T. Jones - PREDICTIVE MAINTENANCE AND COST CONTROL - Revista The Certificated Engineer, agosto 1983, volumen 56, año 8, páginas 112 a 118.

(12)

Claire, Frank V. - MATERIALS HANDLING EQUIPMENT: PREVENTIVE AND PREDICTIVE MAINTENANCE - Revista National Safety News, diciembre 1980, volumen 122, número 6, páginas 64 a 66.

(13)

Marinello, R. L. - PREDICTIVE MAINTENANCE: WHAT IT IS AND HOW IT CAN HELP PLANT ENGINEERS - Revista Plant Engineering, febrero 2, 1978, páginas 56 a 61.

(14)

A NEW ERA IN PREDICTIVE MAINTENANCE - Revista IRD Mechanalysis Inc. - primavera 1986, volumen 5 número 10, páginas 1 a 13.

(15)

Patton Jr., Joseph D. - DECIDING WHEN TO SERVICE OR REPLACE EQUIPMENT - 31st Transactions Annual Technical Conference ASCQ, mayo 16-18, 1977, Philadelphia Pa., páginas 20 a 27.

(16)

Kress, William E. - PREDICTIVE MAINTENANCE INCREASES PRODUCTIVITY AND UPTIME - Proceedings Autofact West Assemblx 7, noviembre 17-20, 1980, Anaheim Ca., páginas 745 a 754.

(17)

Schneider, Walter - BASIC COMPUTER TROUBLESHOOTING AND PREVENTIVE COMPUTER MAINTENANCE OPERATION - Behavior Research Methods & Instrumentation, 10th National Conference on the use of online computers in psychology, 1980, volumen 13, número 2, St. Louis Missouri, páginas 153 a 162.

(18)

Hecht, Herbert y Dussault, Heather - CORRELATED FAILURES IN FAULT-TOLERANT COMPUTERS - IEEE Transactions on Reliability, junio 1987, volumen R-36 número 2, U. S. A., páginas 171 a 175.

- (19) Farkas, Steven F. - MICRO MAINTENANCE - WHAT ARE THE OPTIONS? - Revista Journal of Systems Management, noviembre 1985, volumen 36 número 11, U. S. A., páginas 16 a 18.
- (20) Srivastava, G. S. y Khan, A. M. - PREVENTIVE CARE AND MAINTENANCE OF COMPUTER - Revista Electrical India, 15 de septiembre de 1986, volumen 26 número 17, India, páginas 17 a 21.
- (21) Ohshimo, Hideshi y Osaki, Shunji - RELIABILITY/PERFORMANCE EVALUATION FOR A MULTISYSTEM WITH PREVENTIVE MAINTENANCE-Revista Microelectronic & Reliability, 1985, volumen 25 número 5, Gran Bretaña, páginas 841 a 846.
- (22) Brenner, Robert C. - IBM PC ADVANCED TROUBLESHOOTING & REPAIR - editorial Howard W. Sams & Company, Indianapolis, Indiana (U. S. A.) 1988, 2a. edición, capítulos 3 a 5 y apéndices, páginas 127 a 277.
- (23) Reyes Ponce, Agustín - ADMINISTRACION DE EMPRESAS: TEORIA Y PRACTICA - editorial Limusa, México D. F. 1985, 32a. reimpresión, capítulos 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, páginas 17, 18, 26, 57 a 67, 101, 121, 256, 298 a 300, 305, 351 a 366.
- (24) Frederick S. Hillier - INTRODUCCION A LA INVESTIGACION DE OPERACIONES - editorial Mc Graw Hill Co., México D. F. 1982, 1a. edición en español (3a. en inglés), capítulo 9, páginas 367 a 389.
- (25) Moder, Joseph J. y Elmaghraby, Salah E. - HANDBOOK OF OPERATIONS RESEARCH - editorial Van Nostrand Reinhold, New York (U. S. A.) 1978, capítulos III-1, III-2, páginas 319 a 397.
- (26) Ackoff, Russell L. y Sasieni, Maurice W. - FUNDAMENTOS DE INVESTIGACION DE OPERACIONES - editorial Limusa S. A., México D. F., 28 de mayo de 1975, 2a. reimpresión, capítulo 8, páginas 231 a 257.
- (27) Ireson, W. Grant - RELIABILITY HANDBOOK - editorial Mc Graw Hill Book Co., New York (U. S. A.) 1966, capítulos 1, 3, 4, 5, 9, 11 y 15, páginas 1-1 a 1-22, 3-21 a 3-22, 4-2 a 4-75, 5-2 a 5-39, 9-2 a 9-30, 11-2 a 11-21, 15-2 a 15-40.

