

1.º 16

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA**



**ESTUDIO PRELIMINAR DEL FERROCARRIL
SUBURBANO PARA EL VALLE DE MEXICO,
Y PROPOSICION DE SUS ELEMENTOS**

T E S I S

**Que Para Obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P r e s e n t a

GERARDO ARREDONDO TELLEZ

México, D. F.

1979



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta 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.

INTRODUCCION

INTRODUCCION

Los transportes son un servicio complementario a todas las demás actividades económicas. Más que un sector propiamente dicho, constituye un instrumento de enlace entre los demás sectores económicos. En efecto, casi no hay aspecto de la vida social, cultural o política en su sentido más amplio, que no se relacione con los transportes, hecho que complica aún más los problemas de su planeación.

La evolución en este campo ha sido cada vez más acelerada en las últimas décadas con el continuo perfeccionamiento de los medios tradicionales, y las innovaciones técnicas, como los transportes aéreos supersónicos, la aplicación de la energía nuclear y solar, y los vuelos interestaciales, todo lo cual abre nuevas perspectivas cuyas consecuencias son aún difíciles de prever.

El mejoramiento de los transportes crea posibilidades de desarrollo, pero ellas pueden no aprovecharse en la medida adecuada o posible. Importa, pues, programar los transportes y evaluar los programas en función de esas posibilidades. Especialmente en países en vías de desarrollo, la programación de los transportes debe efectuarse junto con una programación activa de los demás sectores económicos a los cuales los transportes proporcionan en cierto sentido los cimientos.

Los transportes y el capital invertido en ellos incluyen vehículos de la más diversa índole así como infraestructuras también muy diversas que utilizan los mismos vehículos. Las infraestructuras comprenden las -

vías, y una serie de otras instalaciones fijas, equipos y maquinaria que requiere la explotación de los transportes y del tráfico, como instalaciones terminales de pasajeros, instalaciones para el servicio y el mantenimiento de los vehículos, instalaciones de señalización y seguridad, etc.

Tomando en cuenta las características que presenta la Ciudad de México, tanto de su población y desarrollo industrial, como de la infraestructura existente, surge la necesidad de analizar un sistema de transporte apropiado a las necesidades que la Ciudad exige. Este sistema es el Ferrocarril Suburbano de tracción eléctrica, vía doble y elástica con pasos a desnivel, sistemas modernos de control, señalización y comunicación, que garantiza seguridad y rapidez en cualquier época del año y bajo cualquier condición climática adversa, además de que incrementa notablemente la capacidad de transportación.

Finalmente, en la segunda parte de ésta monografía, se presenta una breve descripción-proyecto de los elementos principales que forman y complementan un carro del propio sistema, que se espera pueda servir para la toma de decisiones en el momento en que el proyecto sea realidad. Si es así, el presente trabajo habrá cumplido su meta principal.

CAPITULO I

1. CONSIDERACIONES GENERALES

Para que la Ciudad de México mantenga su vigor, se requiere transportar a cientos de miles de pasajeros diariamente. El desarrollo e implantación de los sistemas de transporte, no siempre pueden cubrir adecuadamente las necesidades de los usuarios, y los problemas humanos se agudizan en todos los aspectos, lo que se traduce en un reto a las autoridades encargadas de la administración de la ciudad, que no siempre encuentran solución rápida y fácil a esas necesidades.

La Ciudad de México con sus aproximadamente 12.3 millones de habitantes en el área metropolitana, no escapa a este problema del transporte masivo de habitantes.

Por una parte, el automóvil se ha convertido en garantía de la libertad de movilidad y a la vez es aceptado por muchos como un símbolo de éxito en la vida. Así, limitando la observación a nuestra ciudad, y con datos oficiales, se comprueba que entre 1956 y 1970 el número de automóviles pasó de 55,000 a 590,000. O sea, más de 1,000 % en 20 años.

Podría pensarse que este crecimiento en el número de vehículos privados trae consigo una mejora en la situación de los transportes, pero lo cierto es lo contrario. El planteamiento real del problema del transporte no consiste en saber si quienes usan sus coches para desplazarse estarán en medida de seguir haciéndolo al serles resueltos dos requerimientos básicos: el de poder circular y el de poder estacionarse, sino más bien, el problema fundamental del tránsito consiste en poner a disposición de todos los ciu

dadanos, tanto los que tienen, como los que no tienen coche, medios colectivos de transporte.

Las necesidades de desplazamiento son de muy variada índole. Quienes tienen una ocupación sedentaria no se encuentran en el mismo caso de quienes requieren un movimiento repetido. En los primeros (los más numerosos) están los trabajadores industriales, los funcionarios y empleados -- públicos y privados, los directivos de muchas empresas, los comerciantes establecidos, estudiantes y profesores, que son quienes requieren medios colectivos. Los segundos pueden ser los médicos en horas de visita, arquitectos que vigilan obras, vendedores, agentes de cobro, etc.

Otro problema no menos importante que el mencionado en los párrafos anteriores, es el de la contaminación por gases y por ruidos producidos por los sistemas de transporte que utilizan motores de combustión interna, ya sea de gasolina o diesel. La primera, es producida por los gases producto de la oxidación del combustible en los cilindros del motor, y que tienen como destino en aire del medio ambiente, mismo que es difícil renovar debido a la mala situación geográfica que presenta el Valle de México. La -- segunda, es la resultante sonora de las detonaciones que se llevan a cabo -- dentro de la cámara de combustión de dichos motores. Similarmente, se di funde en la atmósfera de la ciudad creando la llamada contaminación ambiental por gases y ruido, respectivamente.

Los parámetros o términos en que se puede basar para justificar el proyecto, son las siguientes:

a). - Problemas actuales en el transporte de la Ciudad de México (Me

dios usuales, tiempo de traslado, número de viajes-pasajero - por día, problemas de contaminación, costos de estacionamiento, vías rápidas, amplitud de calles y avenidas, aspectos sociológicos, etc.)

