

300617
22
2^o



UNIVERSIDAD LA SALLE

**ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.**

**LA INGENIERIA INDUSTRIAL APLICADA A UN
SISTEMA DE MANTENIMIENTO PARA TROLEBUS.**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA PRINCIPAL INGENIERIA INDUSTRIAL
P R E S E N T A :
LUIS JAVIER KOLOFFON LOPEZ**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D.F.,

1986



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.

INDICE

	PAG
OBJETIVO DE LA TESIS	1
I ANTECEDENTES	2
II DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE UN TROLEBUS	11
III TEORIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO	32
IV ANALISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO	62
V SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO	72
VI SISTEMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROPUESTO	107
VII CONTROL DEL SISTEMA PROPUESTO	120
VIII PROCESAMIENTO ELECTRONICO DEL SISTEMA PROPUESTO	137
IX EVALUACION ECONOMICA	145
X CONCLUSIONES	160
BIBLIOGRAFIA	162

OBJETIVO DE LA TESIS

- a) Aplicar las técnicas de la Ingeniería Industrial a un sistema de mantenimiento que en la actualidad no se encuentra perfectamente definido, lo cual trae como consecuencia alto costo y mal servicio.
- b) Investigar cuál es el mantenimiento adecuado para conservar el equipo en óptimas condiciones; estandarizar las operaciones de mantenimiento al máximo posible; planear e implementar un sistema de información por el cual se pueda ejercer un control de las operaciones. Todo ello, con la finalidad de conseguir una disminución en los costos y un aumento en la eficiencia.
- c) Aplicar la Ingeniería Industrial, tanto en las áreas técnicas, como en las administrativas, desde la interpretación de un diagrama eléctrico, hasta un diagrama de flujo, determinación de estándares y aplicación de técnicas de planeación y programación. Todo lo anterior, con el objeto de aportar un sistema de mantenimiento organizado y eficiente que contribuya a mejorar el servicio que en materia de transporte, demanda la Ciudad de México.

CAPITULO I

1.- ANTECEDENTES HISTORICOS

El desarrollo del transporte en la Ciudad de México, fue paralelo a la urbanización y expansión de la Capital, hasta mediados de siglo, donde definitivamente y debido a diversas causas, que datan de años anteriores, la expansión de la ciudad dejó atrás el desarrollo de los servicios públicos (agua, transporte, correos, teléfonos, etc.) que demanda hasta la fecha.

En el aspecto del transporte, a principios del Siglo XIX, una vez consumada la Independencia de México, el País estaba empeñado en conocer todo lo que significara progreso sin que éste coartara su libertad.

Los ríos y lagos que existían en la ciudad se fueron secando, dando paso a calles; se construyeron caminos donde antes bogó la canoa, se dió paso al carruaje o a la calesa y se comenzó a tener conocimiento de los adelantos en materia de transporte en el mundo. Lo más significativo de entonces fue el utilizar el vapor como fuerza motriz, trayendo consigo la construcción de vías férreas.

El desarrollo de los ferrocarriles durante la segunda mitad del Siglo XIX alentó mucho la idea sobre los tranvías, ya que era necesario un tren urbano que comunicara los principales canales de distribución de productos agrícolas, mineros, ganaderos, etc.

Al principio los ferrocarriles cumplieron con funciones tanto de transporte de los productos antes mencionados, como con la función de ser un transporte público; entre-

lazó el centro de México con la Villa de Guadalupe y más tarde se construyó la ruta de Plaza de las Armas a Tacubaya, Paseo de Bucareli a Tacubaya y entonces la Ciudad de México comenzó a sufrir las consecuencias del progreso, pero también entraba al mundo de la civilización.

A pesar de los momentos trágicos que México vivió durante los años del imperio de Maximiliano, el País no detuvo su progreso en materia de construcción de vías para ferrocarril, ya que bajo el gobierno del Presidente Benito Juárez, se concedió el permiso para construir la vía de ferrocarril que iría del centro de la Ciudad al pueblo de Chalco, tocando los pueblos de Mixcoac, Coyoacán y Tlalpa. Así, poco a poco, la Ciudad fue quedando cubierta por vías de ferrocarril que paulatinamente contribuían a una mejor comunicación entre todos los puntos importantes.

En un principio fueron concesiones a los particulares que lo solicitaran, pero el hecho de que las mismas fueran bastante liberales, condujo a que se empezara a descuidar algunos aspectos típicos del transporte como lo son: el establecimiento de rutas, cuotas, capacidad, velocidad, estaciones de servicio, atención al público, etc., fue entonces cuando el gobierno comenzó a establecer ciertas normas para la operación del citado servicio.

Un hecho innegable fue que con la instalación de vías férreas en la Ciudad de México, ésta adquirió un dinamismo semejante al de cualquier ciudad europea o estadounidense. La idea de utilizar la tracción animal para los tranvías fue el punto de partida para desarrollar un transporte público verdaderamente urbano, inspirados en

el hecho de que en los Estados Unidos había tenido una buena aceptación aún antes de que en las ciudades europeas. El ayuntamiento de la Ciudad de México (el cual tenía la facultad de otorgar las concesiones) decidió autorizar la puesta en circulación de tranvías de tracción animal, mejor conocidos como "tranvías de mulitas".

Lo anterior comprueba que México marchaba paralelo a los adelantos mundiales de la ciencia; más adelante surgiría el sustituto de la tracción animal: la fuerza motriz por medio de vapor.

Una vez que se pusieron en circulación los tranvías de mulitas, fueron surgiendo proyecto tras proyecto. De los más importantes tenemos las rutas: Guadalupe, Chapultepec, Cementerio de Dolores, Mixcoac, San Angel, San Antonio, Tlalpan, Tacuba, Azcapotzalco y La Piedad. En la Capital de la República había dos empresas que tenían la concesión; éstas eran conocidas con el nombre de "Ferrocarriles del Distrito" y "Tranvías de Correspondencia". La primera tenía una longitud total de vía de 96 km. y contaba con 126 vagones de pasajeros y dos para el correo y servicio municipal; 16 vagones para el servicio fúnebre y 31 plataformas. La segunda de las empresas citadas tenía una extensión de 16 km. y contaba con 16 vagones y 4 plataformas.

La Ciudad de México no cesaba en su crecimiento, cada vez se extendía más; cada vez se necesitaba de un mayor número de rutas; se hacía necesaria una mayor cantidad de tranvías en circulación; tanto de pasajeros como de carga y demás servicios. México era ya una de las ciudades más importantes de América.

El día 20 de febrero de 1891, el Ayuntamiento autorizó a la Compañía de Ferrocarriles del Distrito para que adoptara la tracción eléctrica, por medio de columnas de fierro y conductores eléctricos así como vías de fierro. En un principio se limitó la autorización a una sola vía, que serviría como prueba, especificándose también, que en caso de no convenir a los propósitos que fijara el ayuntamiento, éste cancelaría dicha autorización. Sin embargo, no se llevaron a cabo acciones inmediatas, no fue sino hasta 1899 cuando después del traspaso de todas las líneas de la Compañía de Ferrocarriles del Distrito, hecho en favor de una nueva empresa, cuyo nombre era "Compañía de Ferrocarriles del Distrito Federal de México, S A", cuando se empezaron a cambiar algunas líneas de tracción animal por la tracción eléctrica, mejor conocida como el "Trolley Sistem".

Para ese entonces se contaba en el mundo con otros dos sistemas que eran: el de acumuladores y el de hilo subterráneo; fue por esto necesario que el Ayuntamiento llevara a cabo un minucioso análisis de las alternativas que se le presentaban. El sistema de un banco de acumuladores no necesitaría grandes cambios en la vía; sin embarco, la fabricación de los acumuladores era muy costosa y su carga de energía no era de muy larga duración, por lo que había que contar con un número considerable de instalaciones para su recargo y finalmente aumentaba mucho el peso muerto de las unidades.

El sistema de conductores subterráneos presentaba dificultades por la humedad del suelo, pero la realidad era que este sistema aún no había pasado de un estado meramente experimental.

Una vez analizadas las alternativas que se presentaban, se optó por el "Trolley System", no sin antes establecer ciertas normas para su operación, las cuales se mencionan a grandes rasgos: las unidades deberían estar siempre en buen estado, tanto de funcionamiento como de presentación; la velocidad máxima de circulación era de 10 km. por hora y el conductor del tranvía debía llevar una trompeta, misma que debía tocar al paso de las bocacalles; el hilo de trabajo (línea elevada) debería estar colocado a una altura entre 4.5 y 5 metros, como máximo y mínimo respectivamente y con una tensión de 600 volts.

De esta manera se había dado el comienzo de la transportación por medio de tracción eléctrica. El 15 de enero de 1900, el Presidente Porfirio Díaz inauguró oficialmente la línea de México a Tacubaya, dando así comienzo a infinidad de líneas que adoptarían la tracción eléctrica.

El transporte en México vivía como la mayoría de las empresas de ese entonces, una etapa de progreso e industrialización; la administración de Porfirio Díaz le había otorgado poder y jerarquía a la inversión extranjera; por lo mismo las garantías y derechos de los obreros se fueron violando paralelamente, lo cual trajo consigo problemas entre la empresa y los trabajadores tranviarios.

Fue así como un lapso de aproximadamente cincuenta años la empresa sufrió los conflictos obrero-patronales, en los cuales el gobierno tuvo que intervenir, al grado de operar la empresa en lo que se resolvían los problemas.

Esto ocurrió durante el gobierno del Presidente Venustiano Carranza.

A pesar de estas contingencias no cesaba el progreso de los transportes eléctricos. En 1924, la Compañía de Tranvías Eléctricos contaba con una red de 331 km. y un total de 35 unidades. Así, poco a poco, fue adquiriendo más unidades hasta que en 1927 contaba con 371 carros motores y 42 remolques, lo que hizo un total de 413 unidades en servicio. Los conflictos siguieron surgiendo uno tras otro. La empresa no quería reconocer al sindicato de tranviarios que se había formado y éste a su vez exigía el reconocimiento y el aumento de salarios. Se pensaba que lo que a la Compañía de Tranvías Eléctricos le interesaba eran sólo las utilidades que reportaran a la Compañía de Luz, de la cual era subsidiaria.

El gobierno formó varias comisiones mixtas que se encargaran de analizar la situación de la empresa, mejorándose el contrato de trabajo para los tranviarios, pero ésto no fue el final. Siguió suscitándose huelgas, demandas de salarios, aumento a los costos de mantenimiento, etc. Todo ésto aunado a la presión que estremecía al País: la Segunda Guerra Mundial. En dos ocasiones el gobierno ocupó las instalaciones de la empresa, hasta que el 31 de diciembre de 1946 se dió por decreto del Presidente Manuel Avila Camacho, la nacionalización de la "Compañía de Tranvías Eléctricos", pasando a ser una institución descentralizada, con el nombre de "Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal".

Fue a partir de la terminación de los conflictos obrero-patronales cuando la empresa comenzó a entrar en una nueva etapa de desarrollo. El gobierno del Presidente

Miguel Alemán Valdéz adquirió los primeros 20 trolebuses Alfa Romeo de procedencia italiana, así como 19 tranvías marca PCC de procedencia estadounidense.

Durante el gobierno del Presidente Adolfo Ruiz Cortines, se adquirieron un total de 182 trolebuses, dada su mayor funcionalidad en la operación. Estos adquirieron una mayor aceptación por parte de los capitalinos, por lo que pasaron a ser hasta nuestros días, la columna vertebral de Servicio de Transportes Eléctricos del D F.

En 1956, surgió la idea de un transporte subterráneo que solucionaría los problemas de la Ciudad de México. Fue ahí donde se dió origen a la creación del Metro. Una vez que se llevó a cabo este proyecto, los trolebuses pasaron a ser líneas alimentadoras del Metro; se suprimieron algunas rutas, tanto de trolebuses como de tranvías. En 1970, durante la administración del licenciado Octavio Senties Gómez como Jefe del Departamento del Distrito Federal, se le dió un gran impulso a la reconstrucción de los trolebuses y tranvías, llegando a su punto máximo en 1976, en que se llegó a contar con 550 trolebuses y 176 tranvías en operación.

Como se mencionó antes, la creación del Metro fue una de las causas de la disminución de tranvías y trolebuses, pero el proyecto que vino a dejarlos en un número sumamente reducido, fueron los ejes viales, desde el momento de su construcción, a fines de 1977, hasta su terminación a mediados de 1979. Sin embargo, es conveniente aclarar que dentro del proyecto de los ejes viales, se tomaron en cuenta los servicios de tranvías y trolebuses. Se continuó con la restauración paulatina de las unidades antiguas y en 1979, se comenzó a planear junto

con la empresa Mexicana de Autobuses, S A (MASA), la fabricación de un nuevo trolebús.

A mediados de 1979, Mexicana de Autobuses presentó un prototipo de trolebús con tecnología mexicana y japonesa (esta unidad se describe ampliamente en el primer capítulo de esta tesis). Básicamente la técnica japonesa intervino en el diseño del control electrónico mejor conocido como control "Chopper" haciéndose conveniente la aclaración de que hasta nuestros días, es de los más adelantados en lo que se refiere a tracción eléctrica.

La idea de esos momentos era clara: ir reemplazando poco a poco las antiguas unidades para a un plazo no mayor de dos años, únicamente tener en circulación trolebuses nuevos. En un principio se planeaba tener cerca de 1000 unidades nuevas, más aproximadamente las 750 antiguas y así se dispuso que en muchos de los ejes viales se tendiera el arco que sostiene los cables de energía que utilizan los trolebuses.

Como ya es conocido por todos, a principios de 1981, la situación económica de México comenzó a cambiar de una manera desfavorable, tanto por situaciones internas como externas. Con la devaluación del peso mexicano, muchas empresas comenzaron a declinar en su situación financiera. Servicio de Transportes Eléctricos no fue la excepción.

Lo anterior, aunado al bajo costo del pasaje, trajo como consecuencia que el Departamento del Distrito Federal cancelara los contratos de compra con Mexicana de Autobuses, quedándose únicamente con un número de 150 unidades nuevas. La crisis fue severa con el transporte

eléctrico: la falta de refacciones importadas y del país y las deficiencias en el mantenimiento a las unidades, trajeron como consecuencia una caída a 175 unidades (de las 400 que deberían estar en circulación.

A principios del año de 1983, se comenzó a elevar paulativamente ese número a un promedio de 220 unidades en operación.

Dentro de los proyectos de la nueva administración, está el adquirir unidades nuevas fabricadas por Mexicana de Autobuses, iguales a las que se habían adquirido. Es por eso que esta Tesis está enfocada al mantenimiento preventivo y correctivo de los trolebuses fabricados en México, sin descuidar a los antiguos de fabricación extranjera que aún se pueden restaurar, pues básicamente los principios de mantenimiento se pueden ampliar para ambos modelos.

CAPITULO II

2.- Descripción y funcionamiento de un trolebus

2.1- Descripción General

El trolebús es un vehículo de tracción eléctrica con un desplazamiento suave y silencioso.

El trolebús moderno (control electrónico por medio de Chopper) fue en la mayoría de sus partes, un diseño desarrollado en México, principalmente en lo que se refiere a las partes mecánicas, ya que la mayoría de los componentes eléctricos y electrónicos fueron desarrollados en Japón.

Por lo que respecta a los trolebuses antiguos (control reostático-magnético) fueron diseñados y fabricados en Estados Unidos y Canadá.

La estructura del trolebús moderno está fabricada a base de perfiles rectangulares de acero, soldados eléctricamente. La estructura es de tipo integral, lo cual básicamente consiste en repartir todos los esfuerzos a que estará sometida, a través de todas las partes que la constituyen, evitando así el tener que concentrar todo el esfuerzo en dos pesados largueros que se colocaban sobre el chasis; en conclusión, se logra una mayor estabilidad y un menor peso con el empleo de la estructura integral. Los revestimientos exteriores son de lámina de acero galvanizado, y el frente y la parte trasera del trolebús, son de fibra de vidrio, a excepción de las defensas, que son de acero.

Es importante observar que los revestimientos exteriores del trolebús moderno están remachados a la estructura y divididos en forma de paneles, lo cual facilita su cambio en el caso de ser dañados por un accidente. En el interior del vehículo los revestimientos del costado y toldo están hechos a base de lámina vinipintro; el piso es de triplay marino recubierto con linóleoum automotriz. La iluminación del interior se lleva a cabo por medio de lámparas de 40 watts, colocadas en la parte superior del trolebús, y en ambos lados. Los pasamanos y asideros interiores, tanto verticales como horizontales, están distribuidos en la unidad de tal manera que sea fácil sujetarse a ellos, independientemente de que están completamente aislados para la protección de los usuarios.

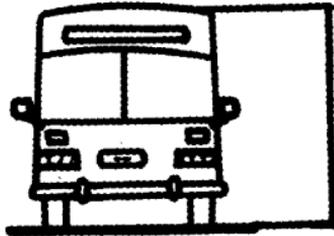
La distribución de los asientos (Fig. 1.1.a) fue diseñada para una fácil ocupación y desocupación, ya que están colocados de manera individual, con un ángulo de 30 grados con relación a la sección horizontal del trolebús. A diferencia del trolebús antiguo, que tiene una mayor capacidad de pasaje sentado, el moderno tiene una capacidad inferior de pasaje sentado; esto es debido a que fue diseñado para recorrer rutas cortas y se pensó que sería más conveniente ampliar su capacidad total (pasaje sentado y parado), sacrificando un poco la comodidad del pasaje. Los asientos son de fibra de vidrio, de tipo "concha", su reparación y limpieza es bastante sencilla. El trolebús está equipado además, con un limpia-parabrisas, defensa delantera y trasera, así como topes en las mismas para amortiguar los impactos.

La mayor ventaja que tiene el trolebús, en comparación con los vehículos de motor de combustión interna, es que no produce ningún tipo de contaminación, pues no hace

FIG. 1.1.a VISTA PLANTA

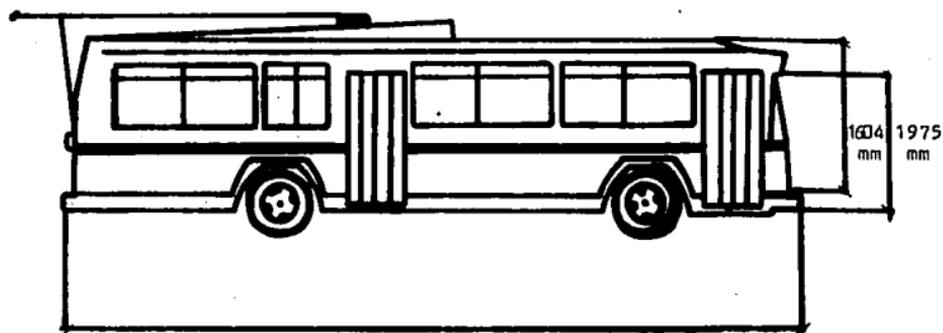


FIG. 1.1.b VISTA FRONTAL



1975 mm

FIG. 1.1. c VISTA LATERAL



11 408 mm

ruido y no despiden gases contaminantes. Por otra parte, su velocidad máxima alcanzable es de 65 K.p.h. sin carga y unos 55 K.p.h. con carga, lo cual lo hace un vehículo seguro y cómodo para el usuario.

En general, tanto el trolebús moderno como el antiguo, están diseñados para circular en una ciudad grande, con tráfico denso. El movimiento de los trolebuses, como ya se ha mencionado, es por medio de corriente eléctrica, la cual es transmitida desde subestaciones eléctricas a toda la "línea elevada" de la red. Línea elevada es el nombre que reciben dos alambres de cobre separados por unos 60 cm. entre sí.

2.2- Especificaciones Técnicas

2.2.1- Dimensiones Interiores

TROLEBUS MODERNO (S-500-T)

Largo total:	11063 mm
Ancho total:	2520 mm
Distancia entre ejes:	5740 mm
Altura del primer escalón	371 mm

2.2.2- Dimensiones Exteriores

Ancho total:	2400 mm
Altura total:	1975 mm
Capacidad de asientos:	34
Capacidad total pasajeros:	80-85
Claro de la puerta delantera:	0.900 x 2.04 m
Claro de la puerta trasera:	0.900 x 2.04 m

2.2.3- Pesos

Peso bruto vehicular:	16350 kg
Peso vehicular:	10500 kg
Capacidad de carga:	6800 kg

2.2.4- Eje delantero

Tipo:	Viga I Elliot invertido
Capacidad de carga:	5454 kg

2.2.5- Eje trasero

Tipo: Flotante doble reducción
engranes helicoidales
Relación: 11.59.1
Capacidad de carga: 11.363 kg

2.2.6- Ellecha Cardán

Tipo: Tubular con juntas universales
Longitud: 24.5 "

2.2.7- Dirección

Tipo: Leva manual
Relación: 27:1
Diámetro del volante: 558 mm
Radio de giro: 10.0 m
Asistida por aire

2.2.8- Suspensión delantera

Tipo: Muelles semielípticas
Amortiguadores: 4 hidráulicos teles-
cópicos
Carrera: 8 pulgadas

2.2.9- Llantas y ruedas

Ruedas tipo:	De disco, 10 birlos
Tamaño de rin:	8 x 10
Llantas tipo:	Blass con cámara
Tamaño de llantas:	110022

2.2.10- Frenos Neumáticos

Tipo:	Expansión interna operados por aire
Medida del tambor delantero:	419 x 127 mm
Medida del tambor trasero:	419 x 127 mm
Medida de cámara delantera:	
Medida de cámara trasera:	

2.2.11- Freno de emergencia (Estacionamiento)

Tipo:	De resorte actuando en ruedas traseras
Operación:	Automático para emergencias. Manual para estacionamiento

2.2.12- Equipo Eléctrico

Tipo de control:	Eléctrico Chopper
Voltaje de línea:	600 V.C.D. (Máx. 660, Min. 450 V)
Circuito de B T:	12 V (Alim. 13.7-14 v)
Carga de circuito:	1.200 W

2.2.13- Motor

Tipo:	4 polos C. D.
Voltaje:	600 V. C. D.
Corrientes en el campo:	7 Amp.
Velocidad:	1,700 R. P. M.
Velocidad máxima permisible:	4,500 R. P. M.
Bastidor:	Cilindro con soporte de hule
Armadura:	Laminación de acero con ductos de ventilación
Conmutador:	Segmentos de cobre endurecidos con aislamientos de mica.
Bobinas de campo:	Doble aislamiento de vacío con resina epóxica
Porta escobillas:	4 ajustables radialmente con resortes de acero
Ventilación:	Ventilador ajustado a la armadura

2.2.14- Compresor

Tipo:	Reciprocante, 2 cilindros, autolubricado y enfriado por aire
Capacidad:	340 lit/min.
Motor:	2.2 Kw. 600 V. C. D.
Batería:	200 A. H.
Colectores de corriente:	Tipo G-6 giratorio con zapata de carbón renovable
Varas o troles:	Forma 3, tren ligero con tubo de acero sin costura

2.2.15- Características de marcha

Velocidad máxima (sin carga):	65 K.P.H
Aceleración máxima (sin carga):	5.8 K.P.H/seg
Aceleración promedio (sin carga):	3.0 K.P.H/seg
Retardación máxima (sin carga):	10 K.P.H/seg
Pendiente superable (sin carga):	10 grados
Altura de línea máxima	7.5 m
Altura de línea mínima	5.5 m
Presión de varas a línea	12 Kgs

2.3- Equipo principal de un trolebús

Control Chopper y Control Reostático-Magnético

El control de la tracción de un trolebús se lleva a cabo por medio de un control Chopper en el caso del trolebús moderno y de un control reostático-magnético en el caso del trolebús antiguo.

En el caso del control Chopper, se ha logrado una mejor eficiencia ya que la corriente es mejor aprovechada gracias a que existen menos pérdidas con el uso de tiristores y en general, con la tecnología de los circuitos integrados.

El mismo equipo se encarga del control de la aceleración, velocidad y del frenado dinámico.

El equipo por el que está formado básicamente un control Chopper es el siguiente:

- 1) Grupo de control principal. Básicamente está formado por pilas de tiristores, diodos, contactores, dispositivos filtrantes, dispositivos de protección y tableros de circuitos impresos. En la parte de contactores se encuentran los dispositivos de protección, el interruptor de línea y los contactores de inversión y frenado.
- 2) Reactores de filtro y aislador principal. Su función principal es la de corregir la señal eléctrica de manera que no se pierda la continuidad de la corriente, cuando ésta es afectada por vibraciones, ruido, etc.
- 3) Resistores de frenado. Son los encargados de observar el frenado dinámico.