- (28) Buffa, Elwood Spencer - SISTEMAS DE PRODUCCION E INVENTARIO-  
editorial Limusa, México D. F. 1975.
- (29) Cohen, Robert - CARING FOR COMPUTERS - Revista Canadian  
Controls & Instruments, Canadá, mayo 1985, volumen 24, número 3,  
páginas 35 a 37.
- (30) Blumberg, Donald F. - SATISFYING YOUR SERVICE NEEDS-  
Revista Management World, U. S. A., abril/mayo 1987, volumen 16,  
número 3, páginas 13 a 14.
- (31) Bagshaw, Eric - THE TROUBLE WITH COMPUTERS - Revista  
Business Computing & Communications, Gran Bretaña, mayo 1986,  
páginas 66 a 67.
- (32) Quinn, Thomas - WHEN GOOD CAN GO BAD - Revista Management  
World, U. S. A., marzo 1986, volumen 15, número 3, páginas 38 a  
39.
- (33) Seymour, Jim - PC REPAIR: WHAT TO DO WHEN MICRO GOES KAPUT-  
Revista Today's Office, U. S. A., diciembre 1985, volumen 20,  
número 7, páginas 17 a 20.
- (34) Martin, A. - SERVICE AND SUPPORT: THE USER PERSPECTIVE  
Revista Seybold Report on Office Systems, Boston Mass. U. S. A.,  
diciembre 9, 1985, volumen 8, número 12, páginas 1 a 18.
- (35) THE REPAIR RACKET - Revista Which Computer?, Gran Bretaña,  
octubre 1985, páginas 68, 69, 71, 75, 78.
- (36) Spencer, Derek - THROW AWAY OR REPAIR? Revista Systems  
International, Gran Bretaña, mayo 1987, volumen 15, número 5,  
páginas 83, 86, 89.
- (37) Yoshida, Masakatsu; Namba, Daiji; Ikeda, Sajio y Baba,  
Masakazu - APPLICATION OF KNOWLEDGE ENGINEERING TO COMPUTER  
SYSTEM: DIAGNOSIS - Revista Review of the Electrical  
Communications Laboratories, Japón, enero 1989, volumen 37,  
número 1, páginas 9 a 14.
- (38) ARE YOU REALLY TAKING CARE OF YOUR COMPUTER? - Revista  
Business Equipment Digest, Gran Bretaña, abril 1989, volumen 15,  
número 4, páginas 64 a 65.

- (39)  
Karp, Harry R. editor - BASICS OF DATA COMMUNICATIONS-  
editorial Mc Graw Hill Book Co., New York, U. S. A., 1976,  
páginas 152 a 163.
- (40)  
Knight, Mike - UP THE SHARP END (EXPERIENCE OF TROUBLE WITH  
MICROCOMPUTER INSTALLATIONS) - Revista Personal Computer World,  
Gran Bretaña, abril 1989, volumen 4, número 4, página 75.
- (41)  
Elliot, Thomas R. - THE BRAVE NEW WORLD OF SERVICE (COMPUTER  
MAINTENANCE) - Revista Journal of Information Systems  
Management, U. S. A., verano 1988, volumen 5, número 3, páginas  
63 a 65.
- (42)  
Williams, Gene B. - WHEN YOUR PC DOESN'T WORK - Revista  
Byte, U. S. A., otoño 1985, volumen 10, número 11, páginas 253 a  
258.
- (43)  
Ben-Zvi, Seymour, Casaregola, Dan y Weissenber, Gina - IN-  
HOUSE SERVICING OF MICROPROCESSOR-BASED AND DIGITAL PATIENT CARE  
EQUIPMENT - Revista Journal of Clinical Engineering, U. S. A.,  
junio 1985, volumen 10, número 2, páginas 121 a 130.
- (44)  
Crew, Marianne - SERVICE AGREEMENTS: WHY THEY ARE USEFUL FOR  
PC'S - Revista The Office, U. S. A., Octubre 1986, volumen 104,  
número 4, páginas 67 a 68.
- (45)  
Thompson, Stuart - MULTIMETERS SERVICING DIGITAL EQUIPMENT-  
Revista Electrical Equipment, U. S. A., junio 1986, páginas 15 y  
16.
- (46)  
Hallahan, Sean - BALANCING THE MAINTENANCE EQUATION-  
Revista Computing the Magazine, Gran Bretaña, 14 de marzo de  
1985, página 16.
- (47)  
Drohan, Edward F. - TO YOUR SYSTEM'S HEALTH - Revista Words,  
U. S. A., agosto/septiembre 1985, volumen 14, número 2, páginas  
26 y 27.
- (48)  
Bereiter, Susan R. y Miller, Steven M. - INVESTIGATING  
DOWNTIME AND TROUBLESHOOTING IN COMPUTER-CONTROLLED PRODUCTION-  
Emp. Foundation of Information and Software Science, Proceedings  
of the 4th Symposium, Atlanta U. S. A., 22 al 24 de octubre de  
1986, páginas 371 a 405.