- b). - Densidad de población (habitantes/Km.²)
- c). - Tendencias de crecimiento del área urbana
- d). - Zonas de influencia
- e). - Distancias a recorrer (origen-destino)
- f). - Orografía de la región
- g). - Núcleos importantes de población cercanos al área urbana y -- sus posibles desarrollos .
- h). - Existencia de líneas férreas sin uso o de poco uso (amplitud -- del derecho de vía, estaciones, número de trenes por día, etc.)
- i). - Existencia de "Viaductos" o "Periféricos" (vías rápidas)
- j). - Existencia de canales, ríos desecados y zanjas (posibilidades -- para la localización del Ferrocarril Suburbano).
- k). - Energéticos disponibles
- l). - Posibilidad de poder fabricar en el país el equipo.
- m). - Costo total de la inversión (incluyendo los terrenos, esta -- ciones, equipo rodante, comunicaciones, señales, etc.)
- n). - Valor estimado del boleto.

Después de analizar lo indicado en los párrafos anteriores, vemos - la necesidad de participación del ingeniero como elemento que mantiene una interrelación directa entre los problemas a que se presenta nuestra socie-- dad, en este caso el transporte, y las posibles soluciones que existen y se- le puedan dar. La participación del presente grupo, surge al analizar dicho problema, y proponer lo que a continuación se presenta.

Para dar una idea de los espacios requeridos en la transportación individual comparada con la masiva, a continuación se exponen algunos ejemplos:

En la transportación masiva a través del ferrocarril suburbano, un tren tiene capacidad para desplazar a más de dos mil pasajeros a la velocidad promedio de 60 K.P.H., utilizando 4 000 H.P. y menos de 200 metros de vía; si esta misma cantidad de pasajeros se transporta en autobuses o automóviles particulares a razón de 1.4 pasajeros por vehículo, se necesitarían 1, 430 coches, o lo que es lo mismo 6 Km. de una avenida de 3 carri-
les.

Ahora bien, la solución que se propone es que el sistema sea eléctrico por las siguientes razones:

- a). - El sistema eléctrico no aumentará la contaminación del ambiente por productos de combustión.
- b). - La contaminación por ruido será nulificada también, ya que al ser eléctrico el ferrocarril, elimina las molestas detonaciones producidas por la combustión del elemento combustible, teniendo ruido únicamente por el rodamiento de las ruedas sobre el riel, ruido que a altas velocidades se hace mínimo.
- c). - El logro de velocidades elevadas como resultado de una aceleración grande en tramos cortos, velocidad que con motores de combustión no se lograría.

Como consecuencia de la utilización de este ferrocarril, las carreteras y carreteras del Valle de México se verían disminuidas en la circula-

ción de autos, ayudando a crear una circulación rápida.

Con el ferrocarril suburbano, también se tendrfa una disminución del desperdicio de horas/hombre si tomamos en cuenta que el número de viajes persona/dfa que actualmente se realizan en el área metropolitana de la Ciudad de México, es de aproximadamente 15 millones, y se estima que de esta cantidad el 20% corresponden a personas que emplean 5 horas/dfa para su transporte. El ferrocarril suburbano podrfa transportar 1.5 millones de personas con una disminución en el tiempo de viaje de 2 horas/dfa, es decir, 3 millones de hombre-hora/dfa, que multiplicado por los días hábiles del año (250), alcanzan un valor de 750 millones de hombres-hora.

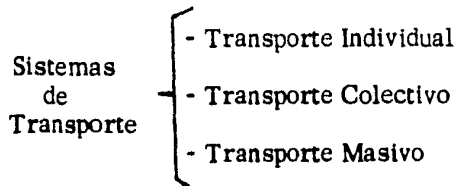
En cuanto al ahorro de energéticos, si utilizamos el ferrocarril suburbano para el transporte se necesitarfan 2H.P. / pasajero, mientras que para automóvil se requerirán 85 H.P. /pasajero, con lo cual se ve el aprovechamiento de uno respecto al otro en cuanto a energía.

2. DIFERENTES SISTEMAS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS

En este capítulo se tratará de dar una visión general respecto a las diferentes formas de clasificar los sistemas de transporte con que se podría contar en un momento dado para resolver, o menguar el problema de carencia del mismo.

Además, se mencionarán algunas características peculiares a cada uno de los sistemas mencionados.

La primera clasificación que se tratará, es aquella que toma en cuenta única y exclusivamente el volúmen de pasajeros transportados, como lo vemos en el siguiente cuadro.