- 4) Transductores de aceleración y frenado. Son los encargados de transformar la señal mecánica que produce el desplazamiento de los pedales de aceleración y frenado, en una señal analógica eléctrica que es enviada al control Chopper.

Además de los componentes mencionados, el equipo eléctrico tiene: un pararrayos, un fusible principal, un convertidor estático cc/cc, una batería, un ventilador y una compresora para accionar los frenos neumáticos y las puertas.

Por lo que respecta al equipo de control de los trolebuses antiguos, se compone básicamente de:

- 1) Un controlador maestro formado por relevadores que se encargan de controlar la corriente que se envía al motor de tracción.
- 2) Un switch de línea y un relevador de sobrecarga.
- 3) Un grupo de diversos contactores y relevadores que se encargan, tanto de regular la aceleración del vehículo, como del frenado eléctrico.
- 4) Resistencias de aceleración y frenado.
- 5) Un generador para alimentar la batería que suministra la corriente para la iluminación exterior e interior.

Además, también cuenta con una compresora para el sistema de puertas y los frenos neumáticos.

2.4- Funcionamiento básico de un trolebús

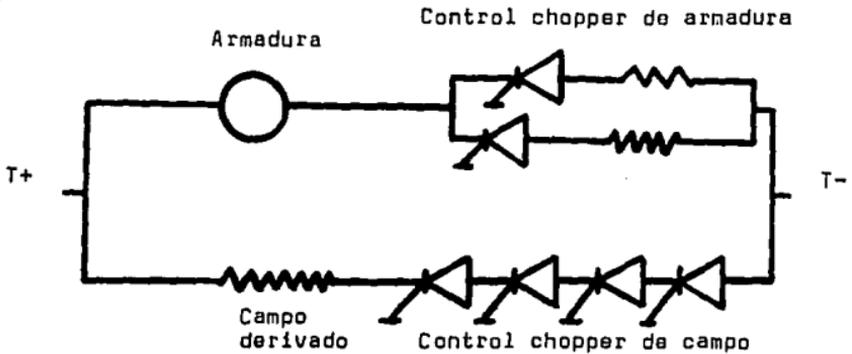
Como todo motor de corriente directa o continua, el motor de los trolebuses funciona bajo el principio de inducción magnética, es decir por una diferencia de densidades de flujo magnético en los campos (polos) y en la armadura.

La diferencia de densidades de flujo es la que da origen al movimiento. Es aquí donde interviene el control de corriente de los trolebuses. Básicamente la regulación de la velocidad del motor está en función de la corriente que se permita circular en la armadura y en los campos. Esta corriente es controlada por medio de tiristores en el caso de los trolebuses modernos y por resistencia en los antiguos. En resumen, con el control Chopper se controla por una parte, la corriente que circula en la armadura (chopper de la armadura) y por otra, la corriente que circula en los campos (chopper del campo).

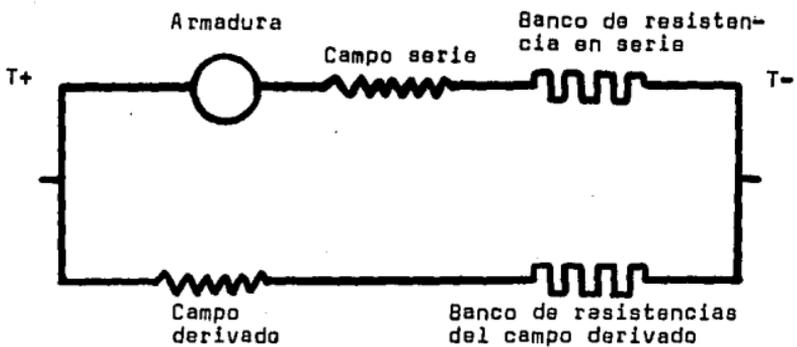
En el caso de los trolebuses antiguos, la corriente se controla de manera similar, pero, como ya se mencionó anteriormente, se utilizan bancos de resistencias. El tipo de conexión para cada uno de los controles se representan en la figura 2.4.1.

FIG. 2.4.1 DIAGRAMAS DE CONEXION DEL MOTOR

a) Trolebús Moderno



b) Trolebús Antigo

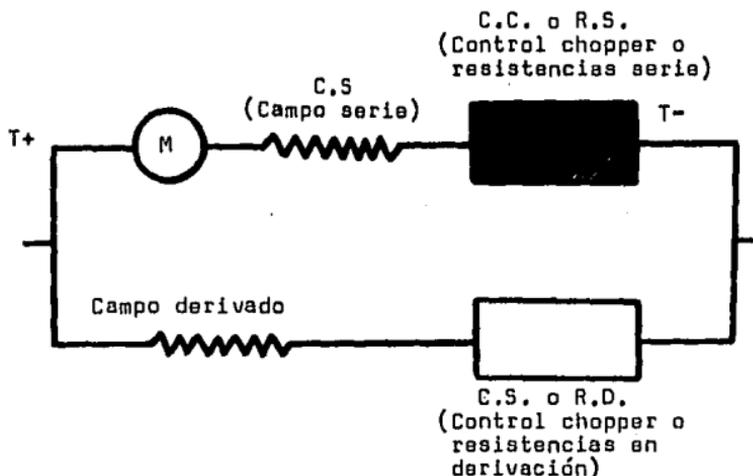


2.5- Aceleración

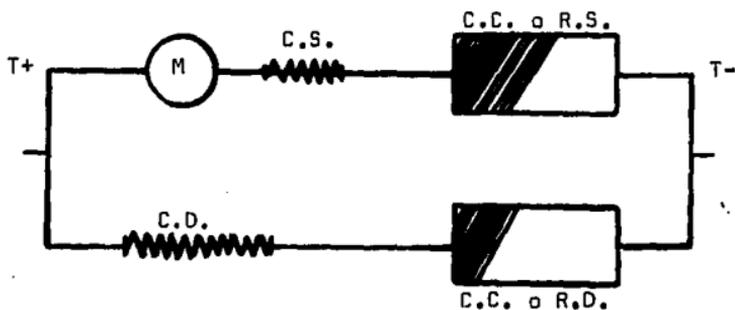
El control de la aceleración, tanto en el control Chopper como en el control reostático, es automático, ya que todo queda en función del ángulo a que se oprima el pedal de aceleración. Este pedal a su vez, es el que cierra o abre el switch de línea por donde se suministra la corriente al motor.

En los diagramas siguientes se muestra cómo se lleva a cabo la aceleración en los trolebuses:

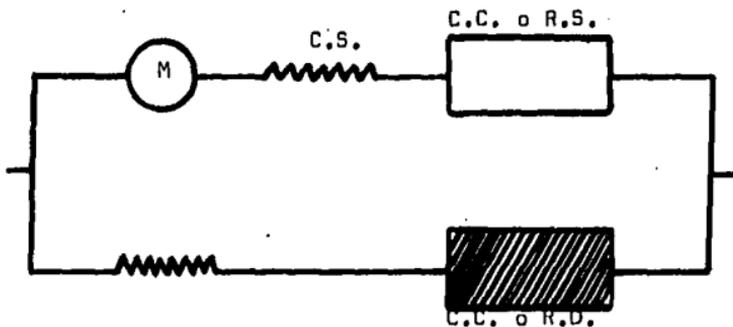
- a) No se emplea el campo derivado. La corriente se suministra de una manera continua al inducido (armadura) y se controla únicamente por medio del control Chopper o las resistencias en serie según sea el caso. Comienza la aceleración.



- b) Se emplean parcialmente las resistencias en serie y se comienzan a utilizar el Chopper de campo o resistencias de campo según sea el caso. Media aceleración.



- c) Se dejan de utilizar el Chopper serie o las resistencias serie y se controla la aceleración únicamente por medio del Chopper de campo o las resistencias de campo, según sea el caso. El motor se encuentra totalmente acelerado.



Como se aprecia en los diagramas, la diferencia principal son los tiristores que utiliza el control Chopper, pero lo que al final de cuentas viene a hacer más eficiente el sistema, es el hecho de que existen menos pérdidas por el uso de los tiristores, en comparación con el uso de resistencias convencionales, además de que la corriente se aprovecha mejor pues el tiristor está continuamente rectificando y regulando la señal de la corriente.

2.6- Frenado dinámico

Existen en total dos maneras de frenado en los trolebuses: el moderno y el antiguo, o sea: el frenado dinámico o eléctrico y el frenado neumático. Ambas formas de frenado operan con el pedal del freno (ver figs. 2.6.1 y 2.6.2) y se combinan automáticamente.

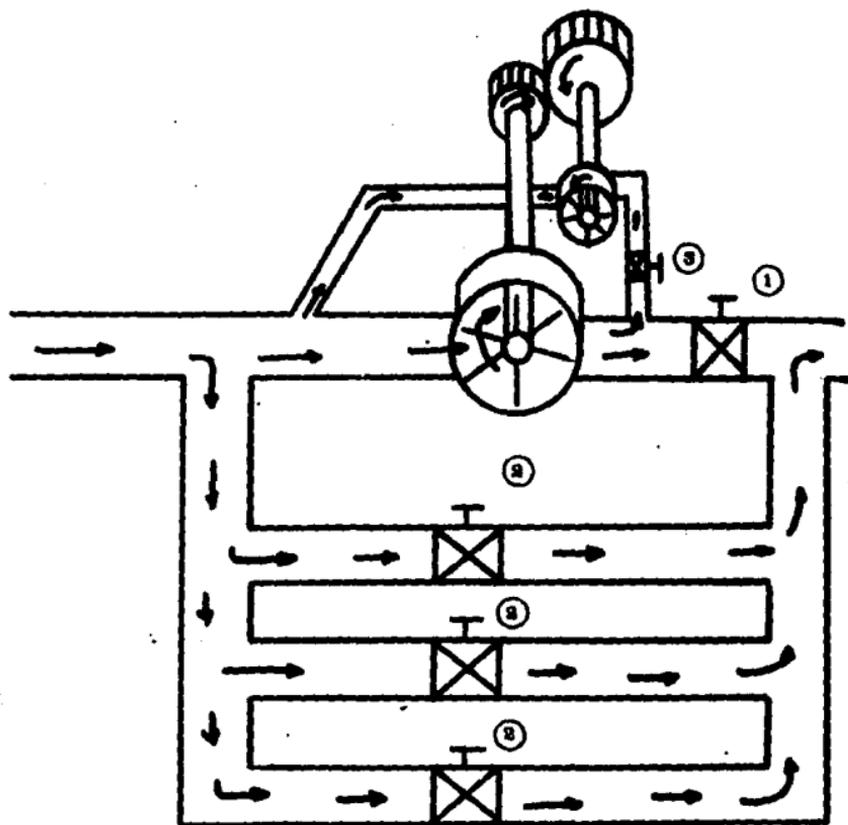
El frenado eléctrico o dinámico es un medio para utilizar la energía de movimiento del vehículo para ayudar a pararlo. Esto se hace por medio de un transductor que está conectado al pedal de freno, el cual pone en corto circuito al motor a través de un banco de resistencias que son exclusivas para el frenado.

El motor accionado por el carro en movimiento, genera energía que se disipa en las resistencias en forma de calor. Esta desaceleración, del orden de 3.2 km/H/seg a velocidades medias y altas, cuando la velocidad del trolebús baja a unos 13 km/H, el efecto del freno dinámico disminuye mucho, se desconecta su circuito y cesa el frenado eléctrico. De aquí en adelante, el frenado del vehículo queda a cargo del freno de aire. Los trolebuses cuentan con una compresora con capacidad de 340 lit/min, la cual es activada por una válvula que está conectada al circuito del freno dinámico.

Cuando es activada dicha válvula, entra en acción el freno de aire, el cual es suficientemente potente para lograr el frenado total del vehículo.

Además, el freno de mano o de estacionamiento del trolebús es operado por medio del freno neumático, el cual se activa con el switch de operación de la compresora.

Para explicar el funcionamiento de una manera más clara se puede hacer la siguiente analogía con una turbina hidráulica:



- 1.- La velocidad depende únicamente de abrir o cerrar la válvula No. 1
La válvula No. 3 permanece cerrada.
- 2.- Conforme se abre la válvula No. 2, la velocidad de la turbina disminuye y a la vez es controlada por las dos válvulas.
La válvula No. 3 permanece cerrada.
- 3.- La velocidad de la turbina es totalmente controlada por la válvula No. 2.
- 4.- Cuando la válvula No. 3 es abierta, el fluido mueve los álabes que a su vez moverán el engrane en dirección opuesta frenando el movimiento de la turbina principal.

CAPITULO III

3.- Mantenimiento preventivo y correctivo

3.1- Introducción

En la actualidad el mantenimiento es una de las áreas de la empresa moderna a la que se le está dando gran importancia, dados los beneficios que de su buen funcionamiento se obtienen. Se han desarrollado estudios sobre las técnicas administrativas que son aplicables al mantenimiento, siendo de gran importancia la analogía que se ha establecido entre la administración de la producción y la administración del mantenimiento. Como conceptos de lo anterior tenemos los siguientes ejemplos:

- 1) El mantenimiento necesita planearse al igual que la producción. Es necesario conocer la capacidad instalada, cargas de trabajo, tiempos de reparación, materiales necesarios, etc.
- 2) Es necesaria una programación y una organización que cumpla con las metas establecidas en la planeación, por lo que es posible la implementación de rutas críticas de reparación o reconstrucción; diagramas de barras para indicar el mantenimiento preventivo, etc.
- 3) Se pueden aplicar métodos de control como son: órdenes de trabajo e inspección, tarjetas de control de tiempos, vales de materiales y control de calidad.

Además de los conceptos anteriores, se puede agregar el procesamiento electrónico de datos, que si bien no es de mayor importancia que los demás, sí es de gran utilidad dado el desarrollo de los sistemas de información, con la finalidad de optimizar tiempo y papeleería en la empresa industrial.

3.2- Objetivo del mantenimiento

El objetivo del mantenimiento es conservar en el mejor estado y al menor costo posible, el equipo y las instalaciones de la empresa, optimizando su disponibilidad y preservando su valor a través del tiempo.

Las funciones principales del mantenimiento, tomando en cuenta como base principal su objetivo, sus funciones técnicas y administrativas, son:

- 1) Planear y programar las actividades de mantenimiento en forma conveniente de acuerdo al equipo y su utilización.
- 2) Instalar, redistribuir o retirar maquinaria y equipo, con miras a facilitar la producción.
- 3) Revisar las especificaciones estipuladas para la compra de nueva maquinaria y equipo.
- 4) Determinar los intervalos de inspección para los diferentes equipos con que cuenta la empresa.
- 5) Determinar los métodos adecuados para los procesos de reparación del equipo e instalaciones.
- 6) Elaborar estadísticas de reparaciones a la maquinaria y equipo, como fuente de información para la toma de decisiones.
- 7) Verificar que los inventarios de piezas de reserva, accesorios de mantenimiento y partes de repuesto especiales, sean conservados en un nivel óptimo.
- 8) Conservar en buen estado los dispositivos de seguridad de la maquinaria en general.

3.3- Objetivo del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo tiene por objeto principal la conservación planeada del equipo por medio de una programación de inspecciones con la finalidad de evitar paros inesperados en la producción y el deterioro excesivo del equipo en general.

Antes de implementar un sistema de mantenimiento preventivo, es necesario llevar a cabo una evaluación del equipo a fin de conocer el estado en que se encuentra y así poder establecer el costo que implica implantar un sistema de mantenimiento preventivo, diferenciándolo del costo por poner en óptimas condiciones el equipo.

Por experiencia se ha deducido que una fábrica que emplea más del 75% del tiempo de mantenimiento en arreglar descomposturas, es posible que tenga dificultades para establecer un sistema de mantenimiento preventivo.

Principales ventajas de contar con un sistema de mantenimiento preventivo:

- A.- Menor tiempo empleado en descomposturas.
- B.- Menor costo por concepto de horas extras de trabajo y mejor aprovechamiento de la fuerza de trabajo del personal de mantenimiento.
- C.- Menos reparaciones a gran escala, pues son prevenidas mediante reparaciones oportunas y de rutina.
- D.- Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento fuera de lo estimado, que pueda señalarse la necesidad de un trabajo correctivo para el mismo; un mejor adiestramiento de quien lo opera o bien, un reemplazo de tal equipo.
- E.- Mejores condiciones de seguridad.

3.4- Objetivo del mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo tiene por objeto al de corregir todas las fallas que surjan a partir de las inspecciones del mantenimiento preventivo.

El empleo de un sistema de mantenimiento preventivo, necesariamente saca a la luz situaciones de fallas repetitivas por parte de una pieza o parte de cierta maquinaria. Cuando esto suceda habrá que recurrir al mantenimiento correctivo para evitar su incidencia.

Al examinarse los registros de la maquinaria, podrá observarse cuál o cuáles son las fallas que se presentan con mayor frecuencia, y así, después de un análisis profundo de la pieza que falla, pueda determinarse una modificación en su diseño, o bien un cambio del material con que está fabricada la pieza.

3.5- Planeación del mantenimiento

Como actividad básica y prioritaria en la planeación del mantenimiento preventivo, se puede considerar la de obtener un inventario del equipo y la maquinaria, así como una evaluación del estado en que se encuentra. Posteriormente, habrá que habilitar instructivos para su manejo así como especificaciones de la maquinaria.

Una vez que se tiene definida la maquinaria a la que se aplicará el mantenimiento, el siguiente paso es determinar cuáles son los procesos técnicos para su ejecución, para lo que será necesario determinar:

- A) Intervalos de inspecciones de mantenimiento preventivo.

- B) Cantidad y especialidad de los recursos humanos.
- C) Medición de los procesos de reparación.
- D) Equipo y herramientas necesarias.
- E) Materiales necesarios.

En función a lo anterior y como ayuda para organizar el mantenimiento, éste se puede clasificar de la manera siguiente:

1. Mantenimiento preventivo
 - a) Inspeccionar y ajustar
 - b) Aceitar y engrasar
 - c) Sustituir partes dañadas o gastadas y efectuar reparaciones menores
 - d) Limpiar
2. Reparaciones
 - a) De urgencia
 - b) Habituales
 - c) De rutina en edificios, patios e instalaciones de servicio
3. Revisión mayor
 - a) Renovación de maquinaria y equipo
 - b) Renovación de edificios e instalaciones
4. Seguridad
 - a) Construcción, instalación o alteraciones que significan una mayor seguridad
5. Fabricación
 - a) Fabricación de piezas o equipo empleado para reparaciones, renovaciones o construcciones

3.5.1- Determinación de los intervalos de inspección

Antes de implantar un sistema de mantenimiento preventivo, es conveniente analizar las fallas que se han presentado a través del tiempo y en general, todos los registros históricos con que se cuente. Se podrá determinar si el equipo necesita que se le aplique un mantenimiento correctivo antes de que se implante el sistema de M. P. y a la vez nos señalará la frecuencia con que hay que efectuar las inspecciones con objeto de reducir la incidencia de fallas.

La información podrá tener como origen cualquiera, o bien las dos fuentes siguientes:

- 1) Revisión de las órdenes de trabajo de mantenimiento correspondientes cuando menos al último año o antes, y
- 2) Un análisis de las características y antecedentes del equipo, si es que existen.

Una vez que se han consultado estas fuentes, es conveniente comenzar a registrar de inmediato las composuras e inspecciones que se le van haciendo al equipo, lo que será de gran utilidad en el momento de determinar los costos de M. P.

Se puede implantar un archivero para las tarjetas de cada máquina; según sea el tipo de empresa, éstas pueden variar en cuanto a los datos que contienen; si se dispone de un equipo para procesamiento de datos, se pueden recopilar los costos de arreglo, el tiempo de paro y otros datos y las tarjetas terminadas pueden utilizarse como registros de reparaciones y ajustes.

3.5.2- Frecuencia de las inspecciones de M. P.

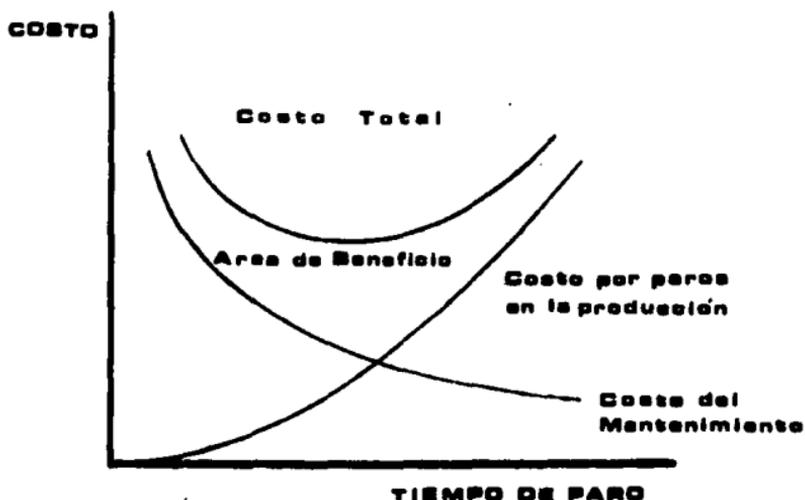
Esencialmente existen dos sistemas que se practican al hacer las revisiones periódicas: la inspección general y la especializada.

La inspección general es comunmente utilizada en las fábricas pequeñas, dada su facilidad para administrarse, pero no por esto deja de llevarse a cabo aunque sea de una manera más espaciada la inspección. Es conveniente que en las formas para la verificación de la inspección se indique la frecuencia con que debe efectuarse cada inspección, por ejemplo: S = Semanal; M = Mensual; BM = Bimestral; A = Anual, etc.

La fijación de las frecuencias de verificación es asunto de la experiencia; sin embargo, nunca debe olvidarse la estadística de descomposturas, así como las recomendaciones del fabricante; éste siempre estará dispuesto a cooperar.

Es posible que un pequeño período de paro en la producción puede ser el justo nivel desde el punto de vista económico, si se compara el costo de mantenimiento con el de paro. La ausencia total de paros es indicio de que hay un exceso de mantenimiento y que el precio de éste es desmesurado y antieconómico.

Un claro ejemplo de la relación de mantenimiento con el valor total de paros es el que se muestra en la siguiente figura. (3.5.1)



Se debe tratar de caer siempre dentro del área de beneficio, o sea buscar estar en el punto de equilibrio.

La frecuencia de las inspecciones deberá estar actualizada, ya que podrán reducirse a veces, ampliando la periodicidad cuando el intervalo de paro es mínimo.

Es conveniente aclarar que los paros nunca podrán eliminarse por completo porque ésta fuese el caso, el costo de un M. P. excesivo neutralizaría sus beneficios.

3.6 Organización para el mantenimiento.

Los organigramas de una empresa son de gran importancia para ubicar a los individuos dentro de la misma. Cuando una persona conoce su lugar y misión dentro de una organización, sus funciones se afirman y además sabe su vinculación con todos los departamentos de la empresa.

Con frecuencia a los empleados de nivel medio hacia abajo, no se les muestra debidamente su lugar ni la relación de sus actividades con la de otras áreas, por lo que no se forma una mentalidad de equipo que es básica para conseguir las metas de toda empresa.

3.6.1 La comunicación dentro de la empresa.

A medida que las organizaciones crecen y se tornan mas complejas, la importancia de una buena coordinación de las actividades es cada vez mayor. Para facilitar esa buena coordinación, es necesario contar con una buena estructura que redunde en una buena comunicación.

A la comunicación se le puede definir como un procedimiento que comprende transmisión y recepción de información. La comunicación industrial toma la forma de pedidos, órdenes de trabajo, sugerencias, planes, objetivos, programas, instrucciones, registros, solicitudes, cuestionarios, informes, etc.

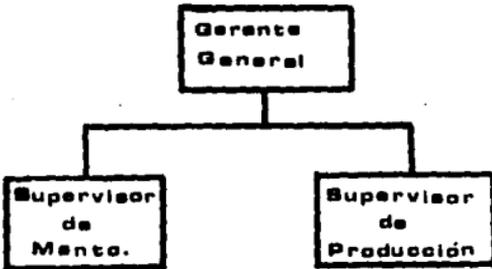
La corriente de comunicación se mueve en dos sentidos: vertical y horizontal. Cuando es hacia abajo, sirve para dictar órdenes y políticas de la empresa. Cuando es hacia arriba, asume el carácter de reportes; de adelanto o avance de programas; informes de actuación o solicitudes de una determinada actuación de los superiores. La comunicación horizontal es el enlace entre las áreas del mismo nivel y es indispensable para la coordinación de las actividades encaminadas a conseguir las metas de la empresa.