(49)

Duhalt Krauss, Miguel - LOS MANUALES DE PROCEDIMIENTO EN LAS OFICINAS PUBLICAS - Textos Universitarios, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales U. N. A. M., 1a. edición, México D. F., 1968, capítulos I, II, III y apéndices I y II, páginas 15 a 90.

(50)

U. S. Department of Defense - MIL-HDBK-472 MAINTAINABILITY PREDICTION TECHNIQUES - Military Standardization Handbook, U. S. Government Printing Office, Washington D. C., U. S. A., 24 de mayo de 1966.

(51)

U. S. Department of Defense - MIL-HDBK-217 E RELIABILITY PREDICTION OF ELECTRONIC EQUIPMENT - Military Handbook, U. S. Government Printing Office, Washington D. C., U. S. A., 27 de octubre de 1966.

(52)

Hernández González, Roberto - TESIS: ANALISIS, SELECCION E IMPLEMENTACION DE UNA RED LOCAL DE TELEPROCESO EN EL I. I. E.- U. N. A. M., junio 1987, capítulos I y III, páginas 1-1 a 1-4, 3-1 a 3-14.

(53)

Mansfield, Charles A. - IMPROVING MAINTENANCE STRATEGIES- Revista Computing The Magazine, Gran Bretaña, febrero 14, 1985, página 24.

(54)

Organización Internacional del Trabajo - INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL TRABAJO - 3a. edición, editorial Limusa, México D. F. 1986, capítulos 8, 9, 10, 14, páginas 87 a 155, 199 a 210.

(55)

Jardine, Andrew Kennedy Skilling - MAINTENANCE, REPLACEMENT AND RELIABILITY - editorial John Wiley & Sons, New York U. S. A. 1973, capítulos 1 a 6, páginas 1 a 134.

(56)

Kapur, Kailash Chander - RELIABILITY IN ENGINEERING DESIGN- editorial John Wiley & Sons, New York U. S. A. 1977, capítulos 2 y 10, páginas 30 a 36, 39, 40, 233 a 275.

(57)

MANUAL PARA LA ASISTENCIA TECNICA No. 1 PARA LOS MODELOS M24/M21 - actualización al 2 de enero de 1985, Olivetti A. T. C. - Documentación editores, Barcelona, España, código 160.11.5, publicación interna reservada.

(58)

OLIVETTI PERSONAL COMPUTER M 24 MANUALE DI DESCRIZIONE DI FUNZIONAMENTO, diagramas de placa base (rev. P5) y alimentador.