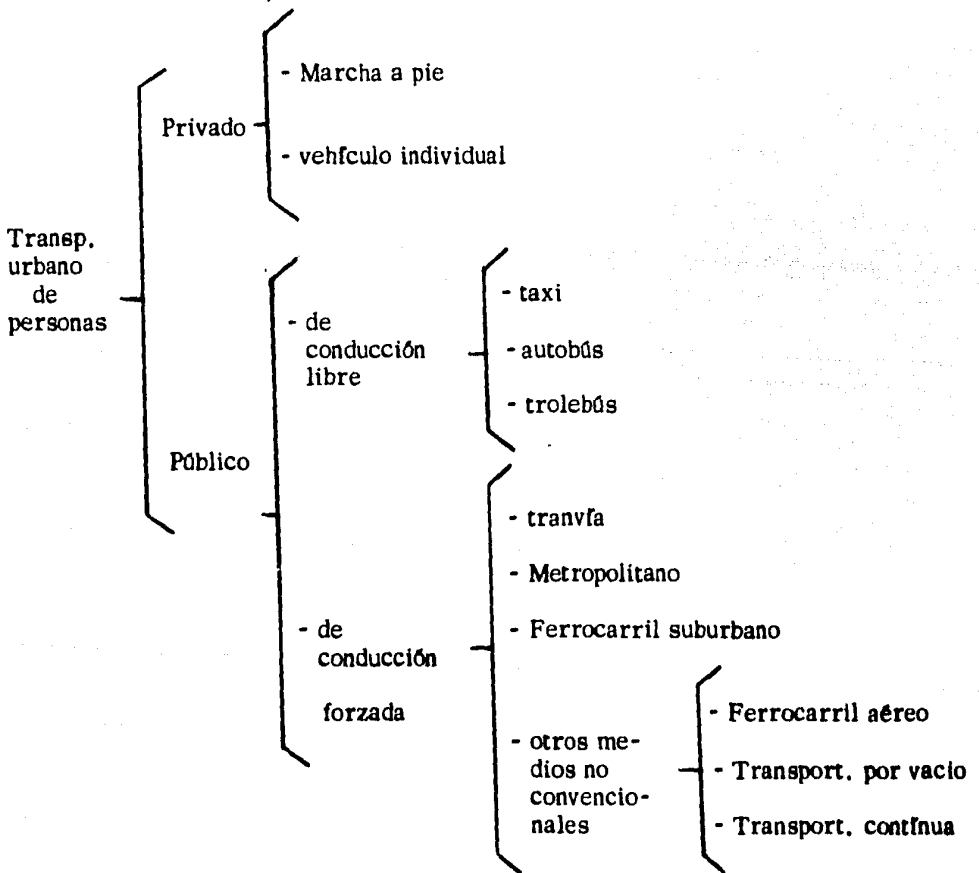


Sistema de transporte individual. - Es aquel en el cual cada pasajero se transporta en forma individual, como lo es en bicicletas, automóvil-particular, motocicletas y taxis.

Sistema de transporte colectivo. - En este sistema se transporta un grupo de pasajeros a la vez en un solo vehículo, como sucede en autobús, tranvía, trolebús y peseros.

Sistema de transporte masivo. - Es aquel que tiene la característica fundamental de transportar más de mil pasajeros a lo largo de rutas determinadas.

Además de la clasificación anterior, existe otra en la cual el factor básico que se maneja es también la capacidad de transportación de pasajeros. Sin embargo, en ésta, tenemos una visión más amplia de cada una de los diferentes sistemas, como se muestra a continuación.



Describiendo en forma breve cada uno de los elementos contenidos en el cuadro anterior, tenemos:

2.1 MARCHA A PIE.

Es el modo natural de desplazamiento del hombre. Este tiene una gran importancia, ya que por un lado es invariable complemento de cualquier otro sistema de transporte y por otro lado es un medio de transporte único para otras personas. Los recorridos a pié se han incrementado en la medida en que el tráfico va haciéndose más complejo; por lo que se ha llegado a pensar que la marcha a pié, aunque utópicamente, fuera la única forma de transportación en el nuevo urbanismo, descongestionándose y descentralizándose así las ciudades. En París se han realizado estudios acerca de la distancia y el tiempo que una persona recorre mediante la marcha a pie, y se llegó a la conclusión de que mediante una velocidad de 4 Km/h se recorren aproximadamente 750 m. La distancia crítica de marcha a pié es aquella hasta la cual más del 50% de los usuarios prefieren ir a pié, -- siendo siempre superior a 1000 m, llegando hasta los 1500 m. Sin embargo, a pesar de todos los beneficios que la marcha a pié acarrea, esta forma de transportación no es tan usada como debería serlo, ya que el recorrido a pié a parte de ser una forma de transportación cómoda es muy benéfica para la salud.

2.2 AUTOMOVIL.

La gran evolución del tráfico automóvil en el siglo XX y su influencia sobre la vida urbana y social del hombre, han sido de gran trascendencia para su evolución social. Su desarrollo se ha realizado al amparo del perfeccionamiento del motor de combustión interna; desplazando casi por completo los otros medios de transporte individual. En el decenio de 1955 - a 1965 el aumento del parque de vehículos privados fue tres veces mayor al

habido de 1950 a 1955. Las características físicas del automóvil lo hacen un medio de transporte individual, ya que es de conducción libre con libertad de movimientos y reducido número de viajeros, y anotando finalmente que requiere de una superficie especial para aparcamiento (cosa que va en detrimento del tráfico urbano).

2.3 AUTOBUS.

El autobús puede considerarse como la culminación técnica de los diversos medios de transporte de masas, no ferroviarios de los siglos precedentes.

El desarrollo del autobús al igual que el del automóvil, está íntimamente relacionado con los avances en la técnica de los motores de combustión interna y con los motores diesel de aceite pesado. Para su mejor funcionamiento, el autobús se ha ido modernizando en varios aspectos, como en el perfeccionamiento de un sistema monobloc que asegure una mayor resistencia; disminución del peso; aumento del confort, con especial atención a los problemas de acceso y salida; mejoras relativas a la dirección, suspensión, fuerza motriz y cambio de velocidades; disminución de la contaminación del aire por los gases procedentes de la combustión; disminución del ruido; standarización en el coste del vehículo que permitiría una reducción importante en el precio del mismo. El autobús es un medio de transporte de conducción libre con elevado rendimiento en relación de que en su superficie pueden viajar muchos pasajeros. Los problemas que a este transporte crea la creciente congestión de la circulación, han hecho estudiar la posibilidad de construir túneles exclusivos para los autobuses a lo largo de las -

zonas más congestionadas de la ciudad.

2.4 TROLEBUS.

A partir del año 1930 el trolebús pasó a formar parte de un sistema de transporte urbano que desde entonces, ha continuado perfeccionándose aunque su evolución no haya sido paralela a la de otros medios de transporte. Es de conducción semilibre, movido por un motor de corriente continua alimentado por una línea con la que enlaza, por lo que necesita un camino propio que se entorpece con el congestionamiento del tráfico. Se ha pensado en que este camino propio sea separado del tránsito de los demás transportes ya sea en la superficie o subterráneo.