En resumen: sin la comunicación adecuada no hay plan ni programa que funcione, por lo que es factible pensar en la comunicación como un actuador de la dinámica empresarial.

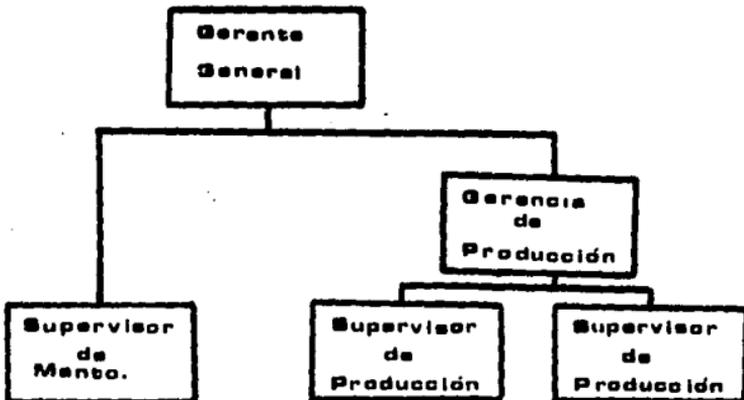
3.6.2 El mantenimiento en la empresa moderna.

El lugar que ocupa el mantenimiento en la empresa está en función de la magnitud y la clase de servicios que está demande. Por ejemplo, una fábrica grande ó una "multifábrica", lógicamente deberá contar con un área de mantenimiento que sea lo suficientemente grande y eficiente para poder cumplir con sus necesidades. Además, deberá tener un buen nivel dentro de la organización para que cuente con la fuerza necesaria para tomar las decisiones sin estar sujeta a la aprobación de áreas que no conocen los problemas a fondo. Es también necesario tomar en cuenta la clase de maquinaria y equipo con que se cuenta, ya que esta variable será determinante para precisar el grado de conocimientos y capacitación con que debe contar el área de mantenimiento.

Como se había mencionado, el tamaño y la clase de servicio que necesita la empresa, determina el número y el lugar de los centros de toma de decisiones en la organización. Estos centros son intersecciones de la corriente de información. Como ejemplo del lugar que ocupa el mantenimiento dentro de la empresa, tomaremos primero el de una fábrica pequeña como lo muestra la figura 1.3.1. dependiendo del tipo de maquinaria, tal vez sea necesario contar con todo un equipo de mantenimiento, pero también pudiera ser más rentable el contratar los servicios de una compañía externa cada vez que sea necesario, sin descuidar el mantenimiento preventivo. (Fig. 3.6.1.)



También, algunas veces, será de "menos importancia" la labor de mantenimiento dado que el equipo sea de un reducido desgaste ó con fallas poco frecuentes, pero que sin embargo si sea necesario el mantenimiento de las instalaciones, como es el caso de la organización que se muestra en la figura 3.6.2.



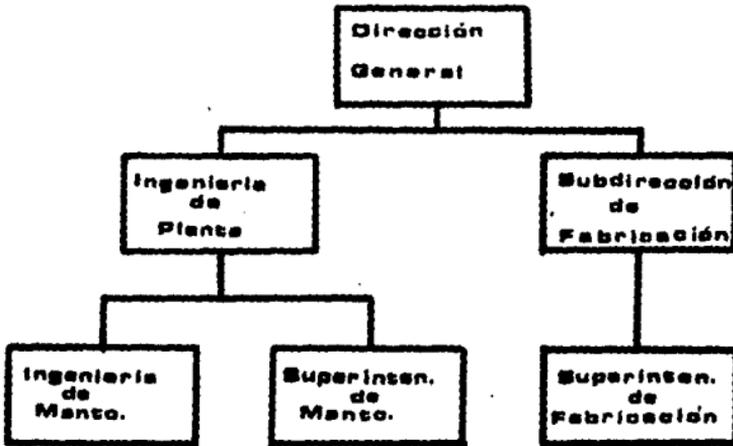
Como se ve, la dimensión de la fábrica, el número de centros de toma de decisiones y la importancia del mantenimiento aumentan dependiendo del volumen de producción o la magnitud del servicio en el caso de una empresa de este tipo.

Cuando se trata de una empresa mediana, el mantenimiento se vuelve más importante y comienzan a surgir más variables que afectan a los centros de decisión.

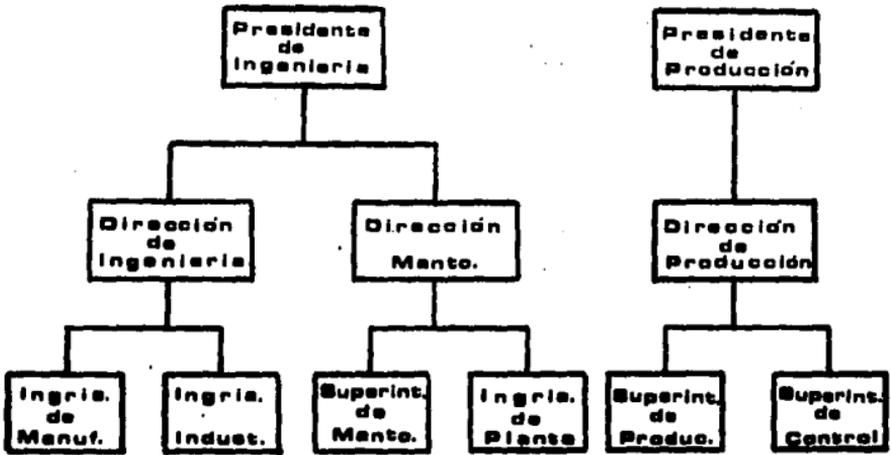
Es común que en las fábricas de tipo mediano o grande se presenten actividades que sean cada vez más laboriosas y de mayor responsabilidad profesional. Es entonces cuando se recurre al asesoramiento de un Ingeniero creando así el puesto de Ingeniero de Planta, que es el encargado de administrar todo el mantenimiento de la planta, así como de resolver los problemas más complicados de índole técnica que se pueden presentar. Se hace cargo de instalaciones eléctricas, construcciones, vapor, agua, maquinaria, seguridad industrial y algunas veces también del mantenimiento de las herramientas entre otras cosas.

Una típica organización de una fábrica de tipo mediano es la que aparece en la figura 3.6.3., como se puede observar, ya se incluye un Ingeniero de Planta que a su vez controla a un Ingeniero de Mantenimiento y a un Superintendente. El Ingeniero de Mantenimiento se encargará de las instalaciones, especificaciones de los materiales, herramientas y maquinaria que se necesiten, además de algunas otras actividades de Ingeniería, en tanto que el Superintendente se encargará de la ejecu-

ción y supervisión de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo que lleven a cabo los trabajadores directamente (mecánicos, electricistas, albañiles, etc.). (Fig. 3.6.3).



Finalmente, dentro de los tipos de organización está el caso de la gran fábrica o multifábrica. (Fig. 3.6.4).



Como se puede observar, en este caso se hace necesario contar con una dirección de ingeniería, independientemente de la ingeniería de la planta o plantas, pues se efectúan funciones completamente diferentes además de que el nivel administrativo de la ingeniería de la planta ha sido elevado al rango de dirección de área.

3.7 Medición del Mantenimiento.

Una de las más útiles herramientas que se ha logrado aplicar en la administración del mantenimiento es la medición del tiempo que se utiliza en las actividades propias del mismo. En esta área existen ciertas actividades que pueden ser comparables o pueden tener mucha similitud con las actividades productivas.

Los métodos utilizados para la producción, como lo son el cronometraje, muestreo de trabajo y las normas de trabajo preestablecidas, no son en un cien por ciento aplicables al mantenimiento, ya que éste presenta las siguientes situaciones :

- 1) Los trabajos pueden ser repetitivos.
- 2) Los trabajos se pueden extender hasta por semanas y meses sin saber con exactitud cuándo se terminarán.
- 3) Utilización poco frecuente de los materiales, lo que dificulta la planeación.

Sin embargo, si se trata de estandarizar al máximo posible los procesos del mantenimiento, se obtendrá :

- 1) Planeación y programación del mantenimiento preventivo.

- 2) Planeación de los inventarios con las piezas y material necesarios para el mantenimiento en general.
- 3) Medición mas accesible de los tiempos de inspección y reparación.
- 4) Asignación de cargas de trabajo equilibradas.
- 5) Implantación de un sistema de incentivos.

A continuación se presenta en el cuadro 1, una guía para seleccionar el mejor método de estimación del tiempo, según el trabajo a desarrollar.

EL MEJOR METODO DE ESTIMACION, CUANDO ESTE SE UTILICE PARA:

Descripción de trabajo e información disponible sobre el mismo (planeación).	Aprobación, órdenes pendientes, pronósticos, compras de equipo.	Programación de camino crítico, programas mensuales, decisiones sobre hacer o comprar.	Controles en toda la fábrica, programas semanarios.
Grupo 1 No existe plan o trabajo definido. Reparaciones o emergencias fuera de planeación.	Juicio aproximado.	Juicio aproximado.	Juicio aproximado.
Grupo 2 Reparaciones mal planeadas, trabajos repetitivos sin instrucciones y construcciones sin planeación.	Juicio aproximado. Razones en registros anteriores, datos de construcción.	Razones de registros anteriores, datos de construcción.	Análisis de estudio de tiempo, razón basada en muestreo del trabajo, datos de construcción.
Grupo 3 Resultado terminal definido sin plan. Descripción del trabajo y métodos (planeados). Reparaciones mayores. Rutina especificada, reparaciones preventivas, de cambio y repetitivas.	Juicio basado en detalles.	Juicio basado en detalles estándares comparativos. Registros anteriores modificados por muestreo del trabajo.	Muestreo del trabajo mediante datos básicos elementales. Estudios de tiempo para trabajos repetitivos.

3.8 Programación del mantenimiento preventivo.

Una vez que se tiene determinada la frecuencia de las inspecciones, así como en qué consisten, el siguiente paso será llevar a cabo un programa con el objeto de asegurar que se lleven a cabo oportunamente.

Las operaciones de inspección pueden ser descompuestas y analizadas por un Ingeniero Industrial para determinar el tiempo que impliquen, o bien calcular los intervalos de inspección y verificarlos posteriormente por los sobrestantes, supervisores o personas acostumbradas a la especialidad de que se trate.

La carga de trabajo básica puede encajar en un programa que proporcione un flujo relativamente uniforme de inspecciones a lo largo del año, tomando en cuenta las vacaciones y necesidades de temporada.

Cuando la programación se lleva a cabo manualmente, es conveniente que las órdenes de inspección se archiven juntas, según la frecuencia con que se vayan a utilizar, es decir: las de cada semana; las de cada mes; las de cada seis meses, etc.

Si se dispone de un equipo de procesamiento de datos, una computadora o una microprocesadora para elaborar los programas, la información contenida en la Hoja o tarjeta de inspección se incluye en la memoria de la computadora.

Cambios en la organización.

No es necesario recurrir a grandes cambios para ajustar el M.P. en la organización general de mantenimiento; las inspecciones serán llevadas a cabo por los trabajadores más calificados o por supervisores. En las empresas grandes suele ser conveniente que haya un coordinador o administrador de mantenimiento que informe al ingeniero de fábrica y que sea el responsable de planear y programar todas las inspecciones mayores y menores.

También corresponderá a este funcionario expedir las órdenes de taller para su aprobación por el ingeniero de fábrica o su representante autorizado.

Un funcionario que también juega un papel importante es el inspector de mantenimiento, que suele ser seleccionado de los trabajadores de planta ya que es conocedor de los procesos de reparación y puede tener un buen criterio de inspección.

El número de inspectores varía según las necesidades de la fábrica. Un procedimiento eficaz para determinar la dotación es cotejar la carga de trabajo con las normas. Si el departamento de mantenimiento utiliza un tiempo estándar para medir el desempeño, resulta fácil extender este sistema al trabajo repetitivo de las inspecciones.

Revisión anual del programa del M.P.

Por lo menos una vez al año será necesario revisar el programa del M.P. para identificar cualquier tendencia

o defecto surgidos en el transcurso del mismo. Habrá que precisar si la frecuencia de las inspecciones es la adecuada, si el contenido de las formas de inspección sea el necesario sin incurrir en exageraciones; que la maquinaria vital esté incluida en el programa y que los registros estén siendo llevados debidamente para que sean de utilidad.

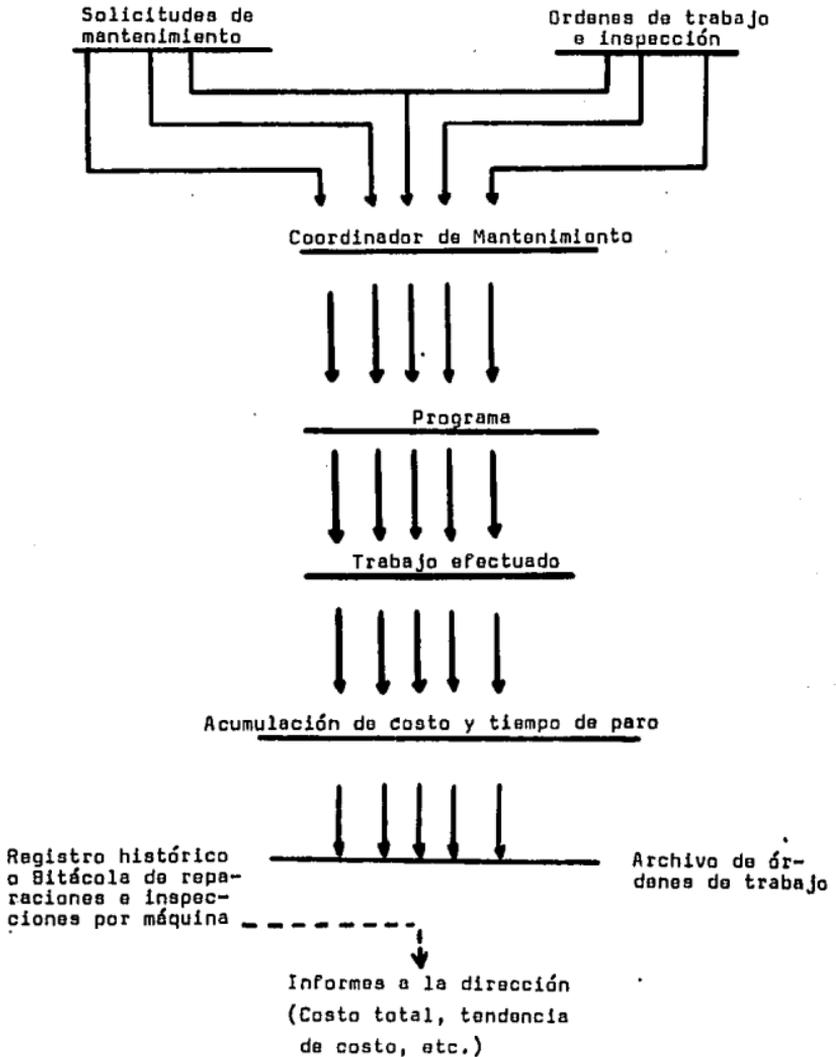
El mantenimiento preventivo tiene por objeto disminuir el costo de mantenimiento, así como reducir el tiempo de paro en la producción por medio de engrases, inspecciones, arreglos y reparaciones controlados, para asegurar un continuo funcionamiento de la maquinaria. En cualquier esfuerzo organizado, los perfeccionamientos que se logran y los toques finales que se hacen, constituyen la diferencia entre mediocridad y excelencia. Esto se aplica sobre todo al "pulimento" de un buen plan de mantenimiento.

3.9 Control del Mantenimiento.

Como cualquier otro sistema de información, el de mantenimiento tiene por objetivo (ver gráfica) suministrar a la dirección, la información suficiente para la toma de decisiones que sean necesarias para eliminar cualquier discrepancia entre el estado actual de las cosas y el objetivo de la empresa. Todos los trámites administrativos, desde la emisión de una solicitud hasta el registro y archivo de actividades ejecutadas a una máquina, constituyen una serie de operaciones de hombres y equipo que van al parejo del proceso técnico y real del mantenimiento, de aquí la gran importancia de que un sistema

esté perfectamente integrado y coordinado con el fin de alcanzar los objetivos de la empresa.

3.9.1 GRAFICA DE HOJA DE SOLICITUDES DE MANTENIMIENTO Y ORDENES DE TRABAJO



Solicitud de Servicios de Mantenimiento.

Cualquier actividad de mantenimiento debe solicitarse invariablemente por medio de algún documento, pues éste tiene la función en primer lugar, de constatar por escrito el servicio, así como tener información que sirva para registrar las fallas ocurridas al equipo. La solicitud puede provenir de varias fuentes como son los departamentos de producción, administrativo, o bien del propio departamento de mantenimiento, como resultado de alguna inspección de carácter preventivo.

El diseño de las formas es variado de acuerdo a las necesidades de la empresa y puede ser desde una simple hoja que indique quién lo solicita y qué máquina lo requiere, hasta una tarjeta para procesamiento de datos con el objeto de llevar estadísticas de costos, consumo de horas hombre, materiales, fallas, etc.

La sofisticación en el diseño va en función de las necesidades de la empresa, pero siempre debe contar con los siguientes datos :

- Fecha de la solicitud.
- Fecha en que estará disponible el equipo afectado.
- Fecha en que se requiere terminada la reparación.
- Cuenta o centro de costo a que se cargarán las horas-hombre y los materiales utilizados.
- Prioridad del trabajo a ejecutar.
- Descripción del trabajo a realizar.
- Lugar o área donde se necesita el servicio.
- Firma del solicitante y de la autoridad que aprueba.

Seccion No.	Tiempo Fecha	Solicitud de Mantenimiento		
Cargo Cuenta.	Supervisor	Tiempo Estd.	Tiempo Real	Sol. No.
<u>Trabajo Requerido</u>		Supv. Gral.		
		Maq. o Inst.		
		Ing. Ind.		
		Depto.		
		<u>Calculo</u> Mano de O. _____ Materiales _____ Total _____		
		Supervisor	Solicitante	

Aprobación de las solicitudes

La aprobación de las solicitudes de mantenimiento están en función de las políticas de la empresa, delimitando éstas el monto autorizado para cada nivel que puede ser desde un empleado común de mantenimiento, hasta el director general de la empresa. En el cuadro 2 se presentan algunos ejemplos de trabajos y su respectivo nivel de autorización.

Cuadro 3.1 AUTORIZACION DEL MANTENIMIENTO

TIPO MANTENIMIENTO	SOLICITADO POR	PUESTO QUE AUTORIZA	OBSERVACIONES
Emergencia	Sobrestante de Mantenimiento	Cualquier empleado	Verbal y luego solicitud escrita
Reparaciones de rutina y ajustes	Sobrestante de Mantenimiento	Control de Mantenimiento	Autorizado con solicitudes
Reparaciones ocasionales (Mant. correctivo)	Sobrestante de Mantenimiento	Supervisor General	Solicitud de mantenimiento y orden de trabajo
Proyecto, modificaciones	Ingeniero de planta	Jefe de Departamento	Ordenes de trabajo
Modificaciones importantes, nuevas construcciones y gastos de capital	Ingeniero de planta	Director General	Ordenes de trabajo

Orden de trabajo

Las órdenes de trabajo son el documento por el cual se llevarán a cabo las actividades de mantenimiento, anotando con precisión el trabajo a desarrollar; los trabajadores que intervinieron en el trabajo, así como el tiempo y materiales empleados. Como se observa en el cuadro 3.1, generalmente se utiliza la Orden de Trabajo, para reparaciones que implican un trabajo de reparación más que una simple inspección de rutina.

Bitácora del Equipo

Este documento es utilizado para registrar todas las operaciones efectuadas a la maquinaria, desde el momento de su instalación hasta el fin de su vida útil. Los datos que comunmente suele tener la bitácora son:

- a) Número de folio, fecha de apertura.
- b) Número de serie de la máquina, marca y modelo.
- c) Area o departamento a que está asignada.
- d) Número económico.

Las operaciones que suelen presentarse son:

- a) Inspecciones, reparaciones y modificaciones con su respectiva fecha de aplicación.
- b) Mano de obra (horas-hombre).
- c) Materiales utilizados.
- d) Tiempo utilizado.

Informes a la dirección general

El informe que recibe la dirección es un resumen posterior a las operaciones de mantenimiento que tienen un carácter de excepción. En resumen, aparecen los tiempos de labor y el costo de materiales que sobrepasan un porcentaje acordado por encima de los estipulados (una variación de diez por ciento suele ser común).

CAPITULO IV

4.- Análisis del sistema actual de mantenimiento de un trolebús

4.1- Servicio de un trolebús

En la actualidad se cuenta con 14 líneas de trolebuses en la Ciudad de México, mismas que están apoyadas por 23 subestaciones eléctricas. La capacidad de cada subestación varía entre 1000 y 2000 Kw., lo cual es suficiente para mantener los trolebuses que circulan en cada ruta de la red. (Ver plano a.1.1)

Se cuenta con aproximadamente 301 Km de línea elevada por la que circulan aproximadamente 260 trolebuses, de los cuales 170 son del tipo moderno (MASA S-500 T) y los 90 restantes del tipo antiguo (Marmon Harrinton, St Louis, Brill, etc).

El precio del pasaje es de \$0.60, que está muy lejos de ser el precio real. Cada trolebús transporta 2216 pasajeros diariamente, lo cual da un total de 576,259 pasajeros diarios en toda la red.

La jornada de trabajo es de 4:30 am a 1:30 am, distribuida en turnos de 6 a 7 horas según lo demande cada ruta.

La capacidad total del trolebús moderno es de 80 a 85 pasajeros, mientras que el antiguo transporta de 70 a 75. Esto, sumado a la obsolescencia del equipo, es la principal causa de que el trolebús antiguo vaya desapareciendo poco a poco, además de que las refacciones de tal equipo son cada vez más difíciles de encontrar.

En un futuro cercano todo el equipo antiguo será reemplazado por unidades modernas, con lo que se logrará una mejora substancial en el servicio, pues se podrá aumentar el número de unidades en circulación, y como consecuencia, la capacidad de pasajeros.

En el cuadro núm. tres, se presentarán algunos de los principales aspectos en cuanto a kilometraje de operación, número de pasajeros por mes, frecuencia de servicio y número de trolebuses en la línea que actualmente suministra la red de trolebuses en la Ciudad de México.

4.2- Áreas de talleres de mantenimiento

El Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal, cuenta con un área para talleres de mantenimiento de aproximadamente 25,800 M², que está formada por los siguientes cinco "módulos", divididos como se indica:

- 1) Recepción de unidades.
- 2) Taller mecánico.
- 3) Taller eléctrico electrónico.
- 4) Reparación pesada.
- 5) Taller de carrocerías.
- 6) Talleres de reparación de partes y manufacturas de refacciones.
- 7) Aseo y lavado.

A excepción del módulo 3, que es una estructura de arco y es laminar, todos los demás están montados dentro de un edificio tipo "sierra", bastante bien iluminados,

pero con una distribución que fue adaptada de acuerdo a las necesidades del taller, pero sin una planeación programada para lograr en forma eficaz y eficiente sus objetivos.

CUADRO NUMERO 3

<u>LÍNEA</u>	<u>KM EN OPERACION</u>	<u>NUM. DE PASAJEROS POR MES (PROM. 1983)</u>	<u>FRECUENCIA TB PROMEDIO (MIN)</u>	<u>NUM DE TB EN LÍNEA</u>
1) Eje Central	34	3 447,003	15	54
2) Eje 3 Sur	22	1 775,114	15	44
3) Eje 4 Sur	17	1 556,396	15	33
4) Eje 7 Sur	12	1 709,030	15	26
5) Eje 8 Sur	33	2 796,889	15	73
6) Eje 3 Oriente	36	1 500,230	15	50
7) Puerto Aéreo- Estación Metro Puerto Aéreo	12	271,364	15	10
8) Azcapotzalco- Estación Metro	33	1 284,406	15	22
9) Rosario-Chapultepec	28	1,075,602	15	20
10) Ixtacalco- Villa de Cortés	10	1,013,967	15	10
11) Terminal Sur-Independencia	23	249,482	15	10
12) Terminal Sur-C.U.	20	218,177	15	10
13) Petrolera-Chap.	20	500,708	15	8
14) SAHOP-C.U.	18	240,383	15	14
TOTALES	318	17 451,269		384

La Dirección de Mantenimiento tiene dos Subdirecciones a su cargo: la de Mantenimiento y la de Producción. En la Subdirección de Mantenimiento se han estructurado los departamentos en función de la posibilidad de desarrollar un mantenimiento preventivo y correctivo; sin embargo, se carece de una área que se encargue de coordinar y controlar las actividades, además de que los procedimientos en vigor no están lo suficientemente actualizados en función de las necesidades de la empresa.