- (59)  
VAX - 11/730 HARDWARE USER'S GUIDE - Digital Equipment Corporation, Educational Services, U. S. A., 3a. edición, diciembre 1983.
- (60)  
VAX HARDWARE HANDBOOK - Digital Equipment Corporation, U. S. A. 1980, capítulos 1, 3, 7, 13, páginas 1 a 7, 33 a 57, 130 a 144, 223 a 226.
- (61)  
VAX HARDWARE HANDBOOK - Digital Equipment Corporation, U. S. A. 1982, capítulo 3, páginas 39 a 43, capítulo 21, páginas 379 a 390.
- (62)  
VAX 11/730 CENTRAL PROCESSING UNIT TECHNICAL DESCRIPTION - Digital Equipment Corporation, Educational Services, U. S. A., 1a. edición, mayo 1982.
- (63)  
H7200 POWER SUPPLY FIELD MAINTENANCE PRINT SET - Digital Equipment Corporation U. S. A., 1981.
- (64)  
EGC SEMICONDUCTORS MASTER REPLACEMENT GUIDE - Philips ECG, 2a. edición, Philadelphia U. S. A., enero 1989.
- (65)  
RELIABLE REPLACEMENT SEMICONDUCTORS SK SERIES - Thomson Consumer Electronics, New Jersey U. S. A., julio 1989.
- (66)  
INTERFACE, BIPOLAR LSI, BIPOLAR MEMORY AND PROGRAMMABLE LOGIC DATA BOOK - National Semiconductor Corporation, California U. S. A., 1983.
- (67)  
MICROPROCESSOR AND PERIPHERAL HANDBOOK - Intel Corporation, California U. S. A., 1986.
- (68)  
Blank, Leland T. y Tarquin, Anthony J. - INGENIERIA ECONOMICA - 2a. edición, editorial Mc Graw Hill, México D. F., agosto 1986, capítulo 5, páginas 121 a 123, capítulo 7, páginas 157 a 160, capítulo 8, páginas 179, 182, 183, 188.
- (69)  
Baca Urbina, Gabriel - EVALUACION DE PROYECTOS - 1a. edición, editorial Mc Graw Hill, México D. F., marzo 1987, parte IV, páginas 165 a 210, parte V, páginas 217 a 227, 235, 236.
- (70)  
INFLACION: ¿ "BURDUJAS" O RESURGIMIENTO ? - Semanario Tendencias Económicas y Financieras, Grupo Editorial Expansión,

volúmen IV número 182, México D. F. 16 de julio de 1990, página 5.

(71)

LEY DEL IMPUESTO SOBRE LA RENTA - 3a. edición, Ediciones Delma, México D. F. enero 1990, capítulo II. páginas 29 a 59.

## E. INDICE

### A. INTRODUCCION

#### I. ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE CONSERVACION

1.1	GENERALIDADES .....	1
1.2	OBJETIVOS	
	a) técnicos .....	2
	b) económicos .....	3
1.3	TEORIA DE LOS SISTEMAS DE CONSERVACION .....	3
1.4	CLASIFICACION .....	5
1.5	CARACTERISTICAS	
1.5.1	CONSERVACION NO PROGRAMADA	
1.5.1.1	CORRECTIVA .....	6
1.5.2	CONSERVACION PROGRAMADA	
1.5.2.1	RUTINARIA .....	8
1.5.2.2	PREVENTIVA .....	9
1.5.2.3	PREDICTIVA .....	15

#### II. PRINCIPIOS DE ADMINISTRACION Y CONTROL

2.1	GENERALIDADES .....	21
2.2	IMPORTANCIA DE LA ADMINISTRACION DE LA CONSERVACION	22
2.3	ELEMENTOS DEL PROCESO ADMINISTRATIVO .....	23
2.4	TECNICAS PARA LA ADMINISTRACION DE LA CONSERVACION	
2.4.1	ANALISIS ECONOMICO Y DE DISPONIBILIDAD .....	27
2.4.2	ANALISIS DE FALLAS .....	28
2.4.2.1	EN MODO DE FALLAS Y EFECTOS .....	29
2.4.2.2	METODO DEL "ARBOL DE FALLAS" .....	30
2.4.3	ANALISIS DE DATOS SOBRE CONFIABILIDAD Y CONSERVABILIDAD .....	31
2.4.4	MODELOS DE INVENTARIO .....	22
2.4.4.1	CLASICO .....	34
2.4.4.2	PARA ESCASEZ .....	35
2.4.4.3	DE DESCUENTO O CON CAMBIO DE PRECIO .....	36
2.5	FUNCIONES DE LOS SISTEMAS DE CONSERVACION .....	39
2.6	ORGANIZACION DE LOS SISTEMAS DE CONSERVACION .....	40
2.7	DESTREZA Y MOTIVACION DEL PERSONAL .....	42

2.8	CONTROL DE LA CONSERVACION .....	43
2.8.1	SISTEMAS DE ADMINISTRACION Y CONTROL .....	45
2.8.2	CONTROL PRESUPUESTARIO Y DE COSTOS .....	46
2.8.2	SISTEMAS DE DIAGNOSTICO .....	48