2.5 METROPOLITANO.

Desde 1863 en que en Londres se inauguró la primera línea de Metro, su desarrollo ha sido consecuencia de la evolución tecnológica en los campos con él relacionado. La tracción que en un principio fué a vapor, pronto evolucionó adaptándose la tracción eléctrica con corriente continua. Los avances de los últimos años, hacen pensar que pronto se alcanzarán mejores condiciones de comodidad, seguridad y economía.

Avances importantes en éste sistema, como es la introducción de la rueda neumática en sustitución de la metálica, han contribuido a disminuir el ruido con el consiguiente aumento de comodidad de los viajeros. Este tipo de rodadura nos proporciona también un mayor coeficiente de adherencia que permite aumentar la aceleración, disminuir la distancia de frenado, y la utilización de rampas más fuertes. Además, la utilización de la rueda

neumática nos permite aligerar el peso del vehículo al reducir los esfuerzos en el mismo. También nos disminuye aproximadamente en un 30% el consumo de energía.

Los avances en materia de señalización y conducción automática, nos permiten regular el tráfico de toda una red desde un solo puesto de mando y disminuir las necesidades de personal, a la vez que se aumenta la seguridad de la marcha consiguiéndose mejoras importantes en las condiciones de explotación.

Así mismo, en materia de la construcción del túnel se han obtenido adelantos que permiten reducir costos y tiempo de la obra.

El Metropolitano es un medio de transporte de conducción fija por carriles, movido por un motor de corriente continua, alimentado por una línea aérea con la que enlaza. Se desplaza en vía propia, en túnel y, eventualmente en superficie o viaducto bajo señalización de tipo ferroviario a lo largo de zonas completamente urbanizadas y unidas con el centro de la ciudad.

2.6 TRANSPORTE ELEVADO.

Los sistemas clásicos de este tipo de transporte, pueden agruparse en dos clases: Uno es aquel en que el centro de gravedad está situado por encima de las ruedas, es decir, viaductos que soportan el camino de rodadura utilizado por el material móvil similar al que rueda carriles convencionales. El segundo, es aquel que el centro de gravedad está debajo de las ruedas, es decir, que los bogies van situados encima del techo del vehículo y llevan suspendida la caja de éste.

Uno de los principales problemas a que se enfrentó este sistema de transporte, era el ruido, problema que se solucionó con la rueda neumática.

Por otra parte, este sistema presenta ciertos problemas que no permiten su utilización intensiva, como son los costos de instalación que solo se justifican en ausencia absoluta de espacio en la superficie para evacuar el tráfico; problema de capacidad, pues únicamente un tráfico muy fuerte -justifica las inversiones necesarias para la implantación de este sistema;- otros problemas, son los técnicos, estética, etc.

A pesar de estos inconvenientes, el transporte elevado tiene un amplio campo de acción en las medias distancias debido a las grandes velocidades que alcanzan.

2.7 TRANSPORTADOR CONTINUO.

Este sistema consiste básicamente de una cinta transportadora. Sin embargo, se han perfeccionado y utilizan trenes formados por pequeños vagones. El problema principal de éste sistema, es el paso de la velocidad nula del viajero, a la velocidad de régimen del transportador. Este problema se ha tratado de resolver de diferentes maneras, ya sea utilizando una pista intermedia con velocidad variable entre cero y la velocidad de la pista principal, o con coches que desarrollan diferente velocidad entre las estaciones, o en ellas.

Aunque no sea una realidad como sistema autónomo, es importante el transportador continuo como elemento secundario de otros transportes.

2.8 TRANSPORTE POR VACIO.

Aunque este sistema de transporte no es aplicable como transporte urbano o suburbano, podrfa utilizarse para medias distancias. El principio de funcionamiento está basado en un fundamento ffsico muy sencillo. Consta de un tubo perfectamente estanco en el que ajuste un tren a modo de pistón, y se realiza el vacfo por un lado e insuflando aire por el otro lado, -- que producirá el movimiento del tren.

2.9 FERROCARRIL SUBURBANO.

El ferrocarril suburbano propiamente dicho, nace como producto del desarrollo de núcleos de población en la proximidad de las estaciones de ferrocarril que aprovechaban las facilidades que les proporcionaba éste cuando el automóvil aún no se desarrollaba. Pero el incremento de estos núcleos unido a las dificultades del tráfico obliga a cambiar el tipo de transporte, iniciandose el sistema que nos ocupa.

El ferrocarril suburbano es un sistema de coches de gran capaci---dad que recorre distancias relativamente largas a velocidades medias muy elevadas: frecuentemente sus vias son comunes a los ferrocarriles interurbanos de larga distancia; pueden penetrar o nó el casco urbano. Los que penetran lo hacen en subterráneo o viaductos atravesando diametralmente la ciudad, con dos o tres paradas intermedias que sirven para la distribución y correspondencia con otros sistemas. Pero también pueden tener su estación terminal en el lfmite del casco urbano donde enlazan con otros medios de transporte que es encargado de realizar la distribución, como se propone en el presente trabajo.

CAPITULO III

rodante que circula, disminución de su vida útil causando también pérdidas de tiempo, producción y de consumo, además de introxicar el aire con --- irrespirable atmósfera que no logra despejarse.

Por ello el Sistema del Ferrocarril Metropolitano resulta una imperiosa necesidad para las grandes ciudades, pero ahora éste ya no es suficiente y es necesario crear otro medio de transporte como el Ferrocarril-suburbano para el Valle de México el cual se trata en este trabajo, dado -- que cualquier flujo de tráfico o sea cualquier ruta definida (origen-destino) puede significar 50,000 pasajeros por hora (en dos sentidos) y ello lo resuelve el metro y el ferrocarril suburbano con sólo dos vías férreas en nueve metros de anchura total, tarea que precisaría de doce carriles para un camión o treinta carriles para autos.