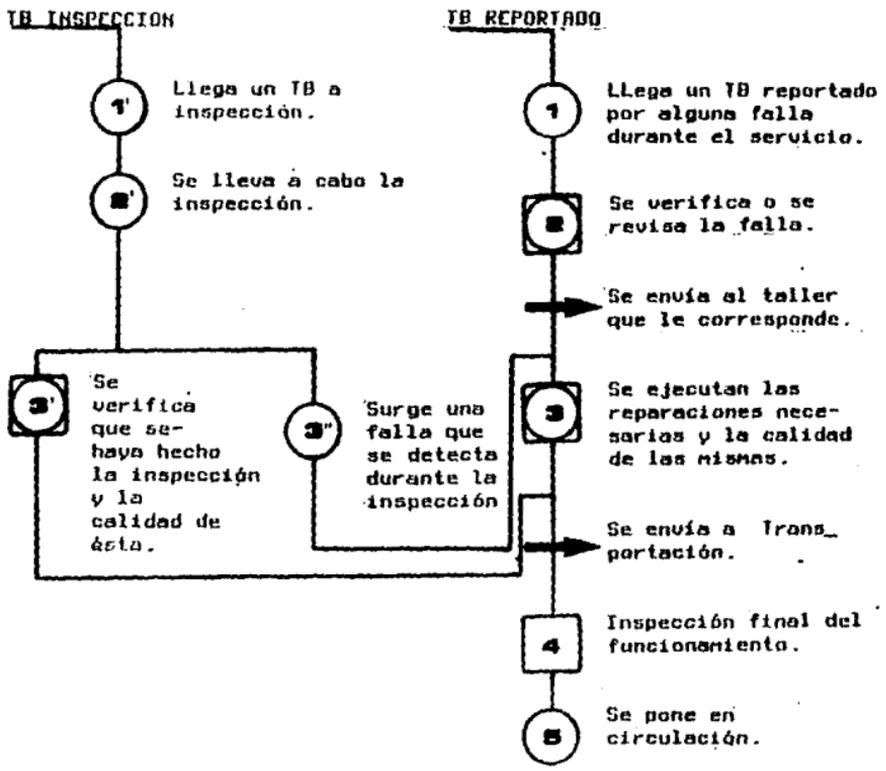
4.3- Procedimientos

Se cuenta con un solo procedimiento para el mantenimiento de los trolebuses, cuyo principal problema es que el cálculo de los intervalos de inspección está fuera de la realidad por dos causas: la primera es que está diseñado para los trolebuses antiguos y la segunda es que supone al equipo en condiciones ideales, es decir, nuevos, sin contar con que es equipo con 35 años de uso continuo, por lo que resulta obvio que se debe actualizar dicho procedimiento.

Si bien es cierto que un sistema de información debe ser lo más sencillo posible, también es cierto que debe tener la suficiente información para la toma de decisiones. En el caso del sistema actual, se carece de información esencial, como lo son: material utilizado para cada reparación; tiempo real utilizado; nombre de los operarios que la efectuaron y tiempo de entrega de la unidad ya reparada.

A continuación se presentan los dos procedimientos principales que se tienen a la fecha, indicando las personas y el nombre y clave de los formatos que intervienen:

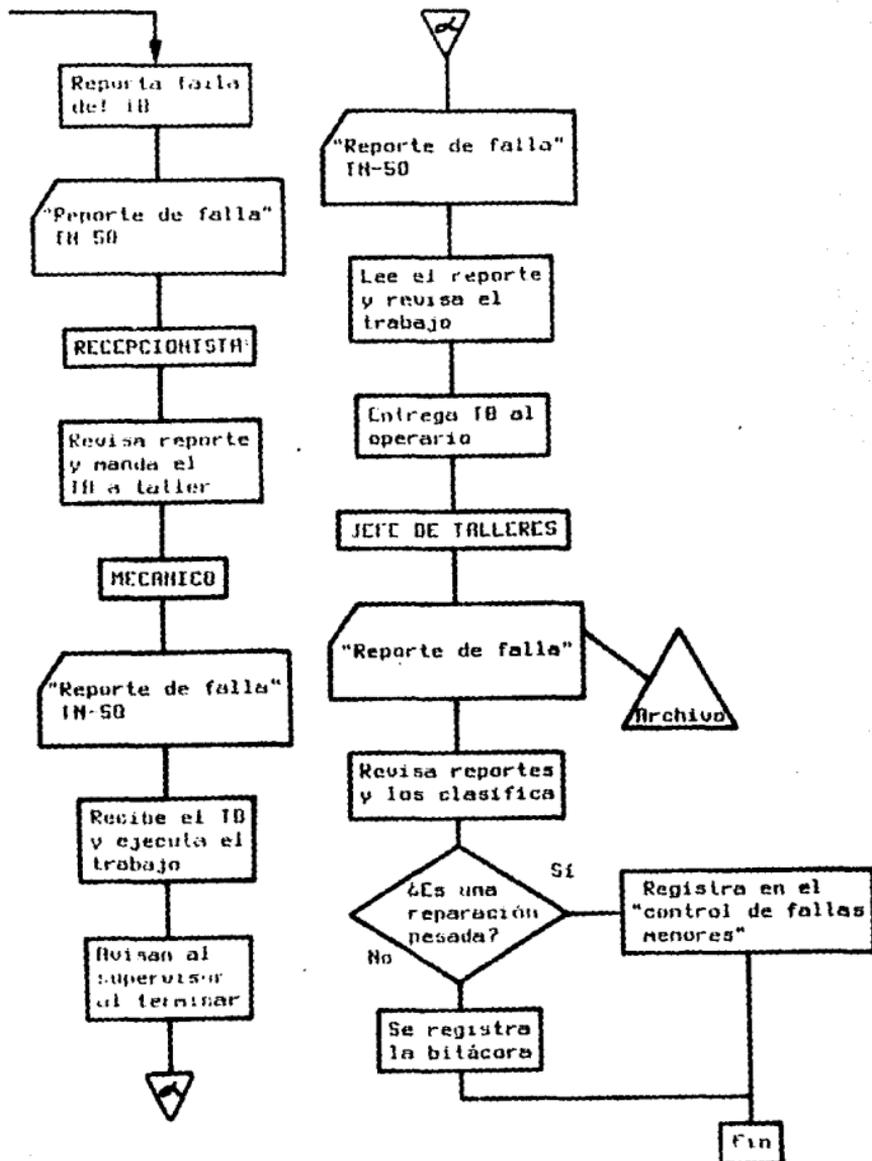
1) DIAGRAMA DE RECORRIDO DE UN TB REPORTADO Y/O DE INSPECCION



2. - DIAGRAMA DE FLUJO ACTUAL DE UN TB REPORTADO POR FALLA DURANTE EL SERVICIO

OPERADOR

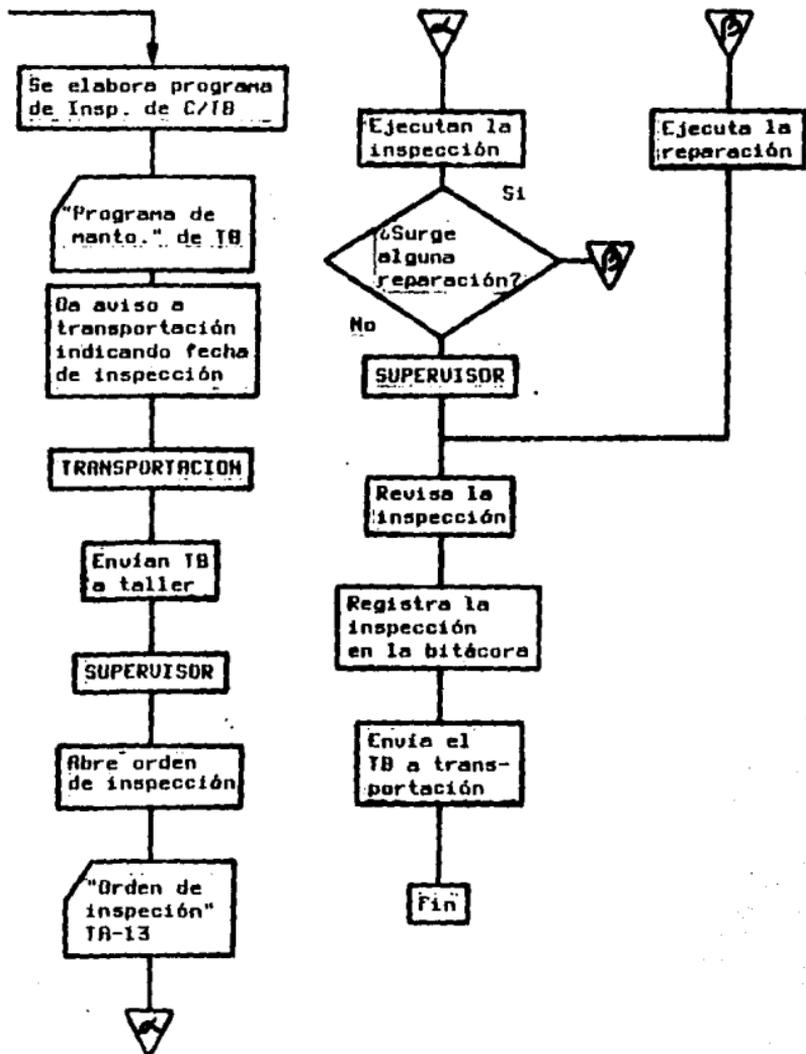
SUPERVISOR



3.- DIAGRAMA DE FLUJO ACTUAL DE UNA INSPECCION PROGRAMADA

JEFE DE TALLERES

MECANICO



4.4- Conclusiones de análisis del sistema actual

1. Planeación. Se carece de una planeación del mantenimiento individual de cada vehículo por lo cual se derivan las siguientes deficiencias:

- a) No existen las refacciones necesarias en el momento adecuado, ni en la cantidad suficiente, lo cual origina que los vehículos permanezcan varios días y hasta meses en el taller.
- b) No se cuenta con ninguna designación práctica de las refacciones, así como con algún método de control de inventarios.
- c) La carga de trabajo es superior en la mayoría de las veces al nivel de trabajadores con que se cuenta, ya que hay temporadas en que se sobrecargan los talleres como en la época de lluvias.

2. Control. Los procedimientos son sumamente ambiguos y la información que éstos suministran es poca y además mal aprovechada por lo que se presentan las siguientes deficiencias:

- a) No existen tiempos estándar por reparación o inspección por lo que un trolebús puede permanecer horas en el taller por una reparación que se lleve minutos.
- b) No se lleva un control de los materiales ni el tiempo que se llevó en cada reparación o inspección.
- c) Como consecuencia del inciso anterior, no se pueden hacer estadísticas de consumo de materiales, ni de la frecuencia de las reparaciones, vida de los materiales, costo por reparación, etc.

- d) No se puede determinar la eficiencia del personal, lo cual provoca apatía por parte del mismo; además de que no se puede repartir justamente la carga de trabajo.
- e) Nunca se podrá llegar a un sistema de incentivos.
- f) La programación actual no se basa mas que en el sentimiento propio, pasando por alto las estadísticas y las recomendaciones del fabricante.

CAPITULO V

5.- Sistema de mantenimiento preventivo propuesto

5.1- Planeación del sistema

Actividades de mantenimiento en el S. T. E. Como ya lo hemos mencionado con anterioridad, básicamente se cuenta con dos tipos de actividades:

- 1.- INSPECCIONES PROGRAMADAS
- 2.- REPARACIONES: LIGERAS, MENORES Y MAYORES

En este capítulo únicamente nos dedicaremos al mantenimiento preventivo, pero sin dejar de tomar en cuenta la influencia del mismo sobre el mantenimiento correctivo.

Inspección programada le llamaremos a una revisión de componentes, un ajuste de tornillos, resortes, lubricación, engrasado y a una limpieza general.

- 1.- Inspecciones programadas. Para determinar en qué debe consistir una inspección programada, cuántos tipos deben de existir de ésta y con qué frecuencia se deben ejecutar, nos fundamentaremos en las recomendaciones de E. T. Newbrough, que aparecen en su libro "Administración del Mantenimiento Industrial": 1) Estadística de las principales fallas de un año y 2) Recomendaciones del fabricante.

Estadística de las principales fallas, tomando en cuenta los trolebuses (220 en promedio) que estuvieron en circulación durante todo el año de 1983. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- a) Promedio de entradas diarias al taller de reparación: 32.5 tb/día

b) Las 10 fallas que más se presentaron en 1983:
(Promedio mensual)

1) FRENO	1606
2) BATERIAS	809
3) CARBONES	772
4) LUCES	644
5) CONTACTORES PRINCIPALES	460
6) RUEDAS (LLANTAS)	443
7) PUERTAS	414
8) COMPRESORA	241
9) MOTOR AUXILIAR	205
10) CONTROL MAESTRO	204

El promedio de las entradas a Taller de Mantenimiento fue obtenido con un 90% de confiabilidad y utilizando una muestra de 300 trolebusés.

Basándose en los resultados obtenidos llegamos a las siguientes conclusiones:

a) En un principio es necesario homogeneizar el equipo, por lo que se debe efectuar una revisión de estas diez fallas principales. Las fallas que no se mencionan, fueron de menor importancia dada su poca frecuencia, menor tiempo de reparación, bajo costo y sobre todo que no influyen en la seguridad de los pasajeros y del operador.

b) En la lista anterior se debe contar con una capacidad de planta para aproximadamente 32.5 trolebusés diarios, repartidos en los tres turnos, (6-2- PM, 2-10- PM, 10-5-AM), pero principalmente un 60% en el primer turno.

c) Es necesaria una revisión diaria del funcionamiento de frenos y batería, (agua, densidad, etc). así como una revisión del desgaste de los carbones del colector de corriente de cada trolebús.

- 2.- Recomendaciones del fabricante. En general existe bastante información respecto al mantenimiento de los trolebuses tanto modernos como antiguos; el principal problema ha sido la falta del uso de esta información pues si bien en algunas ocasiones se ha aplicado ésta, con el paso del tiempo ha sido modificada al gusto del mecánico, pasando por altas especificaciones para el buen funcionamiento.

Las recomendaciones del fabricante serán la base junto con la estadística de las principales fallas, para determinar los intervalos reales de inspección y por lo tanto las pruebas, A,B,C,D, de mantenimiento preventivo.

A continuación se presentan las recomendaciones de los principales fabricantes del equipo de los trolebuses:

A. TOSHIBA Fabricantes del Chopper y motor de tracción del trolebús, MASA-SOMEX.

En general para todo el equipo electrónico se recomiendan: inspecciones diarias, mensuales, semestrales y bienales. Estas inspecciones básicamente consisten en:

- a) Inspecciones diarias. Deformaciones por calentamiento de los componentes, suciedad excesiva, cables rotos o zafados, tornillos y tuercas flojas y corto circuito. Debe ser una inspección rápida pero eficiente y antes del funcionamiento del trolebús.
- b) Inspecciones mensuales. Es una inspección más a fondo en las que intervienen "ajustes", como reemplazar un carbón gastado, un cable roto, apretar un perno, cambiar agua a la batería, etc.

d) Inspección bienal. Se desmontan componentes como lo son el motor de tracción, banco de resistencias, etc., con la finalidad de efectuarles pruebas diarias de funcionamiento, así como limpieza, lubricación y ajuste de todas sus partes.

B. TROLLEY COACH Fabricantes del control reostático-magnético de los trolebuses antiguos.

En general las recomendaciones son las mismas que las TOSHIBA, con la diferencia de que ellos recomiendan la siguiente frecuencia:

a) Mantenimiento menor. Cada 8000 millas (12800km). Básicamente consiste en revisión visual, ajustes pequeños y reemplazo de piezas pequeñas.

b) Mantenimiento mayor. Cada 10000 millas (16000km). Básicamente consiste en el ajuste, limpieza y reemplazo de piezas grandes e incluso el desmontar el motor principal para revisarlo más a fondo.

C. MASA Fabricante del chasis y la carrocería del trolebús así como de su ensamble en general. El equipo de tracción como flecha, diferencial, compresor, etc. fue fabricado por diversas empresas. MASA es la que proporciona las recomendaciones para su mantenimiento.

a) Mantenimiento menor o "A". Cada 1600 a 4800km, revisiones sobre el desgaste de sus componentes, lubricación y engrasado, cambio de agua de la batería, etc.

- b) Mantenimiento mayor o "B". Cada 16000 a 32000km. En general incluye las inspecciones de la "A", más algunas mayores como lo son el quitar baleros de las ruedas para engrasarlos, revisar todas las graseras, densidad de la batería, inspeccionar el bastidor del trolebús, etc.

5.1.2- Determinación de la frecuencia de las inspecciones

Para determinar la frecuencia de las inspecciones nos basamos en el kilometraje que recorre un trolebús mensualmente. El kilometraje fue obtenido en base a la siguiente información, la cual fue proporcionada por el departamento de transportación del S. T. E.:

- a) Número de trolebuses asignados a cada ruta.
- b) Total de kilómetros que recorrieron en cada ruta por día (promedio de un año).
- c) Días que se trabajan.

Como ejemplo pondríamos las respuestas obtenidas en el caso del Eje Lázaro Cárdenas:

- a) Número de trolebuses asignados a la ruta del Eje Lázaro Cárdenas: 54
- b) Total de kilómetros recorridos por los 54 trolebuses en esa ruta: 13796
- c) Días que se trabajan: 30

Kilómetros recorridos por un trolebús en un día:

$$= \frac{\text{Total de kilómetros/día}}{\text{No. T.B. asignados}} = \frac{13796}{54} = 255,5$$

$$256 \frac{\text{km.}}{\text{día}}$$

$$\text{Total de km. por mes} = (256) (30) = 7680\text{km/mes}$$

Promediando el kilometraje recorrido en cada ruta se obtuvo que un trolabús recorre mensualmente 7000 km.

Esto nos da la pauta para determinar la frecuencia de las inspecciones, así como en qué deben consistir.

5.2- Descripción de las inspecciones

5.2.1- Inspección diaria

1. BATERIA: Agua
Terminales
2. LUCES: Interiores
Exteriores
3. PUERTAS: Delantera
Trasera
4. ESPEJOS: Interiores
Exteriores
5. RETRIVERS: Izquierdo
Derecho
6. CARBONES Y PORTACARBONES: Izquierdo
Derecho
7. MOTOR TRACCION: Desgaste de conexiones y olor a quemado
8. CONTACTORES: Polvo en exceso
9. FRENOS: Funcionamiento

ESTA TESTO
SALA DE LA BIBLIOTECA

5.2.2- Inspección "A". Cada 6 semanas o 10500 Km.

1. Brazos pitman y dirección biela de dirección y barra de accionamiento. Verificar si están flojos.
2. Pasador del perno de mango. Apretar.
3. Mecanismo freno. Inspeccionar si hay pérdidas en mangueras, líneas, cámaras, etc. Examinar si hay desgaste excesivo en los ejes, cables, tensor, etc. Inspeccionar si no hay grasa o aceite en el freno de estacionamiento.
4. Tanques de aire. Purgarlos.
5. Cojinetes y soportes centrales. Inspeccionar si están flojos.
6. Juntas universales y bridas. Inspeccionar si están flojos.
7. Cojinetes del piñón. Inspeccionar si están flojos.
8. Cubierta del diferencial. Inspeccionar si hay pérdidas de lubricante alrededor de la cubierta del diferencial y del retén de aceite del piñón. Apretar.
9. Ventilador del eje trasero. Verificar que en la parte externa del respiradero no hay suciedad.
10. Abrazaderas traseras y delanteras. Apretar.

11. Muelles. Inspeccionar bujes, columpios flojos y gastados cartabones.
12. Cubierta llantas. Inspeccionar si presentan desgaste excesivo.
13. Lubricación. Lubricar chasis de acuerdo al cuadro de lubricación.
14. Pintura y hojalatería. Inspeccionar el aspecto general.
15. Luces. Probar todas las luces.
16. Perno de mango. Inspeccionar si está flojo.
17. Cojinetes de las ruedas delanteras. Inspeccionar si están flojos.
18. Tuercas de ruedas. Apretarlas.
19. Tornillos de brida del eje. Apretar.
20. Volante. Inspeccionar el juego de la dirección.
21. Limpiadores. Inspeccionar funcionamiento y el estado de las gomas. Verificar los brazos.
22. Batería. Tomar lecturas con el hidrómetro y llenar con agua destilada en cada celda.
23. Filtro aire compresor. Limpiar.
24. Filtro aire gobernador. Limpiar.

25. Frenos. Probar funcionamiento de los frenos de servicio y estacionamiento.
26. Claxon. Probar funcionamiento.
27. Line switch. Quitar guardachispas y revisar desgaste y quemaduras. Examinar conexiones rotas o gastadas. Verificar que la armadura se mueva libremente. Limpiar con aire seco.
28. Control maestro. Revisar el desgaste de los dedos de contacto del cilindro de aceleración, cilindro de frenado, trinquete. Verificar el desgaste de los cables y aisladores. Verificar la operación del relevador de aceleración. Verificar el ajuste de todas las piezas.
29. Contactores principales. Verificar el movimiento de la armadura. Verificar el desgaste de los puntos de contacto; la presión de los resortes. No lubricar nada. Limpiar y verificar el desgaste de los Interlocks.
30. Relevador de sobrecarga OVR. Verificar que el mecanismo "brincador" opere libremente. Verificar la altura de los contactos. Limpiar polvo y suciedad en general. Ajustar tornillos y tuercas.
31. Campo de inducción en paralelo. (Inductive field shunt). Limpiar los aisladores; cambiar los aisladores rotos.
32. Panel de contactores auxiliares. Verificar el desgaste de la su-

- perficie de contacto y de los cables y conexiones. Verificar el desgaste de los Interlocks. Verificar la presión de los resortes. Limpiar polvo y suciedad en general.
33. Resistencias principales. Verificar el ajuste de las terminales; que no estén rotas las porcelanas ni los anillos de las resistencias. Si están rotos cámbielos.
34. Motor de tracción. Verificar el desgaste de las escobillas, portaescobillas y resortes de portaescobillas. Verificar el desgaste de los cables, conexiones y aislamiento. Verificar el desgaste del conmutador y el ajuste de todos los tornillos y tuercas.
35. Motor auxiliar y alternadores. Igual que el motor de tracción.
36. Ventilador. Limpiar polvo y suciedad.

5.2.3- Inspección "B". Cada 3 meses o 21000 Km.

1. Idem "A" (Brazo Pitman).
2. Caja de dirección. Inspeccionar y apretar los tornillos de la caja.
3. Idem "A".
4. Mecanismo freno Idem "A".
5. Cojinetes y soportes centrales Idem "A".
6. Cojinete. El piñón Idem "A".
7. Cubierta del diferencial Idem "A".
8. Ventilación del eje trasero. Sacar, limpiar y volver a instalar.
9. Abrazaderas traseras y delanteras Idem "A".
10. Muelles Idem "A".
11. Cubierta de llantas Idem "A".
12. Bastidor y soportes. Inspeccionar si hay componentes rotos o flojos.
13. Lubricación Idem "A".
14. Pintura y hojalatería Idem "A".
15. Luces Idem "A".
16. Perno de mango Idem "A".
17. Cojinetes de ruedas. Limpiar y volver a engrasar, reemplazar los retenes de grasa. Inspeccionar: balatas, resortes, rotocámaras, excéntricos, bushings, tambores; sopletear con aire comprimido los tambores y zapatas, lubricar los anclajes de las zapatas.
18. Batería Idem "A".
19. Batería. Sacar los cables, limpiar terminales y volver a instalar los cables y cubrir con grasa o vaselina.
20. Compresora. Apretar el soporte; ajustar las bandas si es necesario.
21. Filtro aire compresor Idem "A".
22. Filtro aire gobernador Idem "A".
23. Volante Idem "A".
24. Limpiadores Idem "A".
25. Claxon Idem "A".
26. Frenos Idem "A".
27. Claxon Idem "A".
28. Line switch Idem "A".
29. Control maestro. Verificar la operación de la placa de switches cuando éstos se hayan gastado más de la mitad. Verificar la presión de los dedos de contacto. Limpiar el tambor de la reversa con un paño empapado de aceite.
30. Contactores principales. Apretar todos los contactos. Cambiar los cables desgastados.