III. DIAGNOSTICO DE PROCEDIMIENTOS ACTUALES Y ANALISIS DE FALLAS EN EQUIPOS DE COMPUTO DEL TIPO PC-COMPATIBLES Y CPU VAX 11/730

3.1	GENERALIDADES .....	51
3.2	DIAGNOSTICO DE PROCEDIMIENTOS ACTUALES	
3.2.1	ANTECEDENTES HISTORICOS .....	52
3.2.2	SITUACION ACTUAL .....	56
3.2.3	PROYECTOS A CORTO Y MEDIANO PLAZO .....	61
3.3	ALTERNATIVAS DE CONSERVACION .....	62
3.4	PRINCIPIOS DE CONFIABILIDAD .....	68
3.4.1	ACTIVIDADES DURANTE EL CICLO DE VIDA DEL SISTEMA ..	69
3.4.2	MEDIDAS .....	74
3.4.3	MODELOS .....	77
3.4.4	MEDICIONES Y ESTIMACIONES .....	87
3.4.5	CONFIABILIDAD Y CURVA CARACTERISTICA DE VIDA .....	88
3.5	CONSERVABILIDAD Y DISPONIBILIDAD .....	90
3.6	DESCRIPCION DEL EQUIPO DE COMPUTO DEL TIPO PC-COM- PATIBLES Y CPU VAX-VMS 11/730	
3.6.1	COMPUTADORAS PERSONALES COMPATIBLES .....	92
3.6.2	UNIDAD CENTRAL DE PROCESO VAX-VMS 11/730 .....	95
3.7	ANALISIS DE FALLAS EN LOS EQUIPOS DE COMPUTO DEL TIPO PC-COMPATIBLES Y CPU VAX-VMS 11/730 .....	99
3.7.1	SELECCION DE LA MUESTRA .....	100
3.7.2	HISTORIAL DE FALLAS .....	100
3.7.3	ANALISIS DE DATOS .....	102
3.7.3.1	DETERMINACION DEL MODELO DE DISTRIBUCION DEL TIEMPO ENTRE FALLAS .....	103
	a) Computadoras Personales Olivetti M 24 .....	103
	b) CPU Digital VAX 11/730 .....	105
3.7.3.2	ESTIMACION DE LA VIDA MEDIA (MTBF) .....	108
3.7.3.3	ESTIMACION DE INTERVALOS DE CONFIANZA PARA EL MTBF	109
3.7.3.4	ESTIMACIONES DE CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD ....	111

IV. SISTEMA DE CONSERVACION PROPUESTO

4.1	INTRODUCCION .....	116
4.2	TECNICAS PARA LA PREDICCION DE LA CONSERVABILIDAD	

4.2.1	IMPORTANCIA Y NECESIDAD .....	117
4.2.2	CUESTIONES BASICAS E INTERPRETACIONES .....	117
4.2.3	ELEMENTOS BASICOS .....	118
4.2.4	CARACTERISTICAS .....	119
4.3	PROCEDIMIENTO PROPUESTO	
4.3.1	GENERALIDADES .....	119
4.3.2	FILOSOFIA Y CONDICIONES PREVIAS DEL PROCEDIMIENTO .	119
4.3.3	APLICABILIDAD .....	121
4.3.4	PUNTO DE APLICACION .....	121
4.3.5	PARAMETROS BASICOS DE MEDICION .....	121
4.3.6	INFORMACION REQUERIDA .....	122
4.3.7	FUNDAMENTACION ANALITICA .....	122
4.3.7.1	DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA N .....	123
4.3.7.2	MUESTREO DE TAREAS DE CONSERVACION .....	125
4.3.7.3	APLICACION DE LAS LISTAS DE VERIFICACION .....	127
4.3.7.4	ESTIMACION DE TIEMPOS DE CONSERVACION .....	128
4.4	SELECCION DE SISTEMAS .....	130
4.5	APLICACION .....	132
4.6	PLANEACION DE ACTIVIDADES .....	143
4.7	PROGRAMACION DE ACTIVIDADES .....	146
4.8	TECNICAS DE REPARACION .....	151
4.8.1	PASOS FUNDAMENTALES DE UNA REPARACION .....	153
4.8.2	CLASIFICACION .....	153
4.8.3	HERRAMIENTAS E INSTRUMENTAL .....	155
4.9	ANALISIS ECONOMICO .....	163
4.10	PRESUPUESTOS .....	171
V.	<u>EVALUACION Y JUSTIFICACION DEL SISTEMA PROPUESTO</u>	
5.1	INTRODUCCION .....	179
5.2	CRITERIOS PARA COMPARACION ECONOMICA DE ALTERNATI- VAS .....	179
5.2.1	METODO DEL VALOR PRESENTE NETO .....	180
5.2.2	METODO DE LA TASA INTERNA DE RENDIMIENTO .....	181
5.3	EVALUACION ECONOMICA .....	183
5.4	EVALUACION TECNICA .....	184
B.	<u>CONCLUSIONES</u>	