3.1 SITUACION GEOGRAFICA DEL VALLE DE MEXICO.

La Ciudad de México se encuentra localizada en el Distrito Federal y se ubica en la meseta del Anáhuac (Valle de México) a 2,240 mts. de altitud media.

El área urbana de la Ciudad de México se encuentra en la porción suroeste de la depresión lacustre del Valle de México, es una gran extensión de terreno plano limitado por un cinturón montañoso, limitado de la siguiente manera; al Norte se encuentra la Sierra de Pachuca, que se prolonga al Noroeste con la Sierra de Navajas; siguiendo al Sur se tiene la llamada Sierra Nevada (Popocatepetl y el Ixtacihuatl), donde se localiza también la Sierra del Rfo Frfo, que continúa al Sur con el Ajusco. Al Oeste se tienen las Sierras del Monte Bajo, de las Cruces y del Monte Alto, para terminar con

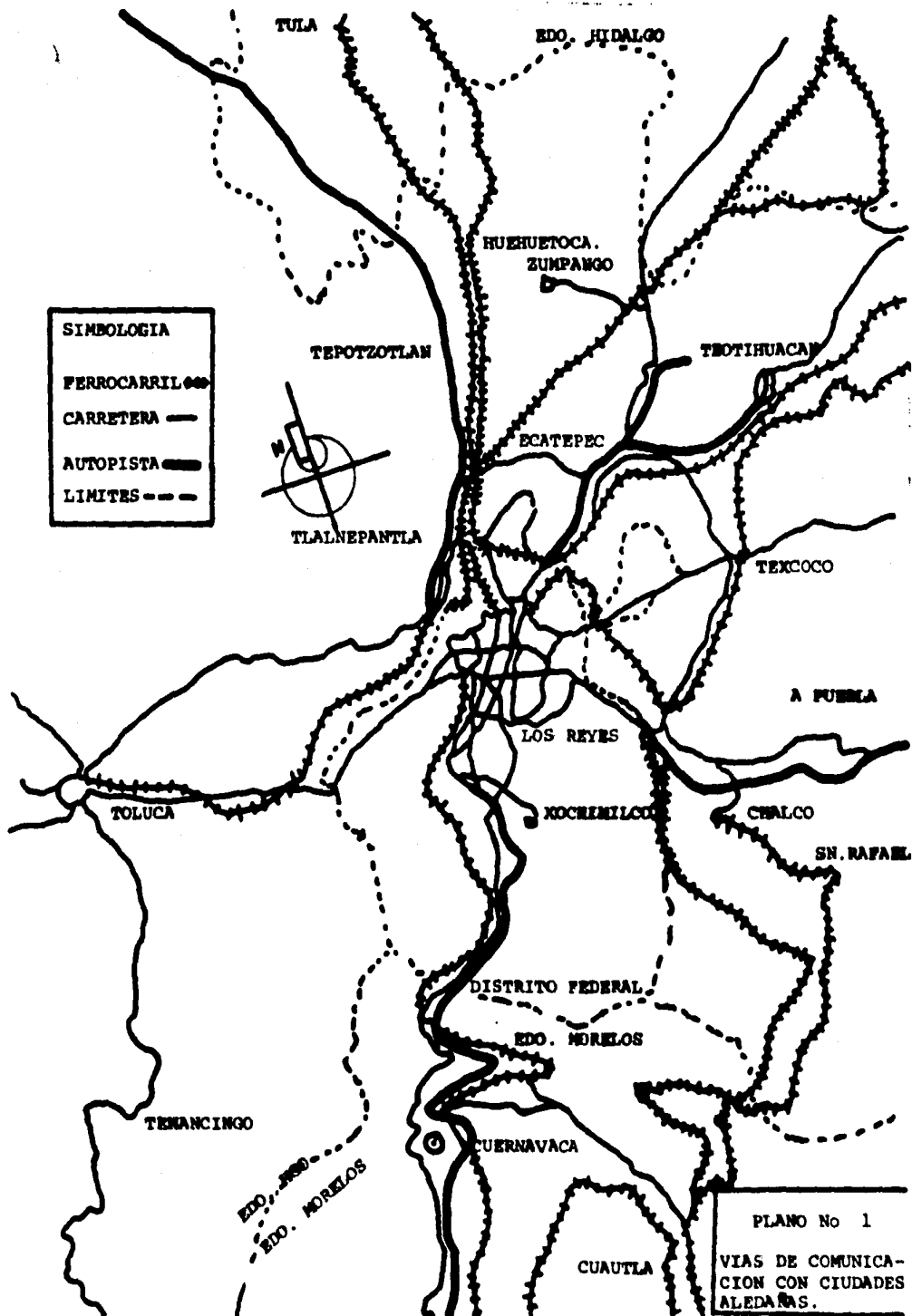
3. EL PROBLEMA VIAL EN EL AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO.

El problema vial en el área metropolitana del Valle de México se agudiza debido, entre otras cosas, a que las grandes ciudades se componen de zonas residenciales con baja densidad de población (100 a 300 habitantes por hectárea) poseedores de automóviles variando entre 0.5 y 0.11 autos por habitante; zonas con alta densidad de población en barrios populosos y viviendas colectivas en escasas áreas verdes, que poseen menor proporción de autos privados y que en consecuencia utilizan mayor porcentaje de autobuses colectivos y tranvías.

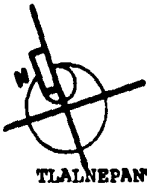
Además de las áreas habitacionales, la ciudad contiene otras áreas (fabriles, oficinas de gobierno y privadas, parques deportivos, recreativos, escuelas, mercados, etc.) y otros lugares que constituyen focos de tráfico.