31. Relevador de sobrecarga (OVR). Quitar toda la suciedad y humedad. Verificar que la taza esté calibrada correctamente.
32. Campo de inducción en paralelo. Revisar si hay roturas o suciedad en las resistencias. Los anillos, resistencias y porcelanas dañadas deben ser cambiadas. Limpiar la suciedad de la bobina; si está dañada seriamente deberá cambiarse.
33. Resistencias principales. Si está sucio, desmontar todo el banco y limpiarlo.
34. Relevador de campo paralelo. Verificar la altura y desgaste de los contactos; limpiar polvo y suciedad. Apretar tuercas y verificar el movimiento de la armadura.
35. Relevador de campo auxiliar. Verificar la altura y desgaste de los contactos. Limpiar polvo y suciedad. Apretar tuercas y verificar el movimiento de la armadura.
36. Motor principal. Limpiar la parte expuesta de la parte frontal del conmutador, anillo en "V" y mantener un buen acabado. Examinar el polo, el tapón de la chumacera y los pernos de la cubierta. Dragar los agujeros en la base del bastidor y que las

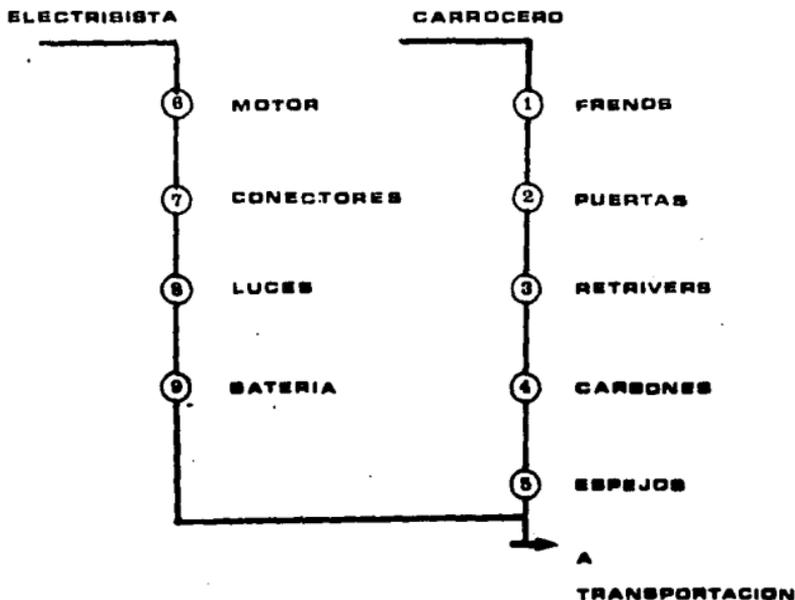
cubiertas estén limpias. Limpiar las juntas de los baleros. Lubricar los baleros de las armaduras con grasa.

5.2.4- Inspección "C". Cada 6 meses o 42,000 Km.

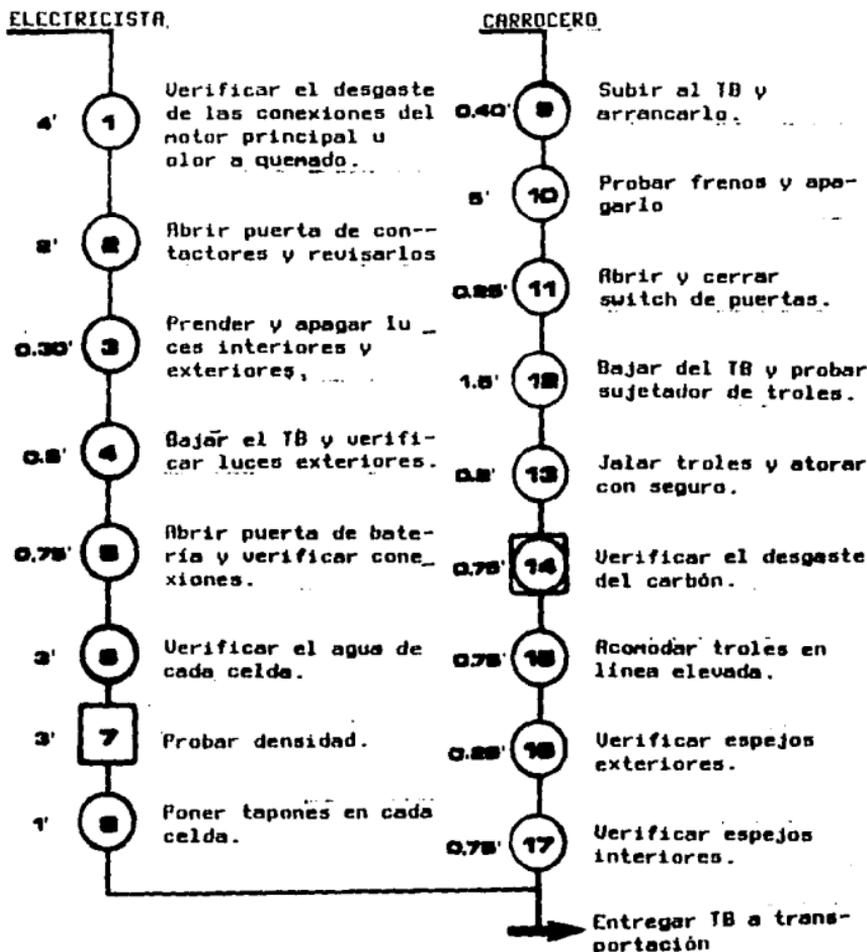
- | | |
|--|--|
| 1. MOTOR DE TRACCION Y MOTOR AUXILIAR: | Desmontar y mandar a revisión general. Montar reparados. |
| 2. PANEL DE CONTACTORES PRINCIPALES: | Desmontar y mandar a revisión general. Montar reparados. |
| 3. CONTROL MAESTRO: | Desmontar y mandar a revisión general. Montar reparados. |
| 4. MAS TODA LA INSPECCION "A". | |

5.3- Determinación del tiempo estándar para cada inspección. Antes de comenzar la medición, se pondrá el proceso a seguir para cada una de las inspecciones.

5.3.1- Inspección diaria. Flujoograma general



**5.3.2. INSPECCION DIARIA ANALISIS DE LA OPERACION
(UNIDADES EN MINUTOS).**



Operaciones 7. Normal

Electricista	8	14.55'
Carrocero	9	9.55'
Total	17	24.4'

5.3.3- Determinación del tamaño de la muestra.

En un principio se cronometró una inspección diaria por el método continuo y el resultado fue el siguiente: 14.55' para el electricista y 9.85' para el carroceros.

En función de este valor se comparó en la tabla No. 1 (1) para determinar el número de ciclos a observar.

TABLA NUMERO 1

	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
M	0.10	0.25	0.50	0.75	1.0	2.0	5.0	10.0	20.0	40.0	Más de 40
N	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

M = Duración del ciclo

N = Número de observaciones

La tabla número 1 nos indica que podemos tomar como muestra 8 ciclos; sin embargo, para poder convencer al operario y al sindicato de que va a ser una muestra suficiente para determinar el tiempo estándar se hará una observación de 30 ciclos.

Se utilizó el método continuo y además se verificó el tamaño de la muestra por medio del método de student (t), el cual se describe a continuación de una manera resumida:

(1) "Manual de la Ingeniería de la Producción". H. B. Maynard, edit Reverté, Capítulo X, Tiempos y Métodos.

DISTRIBUCION "t" DE STUDENT

La distribución "t de student"² es utilizada para muestras n 30. La curva de una distribución student es semejante a la curva normal y como es lógico, entre mayor sea la muestra tomada más se acercará a la curva normal. El valor estadístico "t de student" se calcula por la siguiente ecuación:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{S_x / \sqrt{n}}$$

donde: t = valor que se obtiene a partir de tomar muestras de una población normal (o aproximadamente normal) con neda y utilizado el valor de la media muestral X y la desviación Sx de la muestra

X = Media de la muestra

μ = Media de la población

Sx = Desviación típica o estándar

n = Tamaño de la muestra extraída de la población.

Para comprobar si el cálculo de muestra media se despeja la ecuación en función de los valores "calculados" para "t" de la Tabla número 2² de la manera siguiente:

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{S_x}{\sqrt{n}} t$$

Grados de libertad. Finalmente, los grados de libertad son por definición el número N (tamaño de la muestra) menos el número k de parámetros de la población que deben estimarse a partir de la muestra. La ecuación sería:

$$\text{Grado de libertad} = n - k$$

y puesto que sólo se va a determinar el valor de la ecuación queda de la manera siguiente:

$$G. L. = N - 1$$

t Scores

Level of Certainty

	80%	90%	95%	99%	99.9%
1	3.078	6.314	12.706	63.657	636.619
2	1.886	2.920	4.303	9.925	31.598
3	1.638	2.353	3.182	5.841	12.941
4	1.533	2.132	2.776	4.604	8.610
5	1.476	2.015	2.571	4.032	6.859
6	1.440	1.943	2.447	3.707	5.959
7	1.415	1.943	2.365	3.499	5.405
8	1.397	1.860	2.306	3.355	5.041
9	1.383	1.833	2.262	3.250	4.781
10	1.372	1.812	2.228	3.169	4.587
11	1.363	1.796	2.201	3.106	4.437
12	1.356	1.782	2.179	3.055	4.318
13	1.350	1.771	2.160	3.012	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.977	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.947	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.921	4.015
17	1.333	1.740	2.120	2.898	3.956
18	1.330	1.734	2.101	2.878	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.861	3.883
20	1.325	1.725	2.986	2.845	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.831	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.819	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.807	3.767
24	1.318	1.711	2.064	2.797	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.787	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.779	3.707
27	1.314	1.703	2.052	2.771	3.690
28	1.313	1.701	2.048	2.763	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.756	3.659
30	1.310	1.697	2.042	2.750	3.645
40	1.303	1.684	2.021	2.704	3.551
60	1.296	1.671	2.000	2.660	3.460
120	1.289	1.658	1.980	2.617	3.373
	1.282	1.645	1.960	2.576	3.291

Una vez descrito el método "t" de student se procederá a analizar los tiempos para la inspección diaria.

De la lectura efectuada en el inciso 5.3.3 obtuvimos que:

Tiempo normal carrocería: 9.85'

Tiempo normal s. eléctrico: 14.55'

Ya que el tiempo mayor es el que dictamina el tiempo total tenemos que:

Tiempo normal carrocería: 9.85'

Tiempo para completar el sistema eléctrico: 4.70'

TIEMPO TOTAL: 14.55'

De un muestreo de 30 ciclos obtuvimos:

1) 13.9	16) 14.0
2) 13.7	17) 14.3
3) 14.3	18) 14.3
4) 14.2	19) 14.5
5) 14.4	20) 14.6
6) 14.6	21) 14.7
7) 14.5	22) 13.9
8) 14.2	23) 14.2
9) 14.3	24) 14.3
10) 14.4	25) 14.5
11) 14.7	26) 14.7
12) 15.0	27) 14.9
13) 15.2	28) 15.0
14) 14.9	29) 15.2
15) 14.5	30) 14.8

Media de la muestra: = 14.49 14.5

Tomando 10 muestra al azar:

3) 15.3	12) 15.0
7) 14.5	23) 14.2
29) 15.2	11) 14.7
16) 14.0	21) 14.7
19) 14.5	10) 14.4

Tomando la siguiente muestra de 10 de las 30 lecturas efectuadas antes, obtuvimos:

$$\bar{x} = 14.65, S_x = 0.42$$

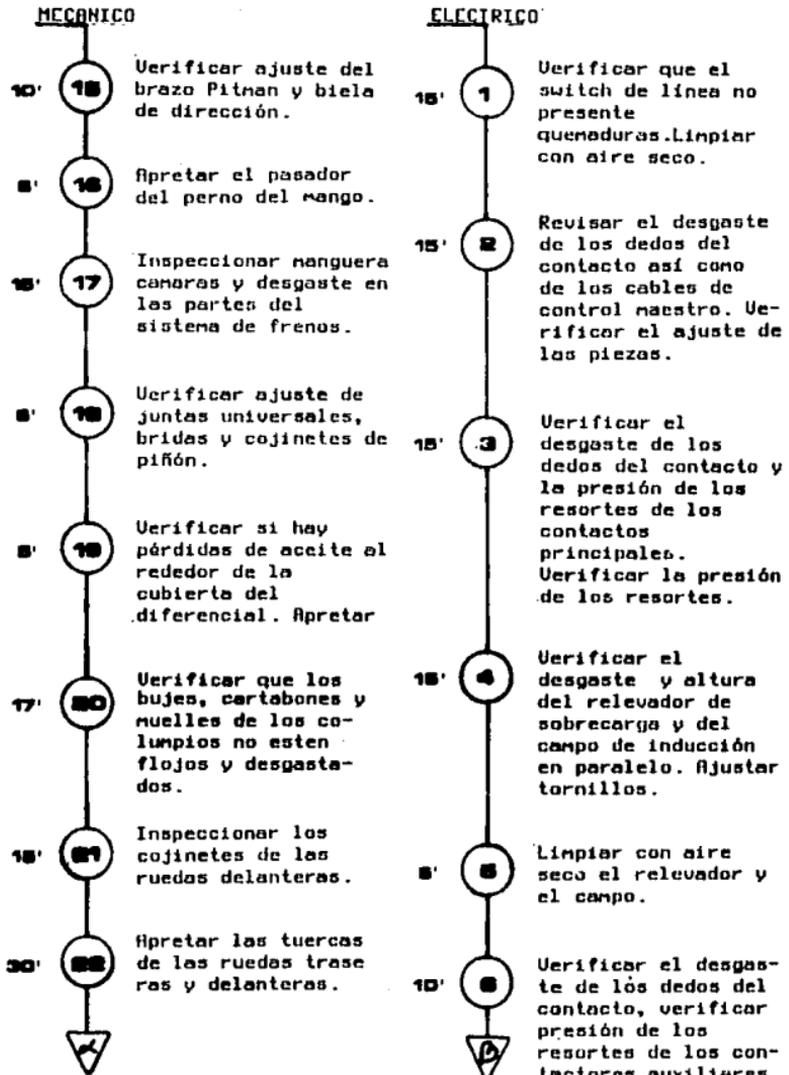
De la Tabla número 2 con un 95% y G. L. = 30 - 1 = 29, obtuvimos que $t = 2.045$

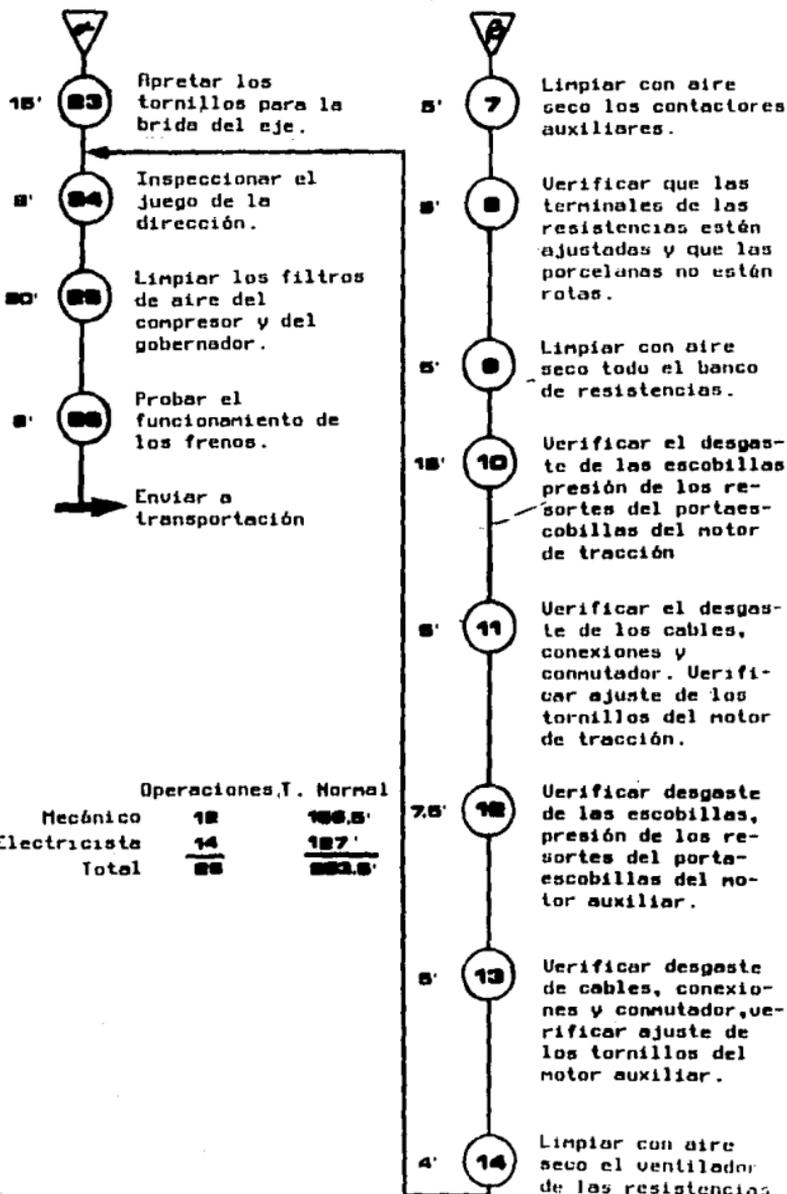
$$\mu = 14.65 \pm \frac{0.42 (2.045)}{\sqrt{30}} = 14.8 \approx 14.5$$

por lo tanto la muestra es suficiente.

5.3.4. ANALISIS DE LAS OPERACIONES DE CADA INSPECCION

1.- INSPECCION "A"





Operaciones, T. Normal

Mecánico	12	126.5'
Electricista	14	127'
Total	26	253.5'

2.- INSPECCION "B"

SISTEMA MECANICO

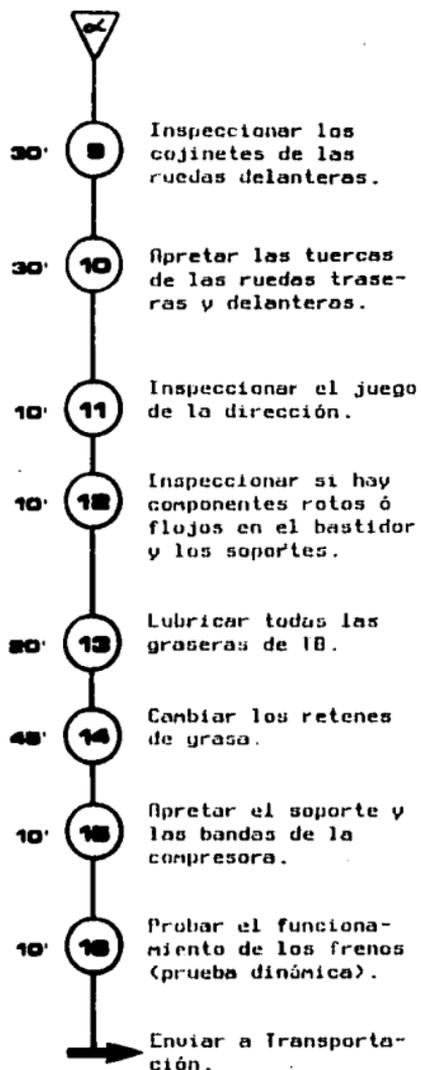
- 10' (1) Verificar ajuste de brazos pitman y biela de dirección.
- 10' (2) Apretar tornillos de la caja de dirección
- 5' (3) Apretar el pasador del perno del mango.
- 50' (4) Inspeccionar: balatas, resortes, excentricos, zapatas y tambores.
- 20' (5) Verificar ajuste de las juntas universales y cojinetes del piñón.
- 10' (6) Verificar si hay pérdidas de aceite alrededor de la cubierta del diferencial.
- 10' (7) Verificar que los bujes, cartabones y muelles de los columpios no estén flojos o desgastados.



SISTEMA ELECTRICO

- 10' (1) Revisar el desgaste de los dedos de contacto, así como los cables del control maestro.
- 10' (2) Limpiar con aire seco todos los contactores así como los relevadores y el banco de resistencias.
- 10' (3) Verificar el desgaste de los carbones de contacto del motor.
- 20' (4) Drenar los conductos de la armadura del motor de tracción.
- 20' (5) Probar el funcionamiento del sistema eléctrico en general.



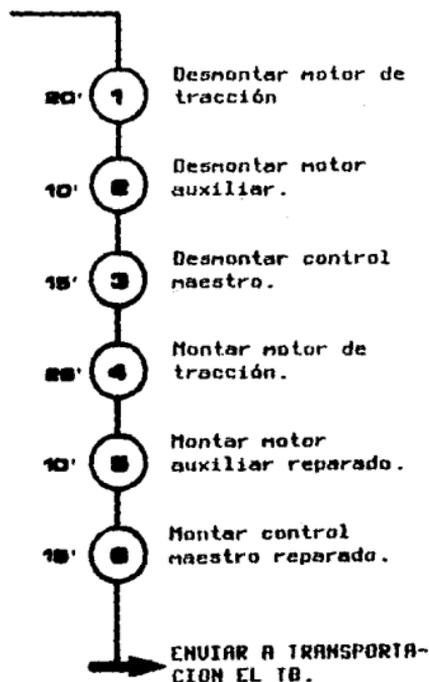


Resumen de tiempos

Operaciones T. Normal

Mecánico	16	320'
Electricista	8	80'
Total	24	400'

3. INSPECCION "C". INCLUYE LAS OPERACIONES 1,3,4
5,6,7,8,9 Y 14 A 26 DE LA INSPECCION "A" Y ADENAS
LAS QUE A CONTINUACION SE ENUMERAN QUE PUEDEN SER
EJECUTADAS INDEPENDIENTEMENTE.



Total: 95'

5.4- Resúmenes de tiempos normales

Para el cálculo de los tiempos normales se tomará como base el mayor entre el sistema eléctrico o mecánico.

1) Inspección diaria:		14.55'
2) Inspección "A":	Sistema eléctrico	127.00'
	Tiempo para completar sistema mecánico	29.50'
	TOTAL	156.50'
3) Inspección "B":	Sistema eléctrico	80.00'
	Tiempo para completar sistema mecánico	248.00'
	TOTAL	328.00'
4) Inspección "C":	Operaciones de "C"	95.00'
	* Completar operaciones de "A"	141.00'
	TOTAL	236.00'

* 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 14 a 26 (236')

5.5- Calificación de la actuación

Para la calificación de la actuación nos basaremos en el método Westinghouse. A continuación se describe de manera breve el criterio para calificar la actuación así como el método Westinghouse:

La calificación de la actuación es una técnica para determinar con equidad el tiempo requerido para que el operario normal ejecute una tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio. No existe ningún método universalmente aceptado para calificar actuaciones, aun cuando la mayoría se basen primordialmente en el buen criterio del analista.

Para el caso de un ciclo largo (más de 30 min.) y que el ciclo esté compuesto por varios elementos, habrá que evaluar periódicamente la actuación y tratar de evaluar el ciclo de manera global.

El sistema Westinghouse es de los sistemas más utilizados y se basa en los cuatro factores siguientes:

- 1) Habilidad. "Destreza para ejecutar un método de trabajo dado". La habilidad o destreza de un operario se determina por su experiencia y sus aptitudes inherentes, como coordinación natural y ritmo de trabajo. Según el sistema Westinghouse existen seis grados o clases de habilidad asignables a operarios y que representan una evaluación aceptable. Estos grados se presentan en la tabla siguiente:

TABLA NUMERO 3

Habilidad o Destreza

<u>Equivalencia numérica (%)</u>	<u>Clave</u>	<u>Habilidad</u>
+ 0.15	A1	Extrema
+ 0.13	A2	Extrema
+ 0.11	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Buena
+ 0.03	C2	Buena
0.00	D	Regular
- 0.05	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Deficiente
- 0.22	F2	Deficiente

- 2) Esfuerzo. "Demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia". Igual que en el caso de la habilidad pueden distinguirse seis clases de esfuerzo, mostrados en la tabla siguiente:

TABLA NUMERO 4

Esfuerzo

<u>Equivalencia numérica (%)</u>	<u>Clave</u>	<u>Esfuerzo</u>
+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular
- 0.04	E1	Aceptable
- 0.08	E2	Aceptable
- 0.12	F1	Deficiente
- 0.17	F2	Deficiente

3) Condiciones. "Ambiente de trabajo donde se desempeñan las operaciones a calificar". Las condiciones a las que a continuación se hace referencia, son aquellas que afectan al operario y no a la operación. Los elementos que afectan a las condiciones de trabajo son: temperatura, ventilación, luz y ruido. Las operaciones que afectan a la operación, como herramientas o materiales en malas condiciones, no se tomarán en cuenta cuando se aplique a las condiciones de trabajo el factor de actuación. Los valores respectivos para dichas condiciones se dan en la tabla siguiente:

TABLA NUMERO 5

Condiciones

<u>Equivalencia numérica (%)</u>	<u>Clave</u>	<u>Condiciones</u>
+ 0.06	A	Ideales
+ 0.04	B	Excelentes
+ 0.02	C	Buenas
0.00	D	Regulares
- 0.03	E	Aceptables
- 0.07	F	Deficientes

- 4) Consistencia. "Repetición continua de los tiempos normales en cada ciclo observado". Los valores elementales que se repiten constantemente indican, desde luego, consistencia perfecta. Tal situación ocurre muy raras veces por la tendencia a la dispersión debida a las muchas variables, como dureza del material, afilado de la herramienta de corte, lubricante, habilidad, empeño, lecturas erróneas del cronómetro y presencia de elementos extraños. No puede darse una regla general para la aplicabilidad de la tabla de consistencias. La determinación de la calificación debe basarse en gran parte en el conocimiento que el analista tenga acerca del trabajo.