C. APENDICES

D. BIBLIOGRAFIA

E. INDICE

E.1 INDICE DE FIGURAS

E.2 INDICE DE CUADROS SINOPTICOS

## E.1 INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA 1.1</u>	a) CURVA CARACTERISTICA DE CICLO DE VIDA .....	4A
	b)	
<u>FIGURA 1.2</u>	ORDEN DE TRABAJO PARA CONSERVACION PREVENTIVA	11A
<u>FIGURA 1.3</u>	FORMA DE REGISTRO DE REPARACIONES DE EQUIPO ..	11B
<u>FIGURA 1.4</u>	FORMA PARA PROGRAMACION DE ACTIVIDADES DE CONSERVACION PREVENTIVA .....	14A
<u>FIGURA 2.1</u>	MODELO CLASICO DE INVENTARIO .....	34A
<u>FIGURA 2.2</u>	MODELO DE INVENTARIO PARA ESCASEZ .....	35A
<u>FIGURA 2.3</u>		
<u>FIGURA 2.4</u>	MODELO DE INVENTARIO CON CAMBIO DE PRECIO ....	38A
<u>FIGURA 2.5</u>	SISTEMA DE ORGANIZACION CENTRAL .....	40A
<u>FIGURA 2.6</u>	SISTEMA DE ORGANIZACION POR AREAS .....	40B
<u>FIGURA 2.7</u>	SISTEMA DE ORGANIZACION DEPARTAMENTAL .....	40C
<u>FIGURA 2.8</u>	SISTEMA DE ORGANIZACION COMBINADO .....	40D
<u>FIGURA 3.1</u>	REGISTRO ACTUAL DE FALLAS .....	57A
<u>FIGURA 3.2</u>	REGISTRO ACTUAL DE ENTRADA-SALIDA DE EQUIPO DE COMPUTO .....	58A
<u>FIGURA 3.3</u>	FORMA DE REGISTRO ACTUAL PARA HISTORIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	58B
<u>FIGURA 3.4</u>	a) REGISTRO ACTUAL DE INVENTARIO DE EQUIPO DE LA	
	b) U. C. M. DEL I. I. E. ....	59A
<u>FIGURA 3.5</u>	a) FUNCION DE DENSIDAD (a), DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA (b) Y DE CONFIABILIDAD (c) PARA EL MODELO	
	c) DEL TIEMPO DE VIDA EN COMPONENTES ELECTRONICOS	75A
<u>FIGURA 3.6</u>	REDUNDANCIA TRIPLE MODULAR .....	79A
<u>FIGURA 3.7</u>	REDUNDANCIA CON REEMPLAZO EN ESPERA .....	80A
<u>FIGURA 3.8</u>	REDUNDANCIA HIBRIDA .....	80B
<u>FIGURA 3.9</u>	CONFIGURACION SERIE .....	81A
<u>FIGURA 3.10</u>	CONFIGURACION EN PARALELO .....	81A