Por otra parte el autobús puede movilizar 40 pasajeros; cada línea de tráfico puede admitir un autobús por cada 4 autos privados, o por cada tres taxis; por ello cada autobús solo, opera (a menor velocidad) triple número de pasajeros que los automóviles y en esa forma la ciudad se satura de una mezcla de autobuses, autos privados y taxis; de tal manera que en la ciudad, peatones y ciclistas, pueden alcanzar mayor velocidad media que el automóvil, autobús y tranvía a medida que se alcanza la saturación de las calles del centro comercial, con mayor tráfico en las horas pico.

Tanto en México como en las ciudades americanas, canadienses y las urbes centro y sud-americanas, han congestionado sus calles, avenidas y las vías rápidas libres de cuota ocasionando en ellas y en el material



SIMBOLOGIA	
FERROCARRIL	—+—+—+—+—+—+—+—+—+—
CARRETERA	—————
AUTOPISTA	—————
LIMITES	- - - - -



PLANO No 1
 VIAS DE COMUNICACION CON CIUDADES ALEDANAS.

la de Tepetzotlán. Todas estas montañas forman un cinturón montañoso.

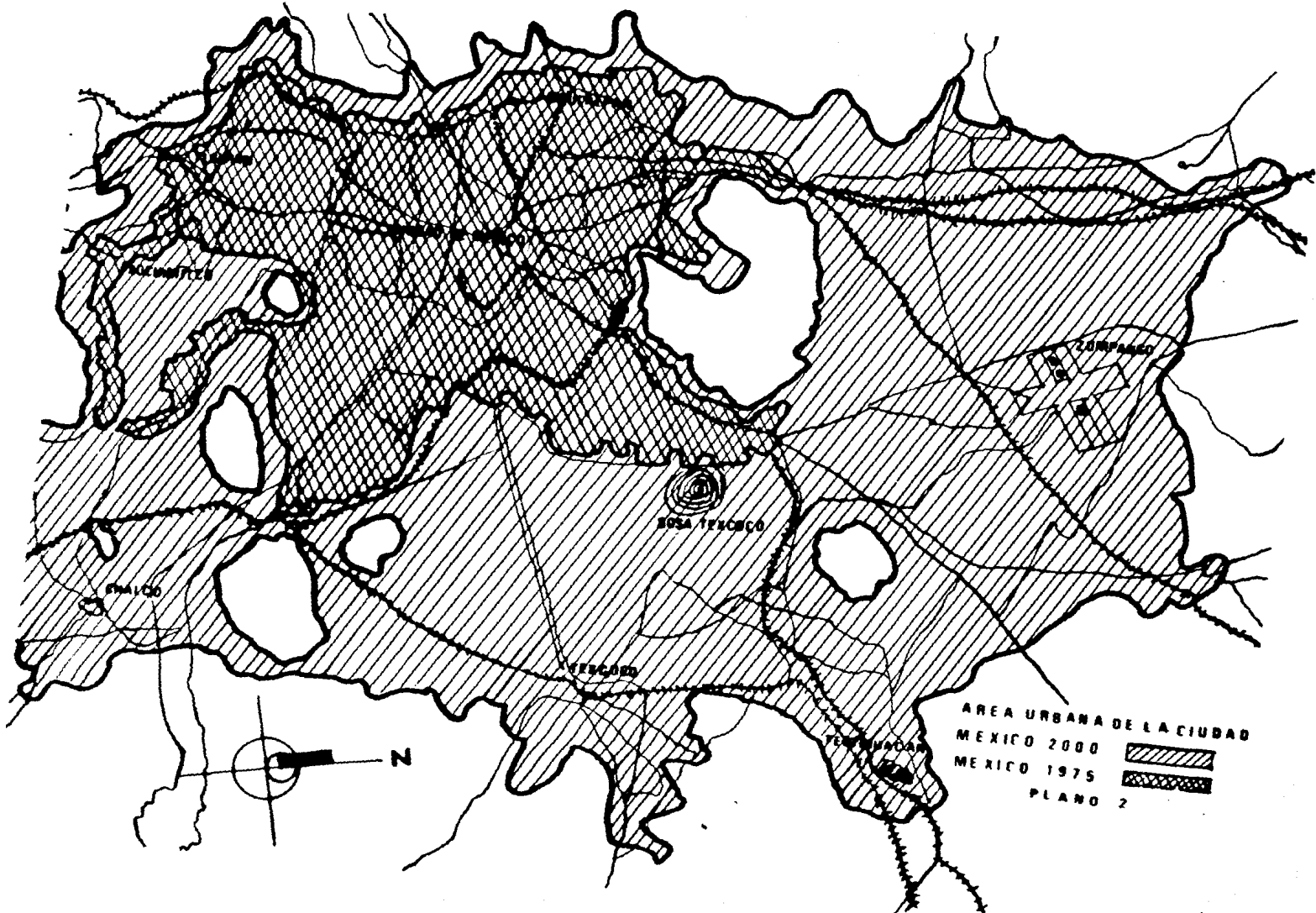
La Ciudad de México está comunicada por vías férreas y por carreteras con todas las ciudades importantes de la República y por vías férreas y carreteras a las ciudades aledañas como Texcoco, Chalco, Teotihuacan, Pachuca, Toluca, Cuernavaca y otras, estas últimas en un radio de menos de cien kms. Estas poblaciones se encuentran en los estados vecinos de -- México, Morelos e Hidalgo. (ver plano 1).

El área metropolitana es de 2, 100 kms. cuadrados y comprende al D. F. con excepción de la Delegación de Milpa Alta.

3.2. POBLACION EN EL VALLE DE MEXICO.

La población actual en esta área es aproximadamente de 12.3 millones de habitantes; de acuerdo a estudios demográficos se estima que para fines del siglo podría alcanzar la cifra de 35 millones (ver plano 2.) Junto con este crecimiento importante, existe una proliferación de núcleos aislados de población, hasta los cuales es necesario hacer llegar los servicios de transporte del área urbana, por lo que las autoridades y los urbanistas se ven obligados a estudiar continuamente las soluciones factibles al problema que ello representa.