TABLA NUMERO 6

Consistencia

<u>Equivalencia numérica (%)</u>	<u>Clave</u>	<u>Condiciones</u>
+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.03	B	Excelente
+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Regular
- 0.02	E	Aceptable
- 0.04	F	Deficiente

Una vez que se han asignado la habilidad, el esfuerzo, las condiciones y la consistencia de la operación y se han establecido sus valores numéricos equivalentes, el factor de actuación se determina combinando algebraicamente los cuatro valores y agregando su suma a la unidad.

5.5.1- Calificación de la actuación en las inspecciones diarias, A, B y C

Basándose en las tablas 3, 4, 5 y 6 y una muestra de 100 operarios, los resultados son los siguientes:

TABLA NUMERO 7

Calificación de la actuación

<u>Factor</u>	<u>Tipo de Inspección</u>			
	<u>Diaria</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
1) HABILIDAD	+ 0.06(C1)	+ 0.03(C2)	+ 0.08(B2)	+0.06(C1)
2) ESFUERZO	+ 0.08(B2)	+ 0.00(0)	+ 0.00(0)	+0.00(0)
3) CONDICIONES	+ 0.00(0)	+ 0.02(C)	+ 0.02(C)	+0.02(C)
4) CONSISTENCIA	+ 0.03(B)	+ 0.01(C)	+ 0.03(B)	+0.01(C)
SUB-TOTAL	0.17	0.06	0.13	0.09
(+ 1.0) TOTAL	1.17	1.06	1.13	1.09

5.5.2- Tolerancias.

Las tolerancias es un valor que se aumenta al tiempo normal de una operación con el objeto de tomar en cuenta los incrementos en el proceso productivo debido a la fatiga, demoras personales y los retrasos inevitables. Para evaluar las inspecciones diaria, A B y C el cálculo se basará en la tabla tabulada por la Oficina Internacional del trabajo (OIT), y cuya aplicación consta básicamente de escoger un valor en porcentaje a criterio del analista y aumentárselo al tiempo normal.

Márgenes o tolerancias (Oficina Internacional del Trabajo)

A. Tolerancias constantes:	%
1. Tolerancia personal	5
2. Tolerancia básica por fatiga	4
B. Tolerancias variables:	
1. Tolerancia por estar de pie	2
2. Tolerancia por posición no normal:	
a) Ligeramente molesta	0
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7
3. Empleo de fuerza o vigor muscular (para levantar, tirar de, empujar):	
Peso levantado (kilogramos y libras, respectivamente)	
2.5; 5	0
5; 10	1
7.5; 15	2
10; 20	3
12.5; 25	4
15; 30	5
17.5; 35	7
20; 40	9
22.5; 45	11
25; 50	13
30; 60	17
35; 70	22
4. Alumbrado deficientes:	
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0
b) Muy inferior	2
c) Sumamente inadecuado	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad) - variables	0-10

6. Atención estricta:	
a) Trabajo moderadamente fino	0
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo	0
b) Intermitente-fuerte	2
c) Intermitente-muy fuerte	5
d) De alto volumen-fuerte	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso moderadamente complicado	1
b) Proceso complicado o que requiere amplia atención	4
c) Muy complicado	8
9. Monotonía:	
a) Escasa	0
b) Moderada	1
c) Excesiva	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso	0
b) Tedioso	2
c) Muy tedioso	5

El tiempo productivo diario normal en esta clase de actividad puede ser de 400 min. El margen por fatiga considerado por el periodo de descanso de 20 min sería entonces de 20/400, o sea, 5%. Por lo tanto, futuros estándares en esta área contendrán una tolerancia por fatiga de 8% menos 5%, o sea, de 3%.

Para el cálculo de la inspección diaria se tomarán en cuenta las tolerancias siguientes:

TABLA NUMERO 9

Inspección

<u>Tolerancia</u>	<u>Diaria</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
A CONSTANTES				
1. Personal	5	5	5	5
2. Básica por fatiga	4	4	4	4
B VARIABLES				
1. Por estar de pie	2	2	2	2
2. Empleo de fuerza (levantar, empujar, etc) Peso levantado (Kg):				
5	-	1	1	1
7.5	-	-	-	2
3. Alumbrado deficiente				
a) Muy inferior a lo recomendado	-	2	2	2
4. Condiciones atmosféricas	5	-	-	-
TOTAL	16%	14%	14%	16%

5.6- Tiempos estándar por inspección

Fórmula para el cálculo:

$$TS = TN(FA) + TN(t)$$

donde: TS = TIEMPO ESTANDAR

TN = TIEMPO NORMAL

FA = FACTOR DE ACTUACION

t = TOLERANCIA

Tiempos estándar por inspección:

TABLA NUMERO 10

Inspección

<u>Elementos del TS</u>	<u>Diaria</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
1) TN	14.55'	156.5'	328.0'	236'
2) FA	1.17	1.06	1.13	1.09
3) t	16%	14%	14%	16%
4) TS (min)	19.35'	187.8'	410.9'	295'
5) TS (hr)	0.322	3.13	6.84	4.91

CAPITULO VI

6.- Sistema de mantenimiento correctivo

6.1- Planeación

En la parte referente al mantenimiento correctivo se tomará como base las diez principales fallas que se detectaron por medio de la estadística. Cada falla de un componente del trolebús se clasificará dentro del sistema a que corresponda; por ejemplo, las balatas quedarán incluidas dentro del sistema de frenos, un trole doblado o roto quedará incluido en el sistema de troles, etc.

Las fallas las clasificaremos de la siguiente manera:

1. Mecánicas.- Todos los componentes que formen parte del sistema, en que no intervenga la fuerza eléctrica.
2. Carrocería.
3. Eléctricas-electrónicas.
 1. Mecánicas.
 - 1.1) Sistema de frenos
 - 1.2) Sistema de ruedas
 - 1.3) Dirección
 2. Carrocería.
 - 2.1) Sistema troles
 - 2.2) Sistema puertas
 - 2.3) Hojalatería y pintura
 3. Eléctrico-electrónico.
 - 3.1) Batería
 - 3.2) Sistema Luces
 - 3.3) Contactor principal
 - 3.4) Motor auxiliar
 - 3.5) Control maestro
 - 3.6) Banco de resistencias de frenado

- 3.7) Fusible principal
- 3.8) Reactor principal
- 3.9) Control Chopper
- 3.10) Convertidor de corriente continua

6.1.2- Medición del tiempo para el mantenimiento correctivo

Uno de los principales problemas a que se enfrenta el mantenimiento es poder establecer la duración de sus actividades inherentes, ya que no se puede determinar con exactitud debido a que muchas veces de una reparación se desprende otra u otras y no siempre son las mismas, además de que el grado de complejidad puede variar.

Las aplicaciones de la ingeniería industrial nos indican que en primer lugar es necesario normalizar las actividades de mantenimiento, clasificando las principales fallas y determinando cuáles serían las posibles reparaciones que se deberían ejecutar.

Una vez normalizadas las actividades, se puede proceder por varias alternativas; muestreo de trabajo, tiempos predeterminados, etc. Sin embargo, en el caso del mantenimiento de los trolebuses, dada la complejidad de la organización necesaria para aplicar estas técnicas, la determinación del tiempo se basará en la experiencia de los supervisores de mantenimiento del S. T. E., aunada a las consideraciones siguientes en cuanto a tolerancia y factor de actuación:

Factor de actuación: 1.05

Margen de tolerancia: 14%

Cabe aclarar que estos valores fueron obtenidos con la misma metodología que en el capítulo 5.

5.2- Normalización de las reparaciones

Reparaciones mecánicas

1. Sistema de frenos

Operaciones	<u>T Estimado</u>		<u>T Estándar</u>	
	<u>Min</u>	<u>Hr</u>	<u>Min</u>	<u>Hr</u>
1.1 Prueba del compresor y reparación del mismo				
01 Reemplazo de motor quemado	25	0.41	29.75	0.5
02 Lubricación del compresor	60	1.00	71.4	1.19
03 Reemplazo de válvulas	90	1.5	107.1	1.78
04 Revisión y reemplazo de anillos rotos	120	2.00	142.8	2.38
05 Reemplazo de juntas gastadas o rotas	60	1.00	71.4	1.19
06 Reemplazo o ajuste de cabeza	90	1.5	107	1.78
07 Reemplazo o reparación de filtro	90	1.5	107	1.78
08 Reemplazo de manómetro	35	0.58	41.65	0.70
09 Reparación o ajuste de manómetro	45	0.75	53.55	0.90
10 Revisión y reparación de la tubería	50	0.83	59.7	1.00
11 Reemplazo de banda de motor	20	0.33	23.8	0.40
12 Revisión y reparación de uniones, codos y "Tees"	60	1.00	71.4	1.19
13 Reemplazo de carbones gastados del motor	20	0.33	23.8	0.40

	<u>T Estimado</u>		<u>T Estándar</u>	
	<u>Min</u>	<u>Hr</u>	<u>Min</u>	<u>Hr</u>
14 Reemplazo de los recipientes de aire	90	1.5	107.0	1.78
15 Calibrar gobernador	20	0.33	23.8	0.40
16 Revisar y reparar fugas en el gobernador	35	0.58	41.65	0.70
17 Reemplazar gobernador	30	0.5	35.7	0.60
1.2 Prueba de mecanismos de frenado				
01 Ajuste de balatas	30	0.5	35.7	0.60
02 Reemplazo de balatas	45	0.75	53.55	0.90
03 Limpieza de zapatas	15	0.25	17.85	0.30
04 Cambio de resortes y exéntricos	60	1.00	71.4	1.19
05 Cambio de juntas	60	1.00	71.4	1.19
06 Lavado de masas	90	1.5	107.0	1.78
07 Reemplazar rotocámaras	120	2.00	142.8	2.38
Reparación total del sistema (sólo en caso de que se presentaran todas las operaciones)				27.01

2. Sistema de ruedas

2.1 Llantas

	<u>T Estimado</u>		<u>T Estándar</u>	
	<u>Min</u>	<u>Hr</u>	<u>Min</u>	<u>Hr</u>
01 Reemplazar una llanta ponchada exterior	30	0.5	35.7	0.6
02 Reemplazar una llanta ponchada interior	35	0.58	41.68	0.7
03 Revisión y reemplazo de balero	90	1.5	107.0	1.78
04 Reemplazar un birlo roto	20	0.33	23.8	0.40
05 Inflar llanta baja	5	0.08	6.0	0.10
TOTAL				3.58

3. Sistema de dirección

01 Ajustar dirección	150	2.5	178.5	2.97
02 Reemplazar dirección	180	3.0	214.2	3.57
03 Reemplazar baleros	120	2.0	142.8	2.38
TOTAL				8.92

4. Carrocería

4.1 Sistema de troles

4.1.1 Carbones

	<u>T Estimado</u>		<u>T Estándar</u>	
	<u>Min</u>	<u>Hr</u>	<u>Min</u>	<u>Hr</u>
01 Revisar y reemplazar carbón	20	0.33	23.8	0.40
02 Reemplazar portacarbón	35	0.58	41.65	0.70
03 Reemplazar conexiones	25	0.41	29.75	0.50
04 Aislar conexiones rotas o peladas	15	0.25	17.85	0.30
TOTAL				1.9

4.1.2 Trole

01 Reemplazar trole doblado o roto	50	0.83	59.5	1.00
02 Alinear trole	20	0.33	23.8	0.40
03 Reemplazar retrigger (carrete de cuerda tensora) roto o dañado	30	0.5	35.7	0.60
04 Reemplazar cuerda rota	10	0.16	11.9	0.19
05* Reemplazar fusible principal	20	0.33	23.8	0.40
TOTAL				2.59

* Sólo en los TB S*500T

4.2	Sistema de puertas	T Estimado		T Estándar	
		Min	Hr	Min	Hr
01	Reemplazar cilindro de aire dañado	60	1.0	71.4	1.19
02	Reemplazar conexiones o tubería dañada	90	1.5	107.0	1.78
03	Reemplazar "Booster"	90	1.5	107.0	1.78
04	Reparar riel	60	1.0	71.4	1.19
05	Reparar engranes (2)	30	0.5	35.7	0.60
06	Reemplazar riel	60	1.0	71.4	1.19
07	Reemplazar engranes (2)	30	0.5	35.7	0.60
08	Reemplazar una puerta	70	1.16	83.3	1.38
	TOTAL				8.5

4.3	Carrocería en general	T Estimado		T Estándar	
		Min	Hr	Min	Hr
01	Reemplazar un espejo roto o doblado	10	0.16	11.9	0.19
02	Reemplazar una unidad de luz trasera o delantera	15	0.25	17.85	0.30
03	Reemplazar parabrisas roto	35	0.58	41.68	0.70
04	Reemplazar vidrio roto	25	0.41	29.75	0.50
05	Reemplazar asiento roto	45	0.75	53.55	0.90
06	Reemplazar direccional rota	20	0.33	23.0	0.40
07	Reemplazar defensa doblada	70	1.16	83.3	1.38
08	Reemplazar brazo de limpiadores	15	0.25	17.85	0.30
	TOTAL				4.67

-5. Sistema Eléctrico-electrónico

	<u>T Estimado</u>		<u>T Estándar</u>	
	<u>Min</u>	<u>Hr</u>	<u>Min</u>	<u>Hr</u>
5.1 Bateria				
01 Revisar y reemplazar generador	45	0.75	53.55	0.90
02 Reemplazar cables de batería rotos	15	0.25	17.85	0.30
03 Reemplazar terminales	30	0.5	35.7	0.60
04 Reemplazar batería completa	10	0.16	11.9	0.19
	TOTAL			1.99
5.2 Sistema luces				
01 Revisar batería	5	0.08	6.0	0.10
02 Revisar y reemplazar foco de servicio interior	10	0.16	11.9	0.19
03 Revisar y reemplazar switch malo	25	0.41	29.75	0.50
	TOTAL			0.79

5.3 Contactores principales

	<u>T Estimado</u>		<u>T Estándar</u>	
	<u>Min</u>	<u>Hr</u>	<u>Min</u>	<u>Hr</u>
01 Reemplazar contacto gastado	25	0.41	29.75	0.50
02 Reemplazar resorte sin presión	35	0.58	41.65	0.70
03 Reparar o ajustar armadura	30	0.5	35.7	0.60
04 Reemplazar interlock	25	0.41	29.75	0.50
05 Reemplazar cables gastados o quemados	15	0.25	17.85	0.30
06 Reemplazar bobina dañada	60	1.00	71.4	1.19
07 Ajustar presión del resorte	5	0.08	6.0	0.09
08 Calibrar contacto	10	0.16	11.9	0.19
09 Reemplazar el contactor dañado	45	0.75	53.55	0.90
10 Reemplazar guardachispas quemado	25	0.41	29.75	0.50
	TOTAL			6.37

5.4 Motor auxiliar

01 Revisar y reemplazar carbones	15	0.25	17.85	0.30
02 Reemplazar cables y zapatas dañados	10	0.16	11.9	0.19
03 Desmontar y reemplazar motor dañado	60	1.00	71.4	1.19
	TOTAL			1.68

-5.5 Control maestro

	<u>T Estimado</u>		<u>T Estándar</u>	
	<u>Min</u>	<u>Hr</u>	<u>Min</u>	<u>Hr</u>
01 Ajustar el control maestro	25	0.41	29.75	0.50
02 Ajustar contactos del cilindro de aceleración y frenado	20	0.33	23.0	0.40
03 Reemplazar bobina quemada o rota	60	1.0	71.4	1.19
04 Reemplazar condensadores	40	0.66	47.6	0.80
05 Reemplazar conexiones gastadas	20	0.33	23.0	0.40
06 Reparar mecanismos trabados	25	0.41	29.75	0.50
07 Reemplazar control maestro completo	30	0.5	35.7	0.60
	TOTAL			4.39

5.6 Banco de resistencias de frenado

01 Reemplazar resistencia quemada	10	0.16	11.9	0.19
02 Revisar y reemplazar terminales de porcelanas	5	0.08	6.0	0.10
03 Reemplazar cable quemado	10	0.16	11.9	0.19
04 Reemplazar el banco de resistencias completo	20	0.33	23.0	0.40
	TOTAL			0.88

5.7 Fusible principal

	<u>T Estimado</u>		<u>T Estándar</u>	
	<u>Min</u>	<u>Hr</u>	<u>Min</u>	<u>Hr</u>
01 Reemplazar fusible fundido	25	0.41	29.75	0.50
02 Reemplazar fusible fundido y además limpiar portafusible	35	0.58	41.65	0.70
TOTAL				1.2

5.8 Reactor principal

01 Reemplazar conexión agrietada	10	0.16	11.9	0.19
02 Reemplazar perno de sujeción	15	0.25	17.85	0.30
03 Reemplazar el reactor principal	90	1.5	107.0	1.78
TOTAL				2.27

5.9 Control Chopper

01 Reparar un módulo dañado	60	1.0	71.4	1.19
02 Reemplazar algún módulo	20	0.33	23.0	0.40
03 Reemplazar algún panel quemado	40	0.66	47.6	0.80
04 Reemplazar algún cable de alimentación quemado	15	0.25	17.85	0.30
TOTAL				2.69

5.10 Convertidor de corriente continua

	<u>T Estimado</u>		<u>T Estándar</u>	
	<u>Min</u>	<u>Hr</u>	<u>Min</u>	<u>Hr</u>
01 Reparar algún daño leve en la cubierta	25	0.41	29.75	0.50
02 Apretar alguna terminal suelta	20	0.33	23.0	0.40
03 Reemplazar cable de alimentación a la batería	25	0.41	29.75	0.50
04 Reemplazar algún módulo descompuesto o quemado	20	0.33	23.0	0.40
TOTAL				1.8

6.4 Consideraciones generales para la aplicación de los estándares

- 1) El tiempo estándar que se aplicará estará en función de la falla que al principio se diagnostique por parte del supervisor del taller.
- 2) El tiempo comenzará a correr a partir de que el supervisor asigne la orden de reparación y/o inspección y se marcará en la tarjeta individual de trabajo la hora de comienzo.
- 3) Los tiempos estándar están considerados para un oficial y su ayudante.
- 4) Las reparaciones que surjan a partir de alguna reparación estándar deberán ser notificadas de inmediato al controlador del taller para que se agregue el tiempo utilizado.
- 5) Cuando falte algún material, herramienta, maquinaria o que por alguna causa de fuerza mayor se tengan que suspender las actividades se dará aviso de inmediato al supervisor de taller.
- 6) El tiempo para necesidades personales y fatiga ya está incluido en el tiempo estándar

7.- Control del sistema

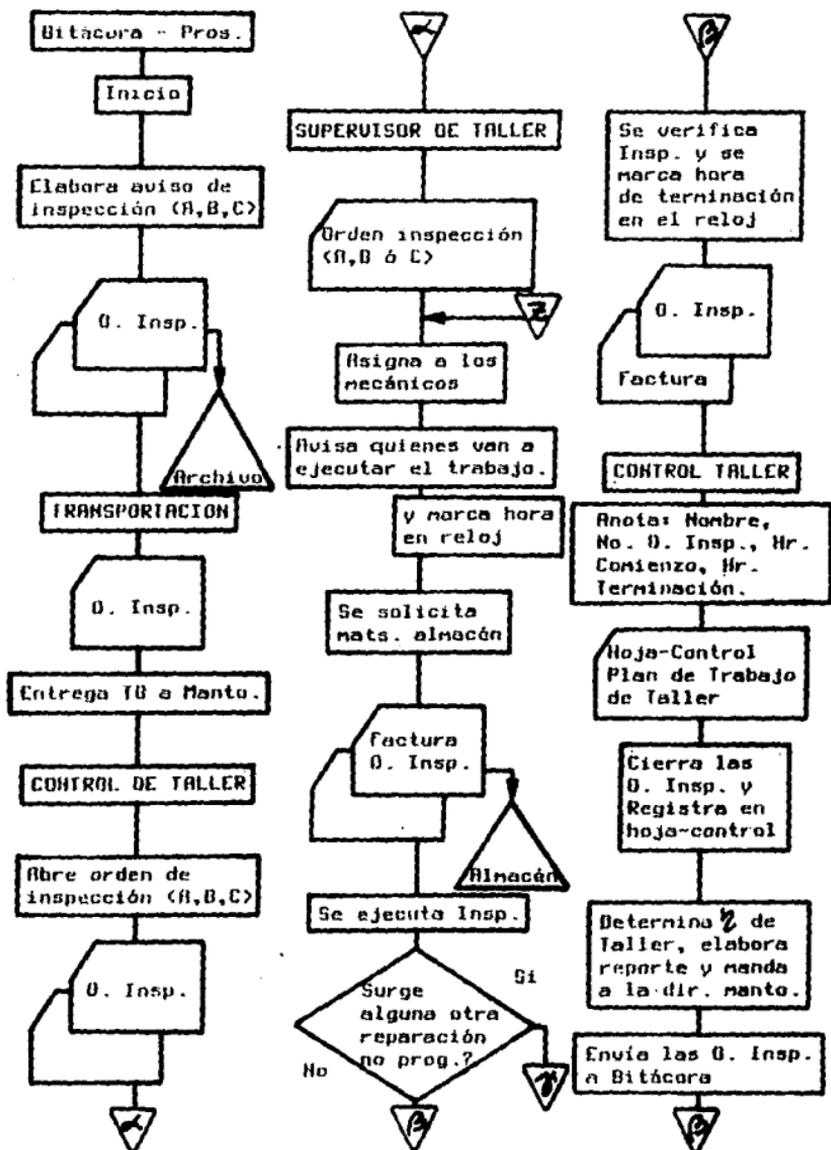
Una vez que se han determinado los tiempos estándar para las inspecciones preventivas y para las principales reparaciones, es necesario implantar los controles que nos lleven a lograr la eficiencia de los talleres. Indicamos a la vez la falta de materiales, herramientas, equipo, así como el ir ajustando los tiempos estándar que se han propuesto; todo esto, con la finalidad principal de mantener el mayor número de unidades al menor costo posible y en las mejores condiciones de servicio.