<u>FIGURA 3.11a)</u>	PARTES FUNDAMENTALES DE LA COMPUTADORA PERSONAL	
b)	OLIVETTI M 24 .....	92A
<u>FIGURA 3.12a)</u>	CONSTITUCION DE LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESO	
b)	DIGITAL VAX-VMS 11/730 .....	97A
<u>FIGURA 4.1</u>	COMPARACION ENTRE DISTRIBUCION MEDIA POBLACIONAL Y MUESTRAL .....	123A
<u>FIGURA 4.2</u>	NORMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA N .....	125A
<u>FIGURA 4.3</u>	FORMA PARA PREDICCIÓN DE LA CONSERVABILIDAD .	126A
<u>FIGURA 4.4</u>	GRAFICA DE GANTT DE ACTIVIDADES PARA INICIACION DEL PROYECTO .....	145A
<u>FIGURA 4.5</u>	RUTA CRITICA DE PLANEACION DE ACTIVIDADES INICIA- LES DEL SISTEMA PROPUESTO .....	145B
<u>FIGURA 5.1</u>	FLUJOS ANUALES DE EFECTIVO NETO INCREMENTALES ENTRE EL SISTEMA PROPUESTO (RETADOR) Y LA CON- TRATACION DE SERVICIOS EXTERNOS DE CONSERVACION (DEPENSOR) .....	182A
<u>FIGURA 5.2</u>	GRAFICA COMPARATIVA ENTRE FUNCIONES DE CONFIA- BILIDAD PARA LA FUENTE DE ALIMENTACION DE LA COMPUTADORA PERSONAL OLIVETTI M24 .....	186A
<u>FIGURA 5.3</u>	GRAFICA COMPARATIVA ENTRE FUNCIONES DE CONFIA- BILIDAD PARA LA PLACA BASE DE LA COMPUTADORA PERSONAL OLIVETTI M24 .....	186A
<u>FIGURA 5.4</u>	GRAFICA COMPARATIVA ENTRE FUNCIONES DE CONFIA- BILIDAD PARA LA TARJETA PRINCIPAL DE LA FUENTE DE ALIMENTACION H7200 DEL CPU VAX 11/730 ....	186B

## E.2 INDICE DE CUADROS SINOPTICOS

CUADRO 1.1	Clasificación y características más importantes de los sistemas de conservación .....	5
CUADRO 1.2	Diferencias entre conservación preventiva y conservación predictiva .....	16
CUADRO 2.1	Elementos del proceso administrativo .....	23
CUADRO 2.2	Elementos de la "administración de cosas" .....	25
CUADRO 2.3	Características de los métodos para análisis de fallas .....	29
CUADRO 2.4	Etapas para análisis de datos de confiabilidad y conservabilidad .....	31
CUADRO 2.5	Nomenclatura empleada en los modelos determinísticos de inventario .....	33
CUADRO 2.6	Tipos de organización de los sistemas de conservación .....	40
CUADRO 3.1	Crecimientos de equipo de cómputo en la sede de México D. F. del I. I. E. entre 1987 y 1990 .....	55
CUADRO 3.2	Computadoras personales existentes en el I. I. E. México hasta 1990 .....	56
CUADRO 3.3	Proyectos a corto y mediano plazo de la Unidad de cómputo del I. I. E. ....	61
CUADRO 3.4	Tabla comparativa de alternativas de conservación .....	67
CUADRO 3.5	Características de salida en C. D. del grupo de alimentación de la computadora personal OLIVETTI M 24 .....	94
CUADRO 3.6	Historial de fallas en computadoras personales Olivetti M 24 del IIE México .....	100A
CUADRO 3.7	Historial de fallas en unidades centrales de proceso Digital VAX 11/730 del IIE México .....	100B
CUADRO 3.8	Rangos de números aleatorios para la asignación de registros de fallas incompletos a equipos PC Olivetti M 24 y CPU VAX 11/730 .....	101
CUADRO 3.9	Estudio de fallas en computadoras personales Olivetti M 24 .....	104
CUADRO 3.10	Estudio de fallas en el CPU Digital VAX 11/730 ..	105