Como uno de los diversos ejemplos que pueden presentarse, está el Municipio de Netzahualcoyotl al oriente del área urbana (ubicado en el Estado de México), con una superficie de 62 kms. cuadrados y una población de más de 1, 270,000 habitantes; y es una de las zonas que más requieren de un transporte masivo, seguro, rápido, cómodo y económico. Se estiman -- que más de 200, 000 habitantes de este núcleo trabajan en las industrias lo-



CAPITULO II

calizadas en la misma área urbana, pero al Norte y Noroeste principalmente.

Actualmente estos trabajadores dedican más de cinco horas diariamente en la transportación de sus hogares a sus trabajos y viceversa. Dicho de otra forma, están ausentes 18 horas (Desde las 4 hrs. en que dejan su hogar, hasta las 22 hrs. en que regresan a sus hogares), lo que se traduce en un grave problema humano y psicológico que debe afrontar con sus tremendas consecuencias, éste importante núcleo de fuerza trabajadora, por no poder convivir con la familia en el grado adecuado los días laborales. Así pues, el transporte masivo debe realizarse lo más rápido posible, ya que el trabajador podrá disfrutar de más tiempo con su familia y descansar más del trabajo.

Si este transporte se lleva a cabo, logrará que los trabajadores tengan una integración familiar más adecuada que cuando tenía que usar cinco hrs. de su tiempo prácticamente libre.

Actualmente, tanto el crecimiento como la distribución de los núcleos de población dentro del área urbana, bien sean desarrollados o en vías de desarrollo en el Valle de México, está todavía en su mayor parte sin control adecuado para poder planear en forma efectiva un sistema de transporte apropiado que responda a las crecientes necesidades de transporte. El siguiente cuadro estadístico, nos muestra la distribución de habitantes en el Valle de México.

<u>DISTRITO FEDERAL</u>	<u>HABITANTES</u>
Gustavo A. Madero	1,684,085
Venustiano Carranza	888,801
Miguel Hidalgo	887,592
Ixtapalapa	778,620
Iztacalco	732,647
Atzacozalco	730,566
Cuauhtémoc	705,134
Benito Juárez	697,546
Alvaro Obregón	646,659
Coyoacán	392,690
Tlalpan	148,395
Xochimilco	131,842
Contreras	87,541
Tláhuac	70,319
Cuajimalpa	40,219
TOTAL DISTRITO FEDERAL	<u>8,622,656</u>

<u>ESTADO DE MEXICO</u>	<u>HABITANTES</u>
Netzahualcoyotl	1,272,572
Naucalpan	799,820
Tlalnepantla	715,874
Ecatepec	371,277
Tultitlán	102,959
Atizapan de Zaragoza	89,925
La Paz	74,225
Cuautitlán	60,471
Huixquilucán	49,034
Coacalco	26,199
Chimalhuacán	<u>25,578</u>
TOTAL ESTADO DE MEXICO	3,587,934

Total de habitantes en el

área metropolitana del Va

lle de México..... 12,215,590. hab.

Como vemos en los resultados, el número de habitantes ya es muy grande. Si esta información la comparamos con otra obtenida en años anteriores, nos daremos cuenta que el aumento ha sido hasta del 2.5% anual. Este aumento tan grande de habitantes, reta a las autoridades para darle pronta solución al transporte.

3.3 TENDENCIA A HABITAT

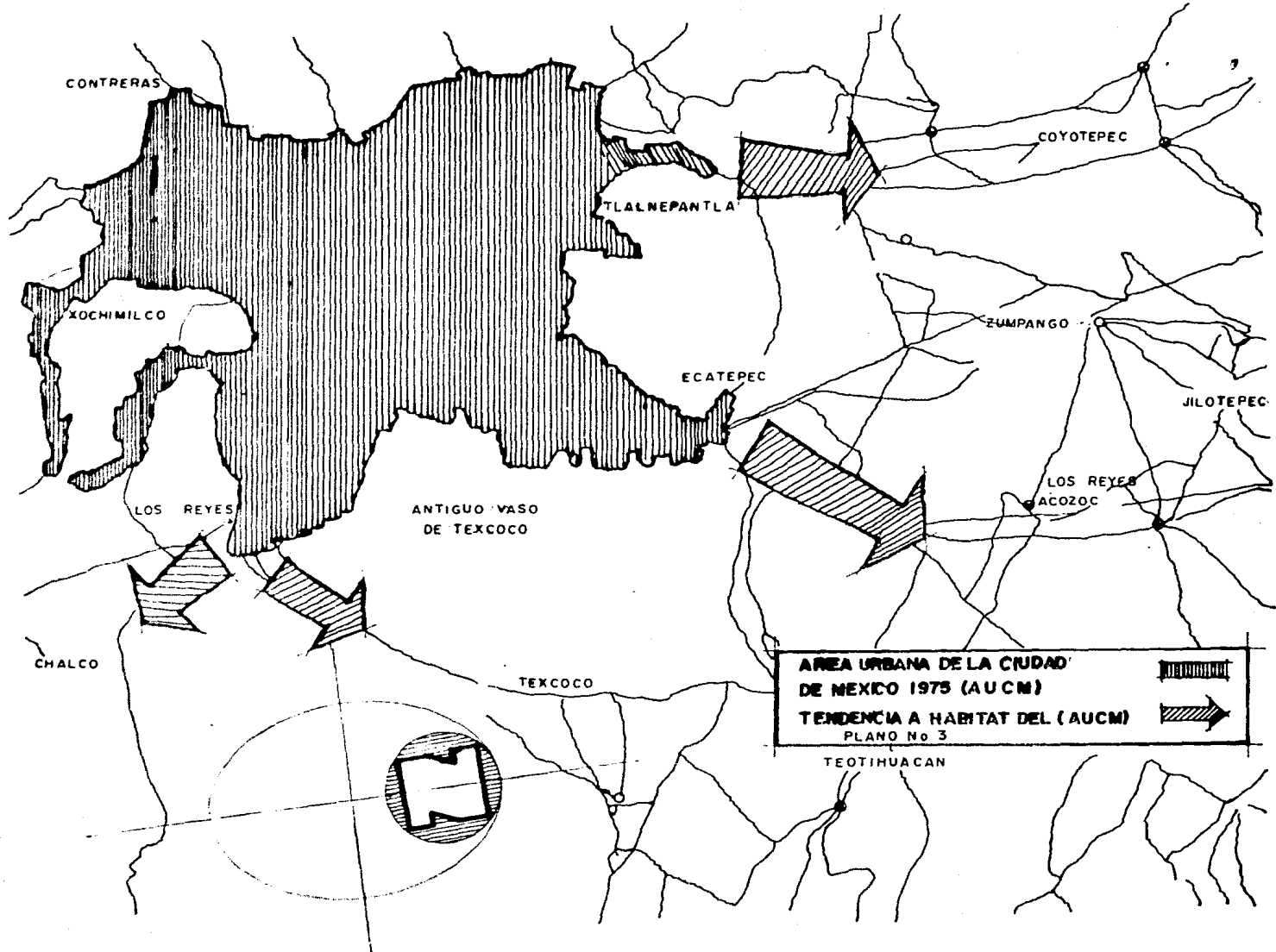
En el área de la Ciudad de México, la tendencia a habitat se realiza en tres direcciones (Ver plano 3.) y son las siguientes.