CAPITULO VII

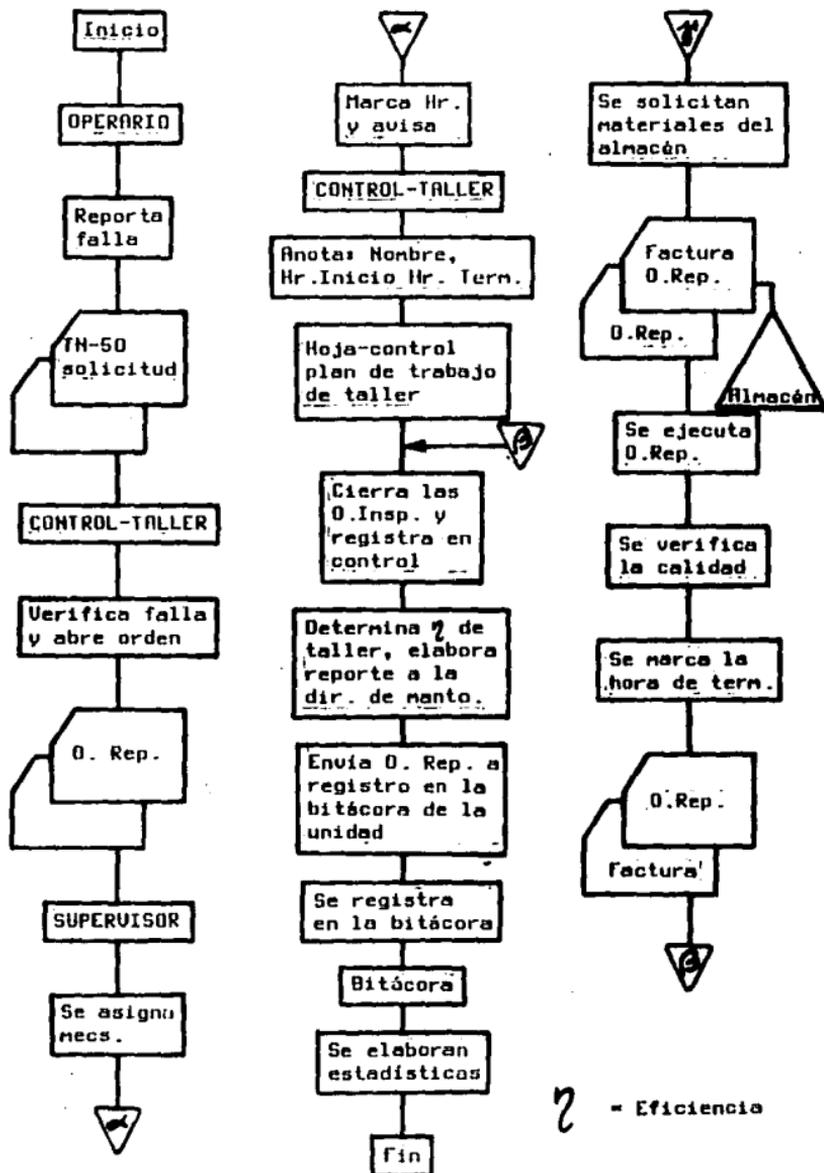
7.- Control del Sistema propuesto

En el presente capítulo se proponen los procedimientos y formatos necesarios para establecer un control de las operaciones tanto del mantenimiento preventivo como el mantenimiento correctivo. Como todo procedimiento administrativo éste también es necesario revisarlo periódicamente para mantenerlo actualizado e irlo adaptando a las necesidades que vayan surgiendo.

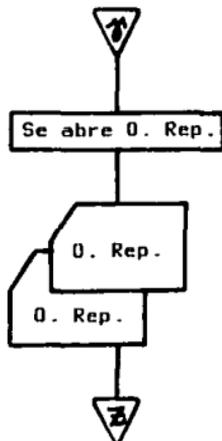
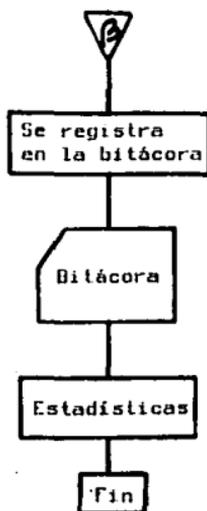
7.1. DIAGRAMA DE FLUJO PROPUESTO PARA ORDENES DE INSPECCION



7.2. DIAGRAMA DE FLUJO PROPUESTO PARA UNA ORDEN DE REPARACION.



? = Eficiencia



7.4. CATALOGO DE FORMATOS

7.4.1. REPORTE DE EFICIENCIA

<input type="checkbox"/>	CONTROL DE TALLERES REPORTE DE EFICIENCIA	No. _____ Fecha _____
Taller _____ C. de costo _____		
Eficiencia Real _____ Ef. Estd. _____ Desu. _____		
Tiempos muertos mats. _____		
Tiempos muertos herrta. _____		
Tiempos muertos fatiga _____		
Tiempos muertos nec. per. _____		
Tiempos muertos otros _____		
Total _____		
No. rep. efect. _____		
No. insp. efect. _____		
No. pendientes insp. _____ Causas _____ Sol. _____		
No. pendientes rep. _____ Causas _____ Sol. _____		
Rechazos por mal func. _____		
Mat criticos faltantes _____		

Observaciones:		

Controlador		

ORDEN DE REPARACION (parte posterior)

MATERIALES UTILIZADOS

Descripción	No. Hale	Trabajos en que fue utilizado

7.4.4. ORDEN DE INSPECCION <DIARIA, A, B Ó C>

<input type="checkbox"/>		ORDEN DE INSPECCION <diaria, A,B,C>		No. _____	Fecha _____		
IB No. _____		Ruta _____		Hr. recibido _____			
Operador _____				Hr. entrega _____			
No.	Operación a Efectuar	Estado		No.	Operación a Efectuar	Estado	
		Bien	No.			Bien	No.
1	Brazos pitman			33			
2	Perno de mango			34			
3	Mecanismo frenos			35			
4	Tanques de aire			36			
5	•			37			
6	•			38			
7	•			39			
8	•						
9	•						
10	↓						
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
						Aprobado	
Hr. terminación _____		Ofc. _____					
		Ayte. _____		Controlador			

Nota: Lo Único que cambiará serán las operaciones a efectuar según sea Diaria, A, B, ó C.

ORDEN DE INSPECCION (parte posterior)

MATERIALES UTILIZADOS		
Descripción	No. Vale	Trabajos en que fué utilizado

7.3 Formatos propuestos

FORMATO	OBJETIVO	USUARIO (S)
Orden de inspección (A, B, C) O. I.	<ol style="list-style-type: none">1. Controlar los trabajos de inspección que ejecuta cada mecánico.2. Controlar las inspecciones que se le efectúan a cada unidad.3. Indicar de qué operaciones consta cada inspección, y el tiempo empleado e irlo ajustando.4. Generar la información sobre los consumos requeridos para cada inspección, e ir ajustando el control de inventarios.5. Control de costos por unidad.	Original: control del taller 4a copia: supervisor-cont. 2a copia: almacén-cont.

FORMATO

Orden de reparación

OBJETIVO

1. Controlar los trabajos de inspección que ejecuta cada mecánico.
2. Indicar qué operaciones se le efectuaron a cada unidad.
3. Indicar el tiempo real empleado para futuros ajustes del
4. Generar la información sobre los consumos requeridos para cada inspección, e ir ajustando el control de inventarios.
5. Control de costos por unidad.

USUARIO (S)

Original: control del taller
4a copia: supervisor-cont.
2a copia: almacén-cont.

FORMATO
Control de taller

OBJETIVO

1. Controlar todas las órdenes (órdenes clasificadas en: abiertas, cerradas y pendientes) de reparación e inspección que ejecuta el personal del taller de mantenimiento.
2. Controlar el tiempo real de las operaciones.
3. Controlar el tiempo muerto por falta de materiales y/o herramientas.
4. Controlar el tiempo muerto por fatiga y/o necesidades personales para futuros ajustes en la tolerancias.
5. Determinar la eficiencia de cada mecánico y la de todo el taller en general.

USUARIO (S)

Original: controlador del taller.
1a copia: contabilidad de costos.

FORMATO

Factura de material
utilizado

OBJETIVO

1. Controlar el material que es utilizado en cada orden de reparación o/e inspección.
2. Suministrar información sobre los consumos de material por orden de reparación o/e inspección y como consecuencia por unidad.
3. Controlar los consumos tanto en reparaciones como en inspecciones.
4. Suministrar información para el control de inventarios.

USUARIO (S)

Original: almacén-contabilidad de costos.

1a copia: mantenimiento.

2a copia: almacén.

FOMATO

Bitácora

OBJETIVO

1. Llevar el historial de cada unidad.
2. Controlar la frecuencia de sus entradas al taller.
3. Controlar su permanencia en el taller.
4. Suministrar información para elaborar las estadísticas de cada falla.
5. Suministrar información para tomar las medidas de mantenimiento correctivo necesarias.
6. Suministrar información para futuros ajustes en los intervalos de mantenimiento preventivo (inspecciones).

USUARIO (S)

Original: control del taller.

FORMATO

Informe de eficiencia de talleres

OBJETIVO

1. Suministrar la información necesaria a la dirección de mantenimiento en cuanto a:
 - a) Eficiencia del taller.
 - b) Tiempo muerto por falta de materiales.
 - c) Tiempo muerto por falta de herramientas.
 - d) Tiempo muerto por necesidades personales.
 - e) Tiempo muerto varios (aclarar).
 - f) No. de reparaciones efectuadas.
 - g) No. de inspecciones efectuadas.
 - h) No. de reparaciones o inspecciones pendientes (aclarar causas).
 - i) Recomendaciones de solución.

USUARIO (S)

Original: Dirección Mantenimiento.
1a copia: control del taller.

CAPITULO VIII

8. Procesamiento electrónico del sistema propuesto

Una vez que se han diseñado los procedimientos manuales necesarios para establecer el control del sistema, se debe contemplar la factibilidad de integrar el mismo al sistema de procesamiento de datos con que se cuenta en la actualidad en el Servicio de Transportes Eléctricos. Básicamente se tendrían que manejar cuatro bases de datos:

- 1) Historial de las unidades.
- 2) Lista de materiales por producto reparado. (Estructura del producto).
- 3) Rutas de reparación.
- 4) Planeación y programación del mantenimiento preventivo.

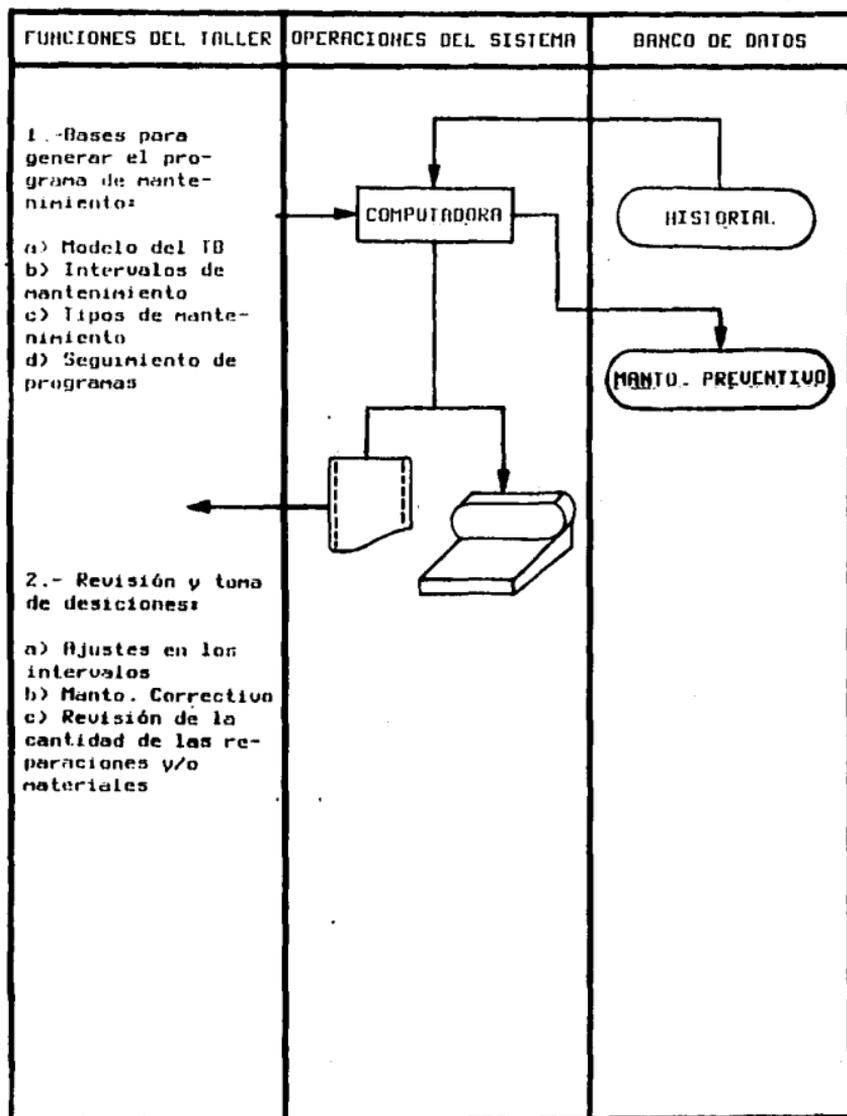
Por lo que se refiere a módulos operativos, sería necesario:

- 1) Liberación y cierre de órdenes de reparación e inspección.
- 2) Control de inventarios.
- 3) Cálculo de requerimientos por tipo de reparación e inspección.

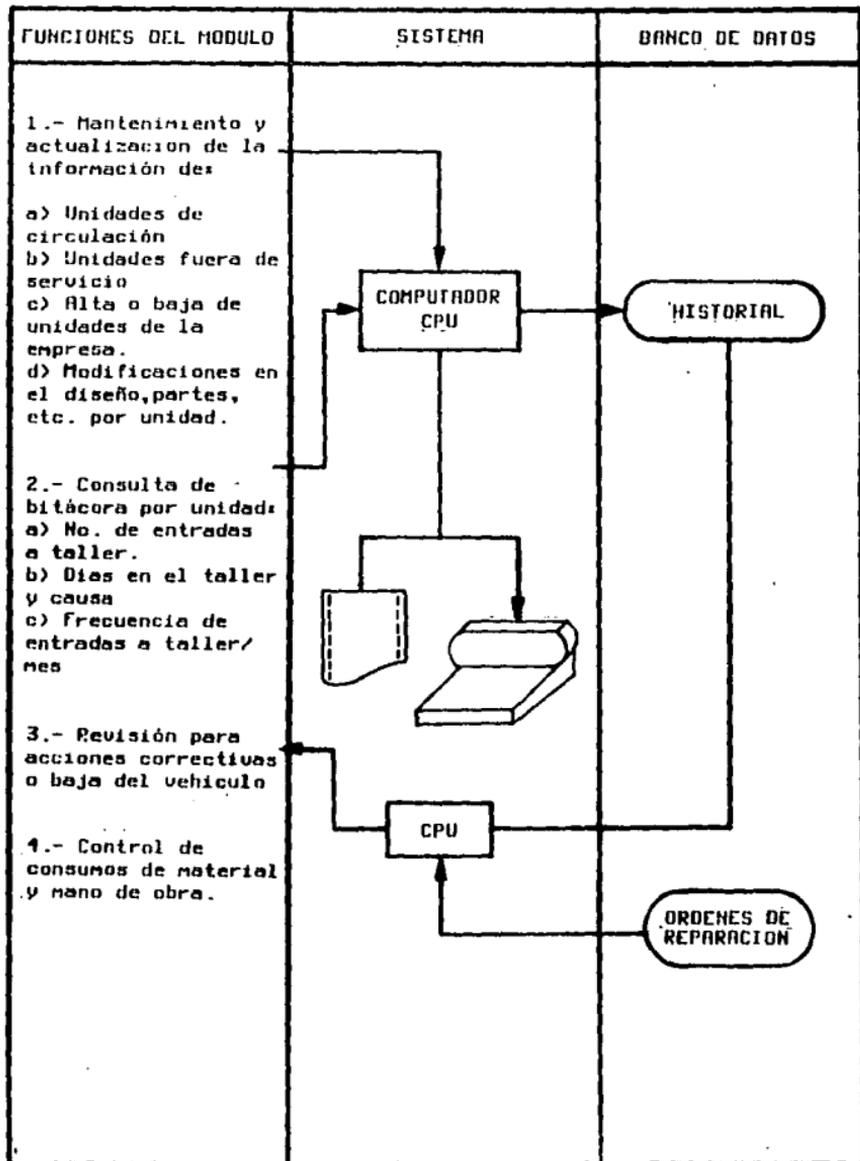
Como se ve, las características del sistema se asemejan mucho a las utilizadas en la producción y especialmente al sistema MRP. (Material Requirement Planning); por lo que se piensa tal vez se pueda adaptar éste a las necesidades del Servicio de Transportes Eléctricos. El análisis del hardware y el software necesario debe hacerse por parte de un especialista en computación. En este capítulo sólo se dejarán sentadas las bases para efectuar el análisis posterior del equipo.

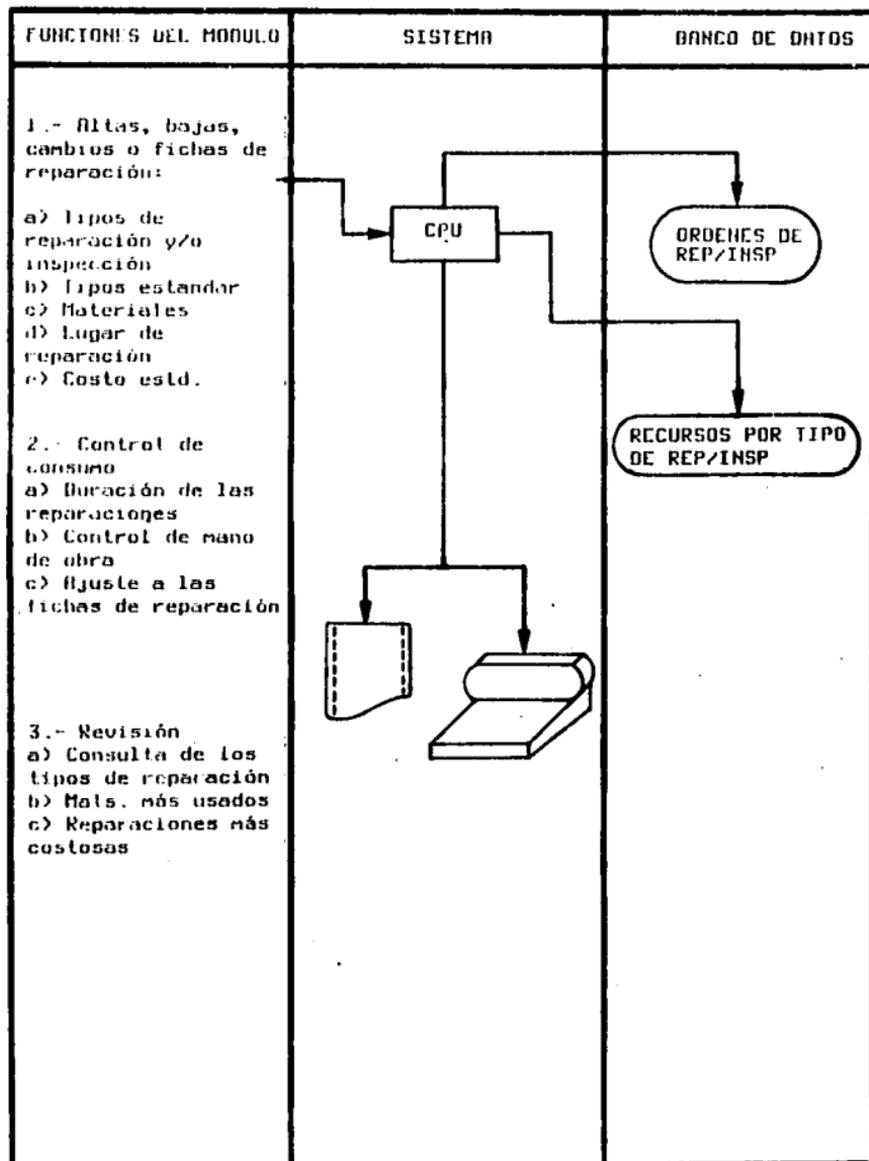
8.1. DESARROLLO Y OPERACION DE LOS MODULOS