CUADRO 3.11	Cálculo de variables que determinan la disponibilidad operativa y de ejecución en computadoras personales Olivetti M 24 .....	112A
CUADRO 3.12	Cálculo de variables que determinan la disponibilidad operativa y de ejecución en unidades centrales de proceso Digital VAX 11/730 .....	112B
CUADRO 3.13	Disponibilidad operativa y de ejecución en computadoras personales Olivetti M 24 y CPU VAX 11/730 .....	113
CUADRO 3.14	Vida media, confiabilidad y disponibilidad operativa y de ejecución promedio en computadoras personales Olivetti M 24 y CPU Digital VAX 11/730 del IIE México .....	115
CUADRO 4.1	Técnicas para predicción de la conservabilidad ..	119A
CUADRO 4.2	Incidencia de fallas en Computadoras Personales CPU Digital VAX 11/730 .....	130
CUADRO 4.3	Modelos matemáticos de razón de fallas en partes electrónicas, según MIL-HDBK-217E .....	134
CUADRO 4.4	Descripción de las variables utilizadas en los modelos matemáticos de razón de fallas en partes electrónicas .....	136
CUADRO 4.5	Tablas complementarias de datos para el muestreo de tareas de conservación en la fuente de alimentación de la PC Olivetti M 24 .....	133A
CUADRO 4.6	Tablas complementarias de datos para el muestreo de tareas de conservación en la placa base de la PC Olivetti M 24 .....	133B
CUADRO 4.7	Tablas complementarias de datos para el muestreo de tareas de conservación en la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730 .....	133C
CUADRO 4.8	Muestreo de tareas de conservación en la fuente de alimentación de la PC Olivetti M 24 .....	138A
CUADRO 4.9	Muestreo de tareas de conservación en la placa base de la PC Olivetti M 24 .....	138B
CUADRO 4.10	Muestreo de tareas de conservación en la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730 .....	138C
CUADRO 4.11	Variables contenidas en verificación y evaluación de las diferentes etapas de la conservación (según	

MIL-HDBK-472)	140
CUADRO 4.12 Aplicación de las listas de verificación en la muestra de tareas de conservación pertenecientes a la fuente de alimentación de la PC Olivetti M24	142A
CUADRO 4.13 Aplicación de las listas de verificación en la muestra de tareas de conservación pertenecientes a la placa base de la PC Olivetti M24	142B
CUADRO 4.14 Aplicación de las listas de verificación en la muestra de tareas de conservación pertenecientes a la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730	142C
CUADRO 4.15 Cálculo de tiempos de conservación en la muestra de tareas de conservación pertenecientes a la fuente de alimentación de la PC Olivetti M24	142D
CUADRO 4.16 Cálculo de tiempos de conservación en la muestra de tareas de conservación pertenecientes a la placa base de la PC Olivetti M24	142E
CUADRO 4.17 Cálculo de tiempos de conservación en la muestra de tareas de conservación pertenecientes a la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730	142F
CUADRO 4.18 Estimación de tiempos de parada para el sistema propuesto	143
CUADRO 4.19 Número de inspecciones de conservación preventiva para el sistema propuesto	149
CUADRO 4.20 Clasificación de fallas en equipos electrónicos	151
CUADRO 4.21 Requerimientos de herramientas e instrumental para la infraestructura del sistema propuesto	158
CUADRO 4.22 Fracción de los costos proporcionables correspondientes a la fuente de alimentación y a la placa base del sistema PC Olivetti M24 y a la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU Digital VAX 11/730	164
CUADRO 4.23 Análisis económico del método propuesto	171A
CUADRO 4.24 Presupuesto de gastos de administración	171B
CUADRO 4.25 Presupuesto de gastos generales	171E
CUADRO 4.26 Presupuesto de la inversión inicial fija y diferida	171C

CUADRO 4.27	Depreciación y amortización de la inversión fija y diferida .....	171D
CUADRO 4.28	Significado de las abreviaturas empleadas en la matriz de costo-tiempo de reparación .....	172
CUADRO 4.29	Matriz costo-tiempo de reparación para la fuente de alimentación de la computadora personal Olivetti M24 .....	172A
CUADRO 4.30	Matriz costo-tiempo de reparación para la placa base de la computadora personal Olivetti M24 ...	172B
CUADRO 4.31	Matriz costo-tiempo de reparación para la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU VAX 11/730 .....	172C
CUADRO 4.32	Comparación entre tiempos de conservación correctiva de servicios externos y del método propuesto	177
CUADRO 4.33	Tabla beneficio-costo .....	178A
CUADRO 5.1	Cálculo de medidas de confiabilidad para la fuente de alimentación y la placa base de la computadora personal Olivetti M24 y la tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU Digital VAX 11/730 .....	185
CUADRO 5.2	Análisis económico del sistema actual (placa base y fuente de alimentación de la computadora personal Olivetti M24) .....	187A
CUADRO 5.3	Análisis económico del sistema actual (tarjeta principal de la fuente de alimentación H7200 del CPU Digital VAX 11/730) .....	187B
CUADRO 5.4	Evaluación técnica del sistema actual contra el método propuesto .....	187