8.1.1. MODULO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

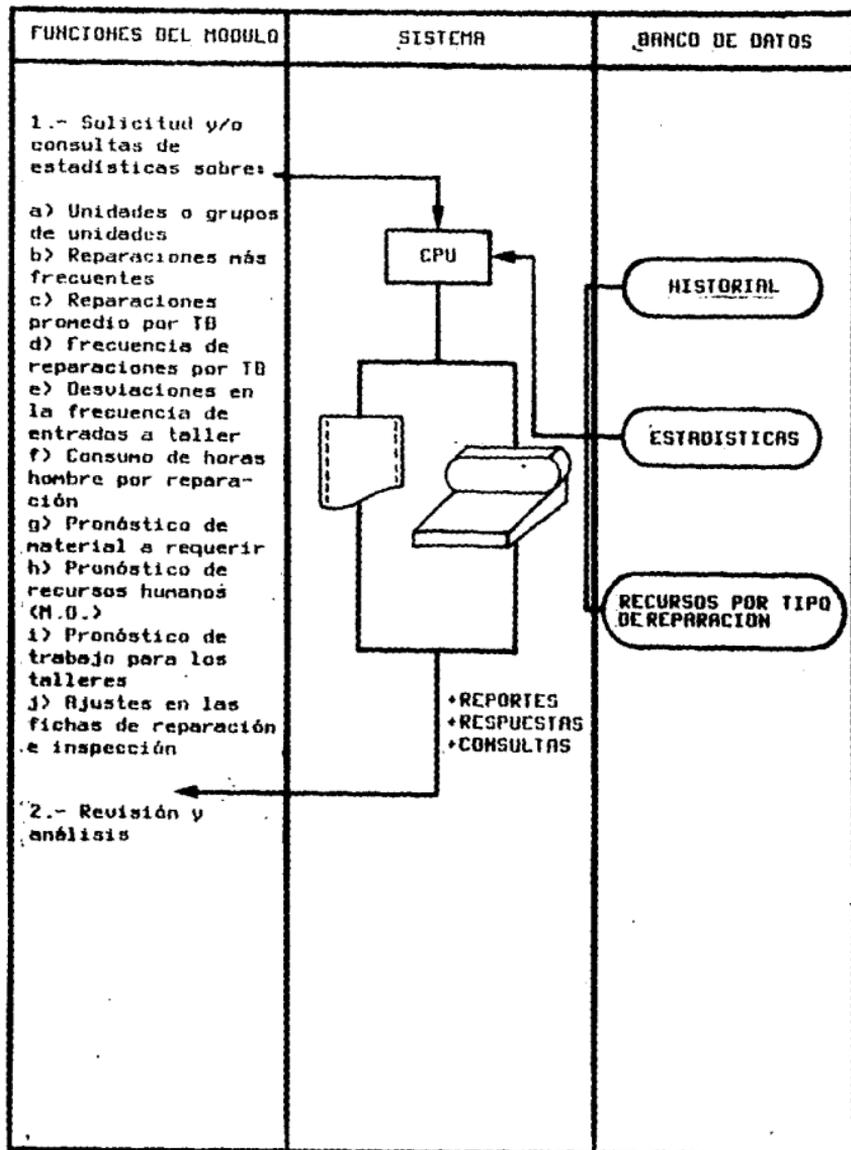


9.1.2. MODULO DE BITÁCORA DE VEHICULO

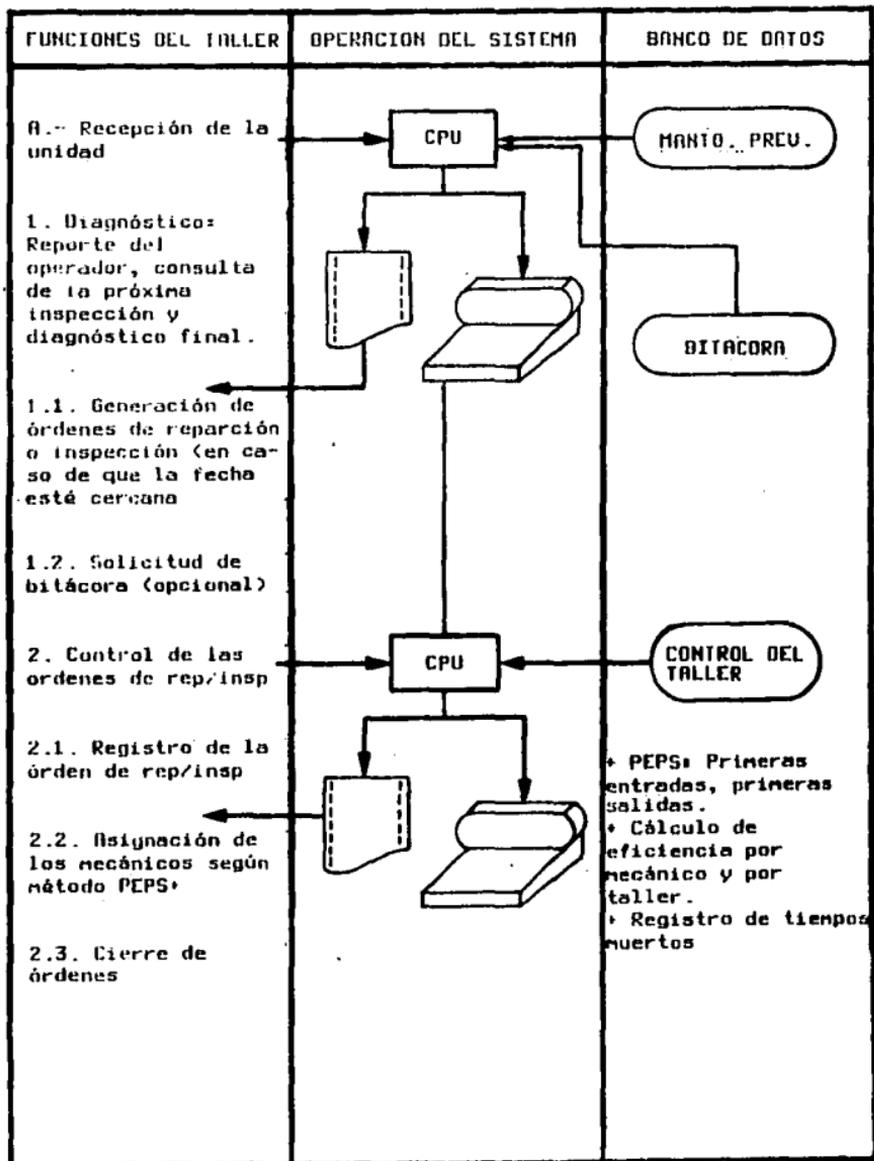


**B.1.3. MODULO DE RECURSOS POR TIPO DE REPARACION/
INSPECCION**


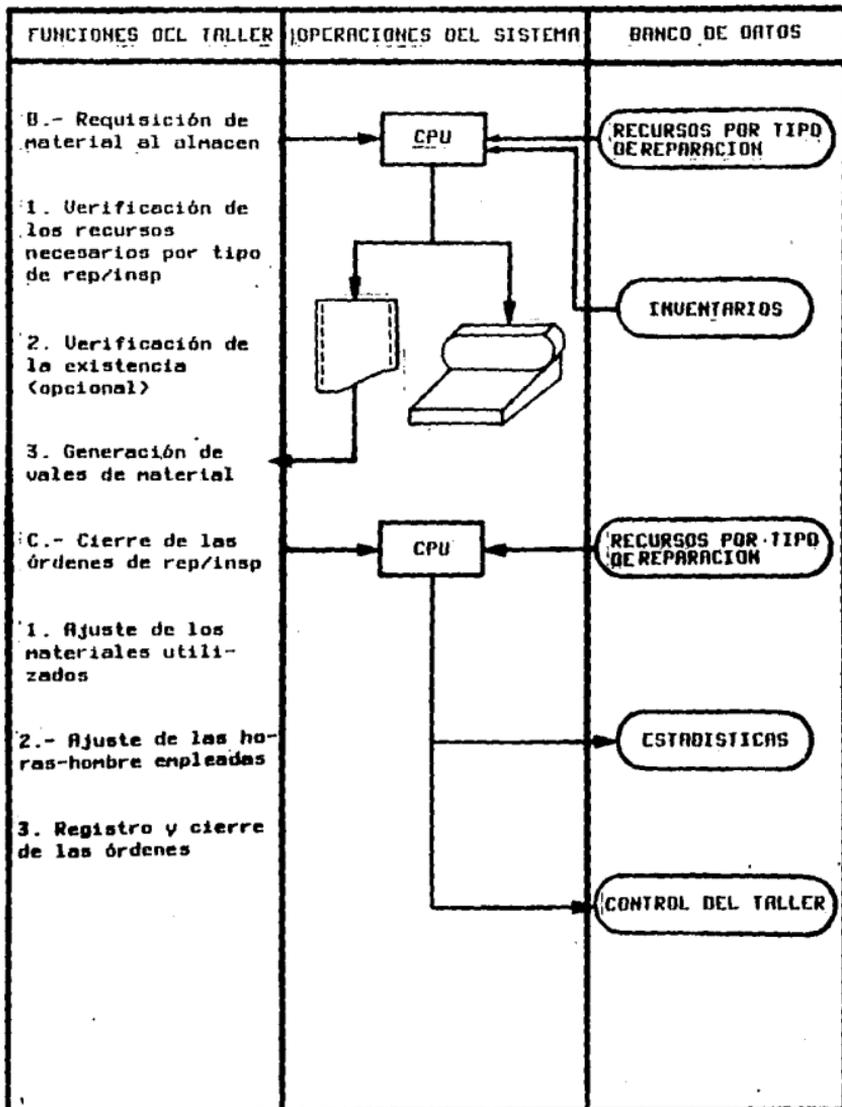
0.1.4. MÓDULO ESTADÍSTICO



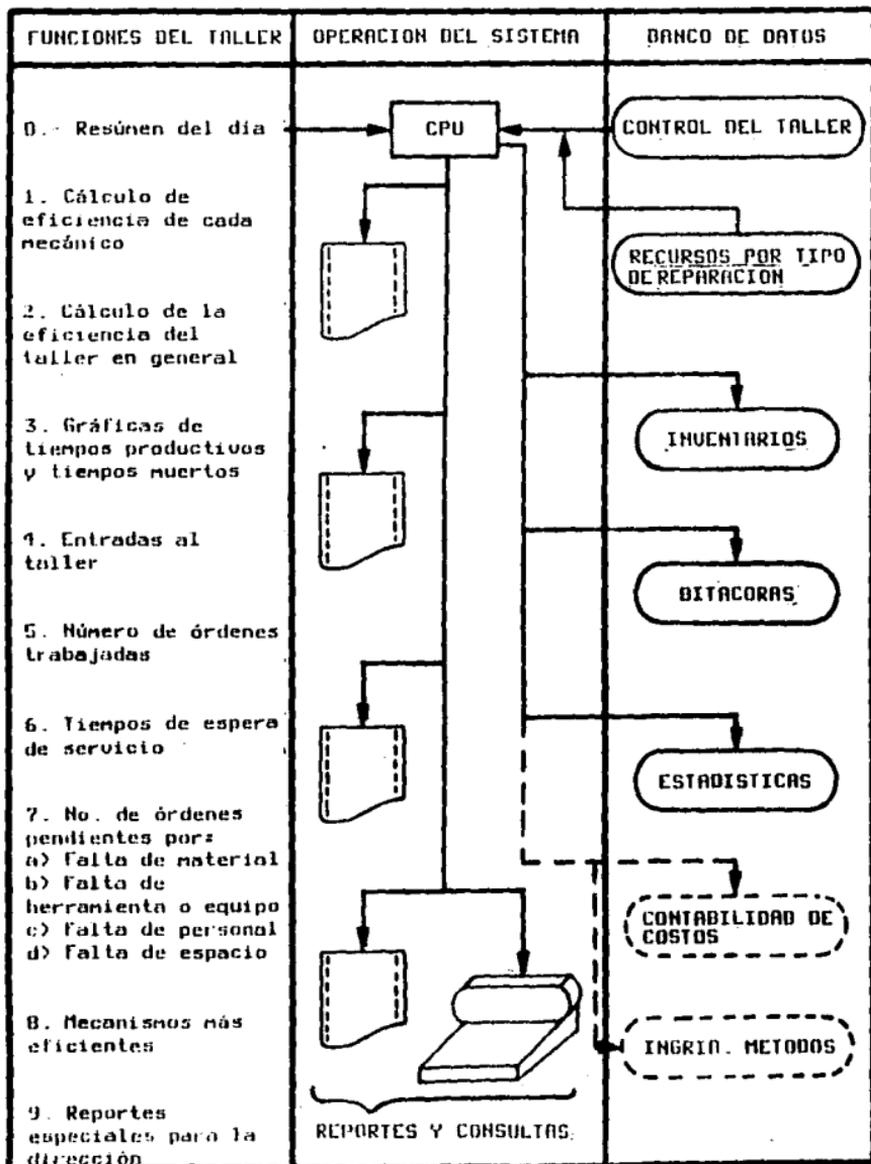
0.1.5. MÓDULOS DE ORDENES DE REP/INSP Y OPERACION GENERAL DEL SISTEMA



0.1.5. MODULOS DE ORDENES DE REP/INSP Y OPERACION GENERAL DEL SISTEMA (cont.)



8.1.5. MODULOS DE ORDENES DE REP/INSP Y OPERACION GENERAL DEL SISTEMA (CONCLUSION)



CAPITULO IX

9.- Evaluación Económica9.1- Costos del sistema actual

Dada la complejidad para obtener datos exactos sobre los costos de operación, se partirá de las estadísticas de las principales fallas que se mencionaron en el capítulo número 5. Para normar el criterio de evaluación de cada sistema (actual vs propuesto), se tomarán las bases que se mencionan en el siguiente inciso.

9.1.1- Bases para el cálculo

1) Número de trolebuses en circulación esperado para 84-87: 300 aproximadamente.

2) Frecuencia de fallas de un trolebús mensualmente:

a) Frenos	=	$\frac{1606}{300}$	=	5.35 \approx 5
b) Batería	=	$\frac{809}{300}$	=	2.7
c) Carbones	=	$\frac{772}{300}$	=	2.6
d) Luces	=	$\frac{644}{300}$	=	2
e) Contactores principales	=	$\frac{460}{300}$	=	1.5
f) Llantas	=	$\frac{443}{300}$	=	1.5
g) Puertas	=	$\frac{414}{300}$	=	1.4

* h) Compresora	=	$\frac{241}{300}$	=	0.8 \approx 1
* i) Motor auxiliar	=	$\frac{205}{300}$	=	0.7 \approx 1
* j) Control maestro	=	$\frac{200}{300}$	=	0.6 \approx 1

* 1 sólo para efectos de cálculo.

3) Sueldo de los operarios.

	<u>Mensual</u>	<u>Diario (30 días)</u>	<u>Por hora</u>
a) Operario	\$ 50,000.00	\$ 1666.66	\$ 208.33
b) Ayudante	\$ 40,000.00	\$ 1333.33	\$ 166.66
TOTAL	\$ 90,000.00	\$ 3000.00	\$ 375.00

9.1.2- Costo del mantenimiento correctivo

Tomando como base las 10 fallas que más se presentan en un mes, se obtendrán los datos para evaluar los costos del mantenimiento correctivo, tomándose para ello la de mayor tiempo de reparación, según la clasificación hecha en el capítulo 6. Esto es debido a lo complejo y costoso de obtener (a corto plazo) la estadística en detalle para cada reparación según el sistema a que corresponda. En lo que se refiere a los gastos indirectos se le aplicará un porcentaje del 15% mismo que fue proporcionado por el área de contabilidad. En la tabla 9.1 se muestran los cálculos para obtener el costo de mantenimiento correctivo.

Tabla 9.1 Costos directos

TIPO DE FALLA	I	II *	III	IV		V	TOTAL MES
	T ESTD	MANO DE OBRA	MATERIALES	TOTAL	FREC	GASTOS INDRTS	
1. Frenos	2.38	\$ 900	\$ 14400	\$ 18000	5	\$ 2700	\$ 90000
2. Bateria	0.9	340	5450	6780	2.7	990	18306
3. Carbones	0.7	270	4320	5380	2.6	790	14000
4. Luces	0.79	300	4800	5970	2	870	11940
5. Contactores principales	1.19	450	8000	9810	1.5	1360	14720
6. Llantas	1.78	670	10800	13420	1.5	1950	19860
7. Puertas	1.78	670	10000	12270	1.4	1600	17200
8. Compresora	1.78**	670	15000	18340	1	2670	18340
9. Motor auxiliar	1.19	450	7200	8950	1	1300	8950
10. Control maestro	1.19	450	9500	11650	1	1700	11650
TOTAL						\$ 224966	*****

II* = \$ 375 x T ESTD

148

9.1.3- Costo del mantenimiento preventivo

Como se indicó en el capítulo 4, el mantenimiento preventivo en la actualidad se efectúa cada dos meses aproximadamente. No se cuenta con algún dato exacto sobre los tiempos de inspección ni materiales que se emplean; sin embargo, se sabe que para cada inspección se llevan al menos 6 horas (1 turno). Para el cálculo del costo de los materiales que se utilizan partiremos del supuesto que debe de ser menor que el del mantenimiento correctivo (80% aproximadamente), por lo que se estima que sea alrededor de un 70% del valor total de la inspección. Haciendo los cálculos correspondientes el resultado sería:

a) Mano de obra = Sueldo/hr x turno = (375) x (8) =	3000.00
b) Materiales	\$ 14,000.00
c) Gastos Indirectos	\$ 3,000.00
	<u> </u>
TOTAL	\$20,000.00
d) Costo mensual	\$ 20,000.00 ÷ 2 = \$ 10,000.00

Aunque el costo del mantenimiento preventivo es poco efectivo debido al alto costo que tiene el mantenimiento correctivo.

9.1.4- Costo total del sistema actual

Mant. Correctivo	224 966/mes	
Mant. Preventivo	10 000/mes	
TOTAL	234 966/mes	= \$ 2,819,592.

9.2 Costo del sistema propuesto

Para evaluar el mantenimiento preventivo y correctivo se utilizará la información obtenida en el capítulo 5 y 6 respectivamente.

9.2.1 Costo del mantenimiento correctivo.

El hecho de que se cuente con un sistema formal de mantenimiento trae como consecuencia lógica que en primer lugar aumente la eficiencia de los talleres, pues se podrá contar con un banco de datos que servirá para saber qué tipo de falla es la que más se presenta e incluso no permitir que se presente; durabilidad de los materiales; se podrá planificar mejor la fabricación, reparación y compra de refacciones, etc. Esto aunado al hecho de contar con un mantenimiento preventivo programado acorde a las recomendaciones del fabricante y a la estadística de las fallas (que se deberá estar retroalimentando de una manera continua) traerá consigo disminución aproximada de 90% de entradas a mantenimiento correctivo. Bajo este supuesto los costos de mantenimiento correctivo del sistema actual quedaría como se muestra en la Tabla 9.2.2.

Tabla 9.2.2 Costo mensual del mantenimiento correctivo

<u>TIPO DE FALLA</u>	<u>COSTO SIST 'ACTUAL</u>	<u>COSTO SIST 'PROPUESTO</u>
1. Frenos	\$ 90,000	\$ 9,000
2. Batería	18,306	1,830
3. Carbones	14,000	1,400
4. Luces	11,940	11,940
5. Contactores	14,720	1,472
6. Llantas	19,860	1,986
7. Puertas	17,200	1,720
8. Compresora	18,340	1,834
9. Motor auxiliar	8,950	895
10. Control maestro	11,650	1,165
		<hr/>
	TOTAL	\$ 22,496

* No se consideran choques ni vandalismo

9.2.3- Costo del mantenimiento preventivo

Para determinar los costos se utilizarán los tiempos estándar de cada inspección obtenidas en la tabla 10 del capítulo 4.

Tabla 9.2.4 Costo anual del mantenimiento preventivo

<u>INSPECCION</u>	<u>T ESTD</u>	<u>M DE O</u>	<u>MAT</u>	<u>G I</u>	<u>VECES AÑO</u>	<u>TOTAL</u>	<u>TOTAL AÑO</u>
1) Diaria	0.322	\$ 120.75	\$ 200	\$ 40	305	\$ 360.75	\$110928
2) "A"	3.13	1173.75	1880	350	8	3403.75	27230
3) "B"	6.84	2565.00	4100	770	4	7435.00	29740
4) "C"	4.91	1841.00	2950	550	4	5341.00	21364

TOTAL ANUAL : \$ 188362

9.2.5- Costo total del sistema propuesto

a) Mantenimiento correctivo	\$ 22,496/mes
b) Mantenimiento preventivo	15,696/mes
•	
	SUB-TOTAL \$ 38,192/mes
c) Inversión inicial necesaria:	
c.1 Equipo (mini-comp. 10 Megas, etc)	3,000,000
c.2 Capacitación del personal	500,000
c.3 TOTAL	3,500.00

9.3- Análisis Económico

El análisis económico estará fundamentado en la técnica de Beneficio/Costo, ya que es una de las técnicas más usadas para la evaluación de proyectos en las empresas públicas. En una empresa de servicio público como lo es el servicio de transportes eléctricos, es necesario enfocar el análisis bajo un punto de vista de beneficio social y no bajo un punto de vista lucrativo. La clasificación de los beneficios, desbeneficios y costos de operación es bastante difícil de estandarizar debido a que se puede interpretar desde diferentes enfoques, lo cual nos puede llevar a caer en criterios subjetivos. En este caso para la comparación del sistema actual contra el propuesto tomaremos a la empresa como beneficiario partiendo del supuesto que al obtener una empresa beneficios, el usuario será también beneficiado cumpliéndose así el objetivo final de la empresa.

Cuadro 9.1 Beneficios, Desbeneficios y Costos

<u>RENEFICIOS</u>	<u>DESBENEFICIOS</u>	<u>COSTOS</u>
<ul style="list-style-type: none">- Mejor servicio al público. Como consecuencia mayor puntualidad y menos ausentismo del usuario.- Aumento de ingresos por ocurrir menos paros en la calle.- Evitar gastos por concepto de arrastre con grúas y transtornos al tráfico.- Debido a la programación del mantenimiento preventivo se evitarán colas para efectuar el mantenimiento preventivo.- Mayor número de unidades en servicio y en buenas condiciones, lo que mejorará la imagen de la empresa.	<ul style="list-style-type: none">- Paros para efectuar el mantenimiento preventivo.- En un principio mayor gasto por inversiones en equipo, capacitación, homogeneizar las unidades, etc.	<ul style="list-style-type: none">- Costos de operación del sistema.

CALCULO DE LOS DESBENEFICIOS

Pérdida del ingreso por concepto del pasaje que se transportaba en el momento del paro.

$$\begin{aligned} P. I &= \text{Precio del pasaje} \times \text{número de paros por mes} \times \text{número de pasajeros} \\ &= 0.6 \times 5 \times 100 = \$ 300/\text{mes} \\ &= \$ 3600/\text{año.} \end{aligned}$$

Pérdida de productividad debido a la gente que llega tarde a su trabajo.

Sueldo mínimo en la Cd. de México: \$ 1038

Espera mínima para otro medio de transporte semejante, a horas pico: 30 mins.

$$\begin{aligned} P. P &= (.125) (1038) (.5hr) (100) \\ &(20) = \$ 129,750/\text{mes} \end{aligned}$$

Costo por remolcar un trolébus: \$ 15,000

Número de veces por mes que tiene que ser remolcado un trolébus: 2

$$\text{Costo por remolque: } \$ 15,000 \times 2 = \$ 30,000.$$

P. R = Pérdida de ingresos para el STE por concepto de tiempo de reparación.

$$\begin{aligned} &\text{Pasajeros transportados/hora} \times \text{Precio del pasaje} \times \text{Tiempo en espera de reparación} \times \\ &\text{Tiempo promedio por reparación (según cap. 6)} \\ &= 91 \times 0.6 \times 4h + 2hr = \$ 327/\text{hr} = \$ 2616/\text{día} \\ &= \$ 52,320/\text{mes} \end{aligned}$$

Total por concepto de Desbeneficios anuales:

a) P. I =	3600
b) P. P =	1 557000
c) P. R =	627840
TOTAL=	2 188440

Para el sistema propuesto, tomaremos como desbeneficio el 10% del actual. Desbeneficios del mantenimiento preventivo con los sistemas actual y propuesto.

$$\begin{aligned} \text{Sistema actual} &= \text{Pérdida/hr} \times \text{Tiempo de Inspección} \times \\ &\text{Frec. Insp.} = (0.6) (91) \times (6) = \\ &\$ 327.6/\text{mes} = 3 931/\text{año} \end{aligned}$$

Sistema propuesto:

<u>INSPECCION</u>	<u>PERDIDA/HR</u>	<u>T STD(HR)</u>	<u>FREC/INSP</u>	<u>COSTO AÑO</u>
Diaría	54.6	0.322	305	5,362
"A"	"	3.13	8	1,367
"B"	"	6.84	4	1,493
"C"	"	4.91	4	1,072
TOTAL				9,294

TABLA 9.3 Comparación del sistema actual contra el
propuesto

	SIST ACTUAL	SIST PROPUESTO
INVERSION INICIAL	-	3 500 000
COSTOS DE OPERACION ANUAL	2 819 592	458 300
BENEFICIOS	9 294	1 969 596
DESBENEFICIOS	2 188 440	218 844
	<u>3 931</u>	<u>9 294</u>
	2 192 371	228 138

Cabe aclarar que lo que para un sistema se considera como un beneficio, para otro se considera como un desbeneficio. Tal es el caso del mantenimiento preventivo; en el sistema propuesto significa un desbeneficio debido a que se tendrá una pérdida por tener que incurrir en él mientras que para el sistema actual significa un beneficio por no tener que incurrir en él. Este análisis del Costo/Beneficio va muy relacionado o más bien es una analogía de lo que en las empresas privadas sería el "Costo de Oportunidad" por invertir en un proyecto y dejar de invertir en otro.

9.3.1- Análisis Costo/Beneficio

Se tomará la vida útil de un trolebús (20 años) como base para el análisis y con una tasa de interés del 50% anual. Es lógico que conforme pasen los años las unidades vayan requiriendo de un mayor mantenimiento correctivo; sin embargo para efectos de cálculo se tomarán los costos de operación uniformes a través de los 20 años de vida útil.

$$\text{CAUE}_{\text{Sist actual}} = 2\ 819\ 592$$

$$\begin{aligned}\text{CAUE}_{\text{Sist propuesto}} &= 3\ 500\ 000(A/P, 20, 50\%) + 458\ 300 \\ &= 3\ 500\ 000(0.5) + 458\ 300 \\ &= 2\ 208\ 300\end{aligned}$$

Diferencia en Beneficios (B)

$$1\ 969\ 596 - 9294 = 1\ 960\ 302$$

Diferencia en Costos (C)

$$\text{CAUE}_{\text{Sist actual}} - \text{CAUE}_{\text{Sist propuesto}} = 2\ 819\ 592 - 458\ 300 = 2\ 361\ 292$$

Diferencia en Desbeneficios (D)

$$2\ 192\ 371 - 228\ 138 = 1\ 964\ 233$$

FORMULA PARA EL CALCULO DE B/C

$$B/C^1 = \frac{\text{Beneficio} + \text{Desbeneficio}}{\text{Costos}}$$

$$B/C = \frac{1\ 960\ 302 + 1\ 964\ 233}{2\ 361\ 202} = 1.6$$

la relación B/C es igual a 1.6 > 1.0 por lo que la inversión en el sistema propuesto es mejor que seguir con el sistema actual.

1 Dependiendo de qué alternativa proporcione mayores beneficios, se suman o se restan los desbeneficios. En este caso el sistema actual tiene además de un menor CAUE una diferencia "a favor" en los desbeneficios, por lo que ésta se suma a la diferencia de los beneficios. N. de A.

CAPITULO X

10.- Conclusiones

La aplicación de las técnicas de la Ingeniería Industrial en el sistema propuesto cumple con el objetivo de la tesis: Establecer un sistema de mantenimiento que permita controlar las operaciones al menor costo y con la mayor eficiencia posible.

Como en la implantación de cualquier sistema, en un principio es lógico que se presente resistencia al cambio y que a la vez surjan desviaciones de lo que se había planeado; pero mientras se parte de bases firmes y bien fundamentadas en la Ingeniería Industrial será más fácil poder implantar el sistema. Conforme vaya pasando el tiempo, las desviaciones se irán corrigiendo; si es necesario se harán modificaciones al sistema. Una de las principales teorías de la Ingeniería Industrial es que todo método o sistema es factible de mejorar.

Siendo el Servicio de Transportes Eléctricos una empresa cuyo principal objetivo es el brindar un servicio a la Ciudad de México y, además, que éste, junto con el agua, el drenaje y la vivienda es de los más importantes para el Departamento del Distrito Federal, es necesario que se empiece a efectuar un cambio en la filosofía de administración de las empresas públicas, aplicando técnicas modernas que las conviertan en empresas eficientes. Así también, es necesario evitar al máximo que los problemas políticos se conviertan en problemas que a la postre dañen la productividad de las empresas; se debe establecer un diálogo abierto con los sindicatos pero a la vez firme en cuanto a las políticas que deberán seguirse para conseguir la eficiencia de la empresa.

Los problemas técnicos se pueden resolver; sin embargo, si no se tiene el recurso humano y la voluntad de éste para lograrlo, la mejor de las planeaciones se viene abajo. Este trabajo no estaría completo si no se mencionara que el elemento principal de un sistema socio-técnico es el hombre, pues es éste quien al fin y al cabo le dará la vida al sistema.

BIBLIOGRAFIA

- Manual de la Producción Industrial. H. B. Maynard.
Edit. Reverté.
- Manual TOSHIBA de Mantenimiento.
- Trolley Coach. Westinghouse.
- "Administración del Mantenimiento Industrial".
N. W. Borrough. Edit. Diana.
- "Ingeniería Industrial, estudio de tiempos y movimientos".
B. Niebel. Edit. Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- "Administración de los Sistemas de Producción".
Velázquez Mastrete. Edit. Limusa.
- "Estadística". Sprigel. Edit. McGraw Hill