1. - Al norte (Rumbo a Cuautitlán, Tultitlán, etc.)
2. - Al noroeste (Hacia el Municipio de Ecatepec).
3. - Al oriente (Una de las ramas tiende hacia Texcoco y otra hacia Chalco)

Esta tendencia al crecimiento permite, que si se auxilian con transportes masivos bien localizados, con caracterfsticas de diseño al caso, es una gran planeación de la gran urbe, a la vez que el descongestionamiento de las vfas de superficie, del centro y de las colonias adyacentes, y a la vez una reducción más de los productos contaminantes de los escapes de los motores.

3.4 CONTAMINACION

La Ciudad de México padece de contaminación ambiental por vehiculos y fabricas. Entre los vehfculos se encuentran; autobuses, automóviles y motocicletas, estos son responsables de un 70% aproximadamente de la contaminación.



Las emisiones que despiden estos motores son las siguientes y se representan como se ve:

- a). - Monóxido de carbono CO
- b). - Oxido de nitrógeno..... NO2
- c). - Bióxido de carbono..... SO2
- d). - Hidrocarburos no quemados.....

Estas emisiones son nocivas para la salud del cuerpo humano, y son causantes de enfermedades del sistema respiratorio y ocular.

El ruido a niveles superiores a 80 decibeles, que es el otro elemento contaminante producido por los escapes de los motores de combustión interna de los vehiculos y por el uso inmoderado de las bocinas de cláxon, esto produce dolores de cabeza, lleva el peligro de producir sordera y aún puede ocasionar o agravar enfermedades cardio-vasculares. En el mejor de los casos puede llevar al ser humano a padecer de neurosis acústica.

Los neurólogos y psiquiatras afirman que el ruido en niveles peligrosos de 90 a 120 decibeles, causa tensión en el ser humano e interfiere en el sueño y convierte a la población en "neurotizada".

Es pues muy importante combatir estos dos canales de contaminación ambiental; las emisiones de gases tóxicos y los ruidos.

El transporte masivo mediante el ferrocarril con sistema de tracción eléctrica, en via moderna, que no produce ni ruidos peligrosos, ni gases tóxicos, es indudablemente la mejor solución a este grave problema -- que tan seriamente afecta a nuestra ciudad.

CAPITULO IV

4. LINEAS PROPUESTAS PARA EL FERROCARRIL SUBURBANO DEL VALLE DE MEXICO.

A la fecha de la búsqueda, localización y recuperación del material necesario para desarrollar el presente capítulo, se supo que el desarrollo del proyecto para el Ferrocarril Suburbano para el Valle de México, se daría al proyecto que se escogiera después de analizar todos los trabajos --- presentados por las aproximadamente ochenta compañías invitadas a participar. Entre éstas, las hay que representan, entre otros países, a Japón, -- Estados Unidos de Norte America, Reino Unido de la Gran Bretaña, Canada, etc. El proyecto que se designe para desarrollarse, será aquel que presente las mejores condiciones tanto desde el punto de vista de financiamiento, - como en lo que se refiere al aspecto técnico.

Existen una serie de especificaciones técnicas emitidas por la Comisión de Estudios del Ferrocarril Suburbano, dependiente de la Secretaría - de Comunicaciones y Transportes, a las cuales se deben sujetar los trabajos presentados por cada compañía participante. Una parte de éstas, la que corresponde a las especificaciones técnicas, y descripción general de los - coches de pasajeros, se presentan en forma de apéndice en la parte final - de esta obra. (ver apéndice I).

Los proyectos de los cuales se obtuvo mayor información para de-- desarrollar ~~este~~ capítulo, se encuentra principalmente el propuesto por Ferrocarriles Nacionales de México, y del cuál se presenta el material que- forma ésta sección.

Además de lo obtenido en Ferrocarriles Nacionales de México, se consiguió material respecto al proyecto presentado por BRE-METRO CONSORTIUM, del Reino Unido de la Gran Bretaña, y del cuál, referente a las líneas del Ferrocarril Suburbano, la información es bastante general, por lo que la dejamos solamente como mención.

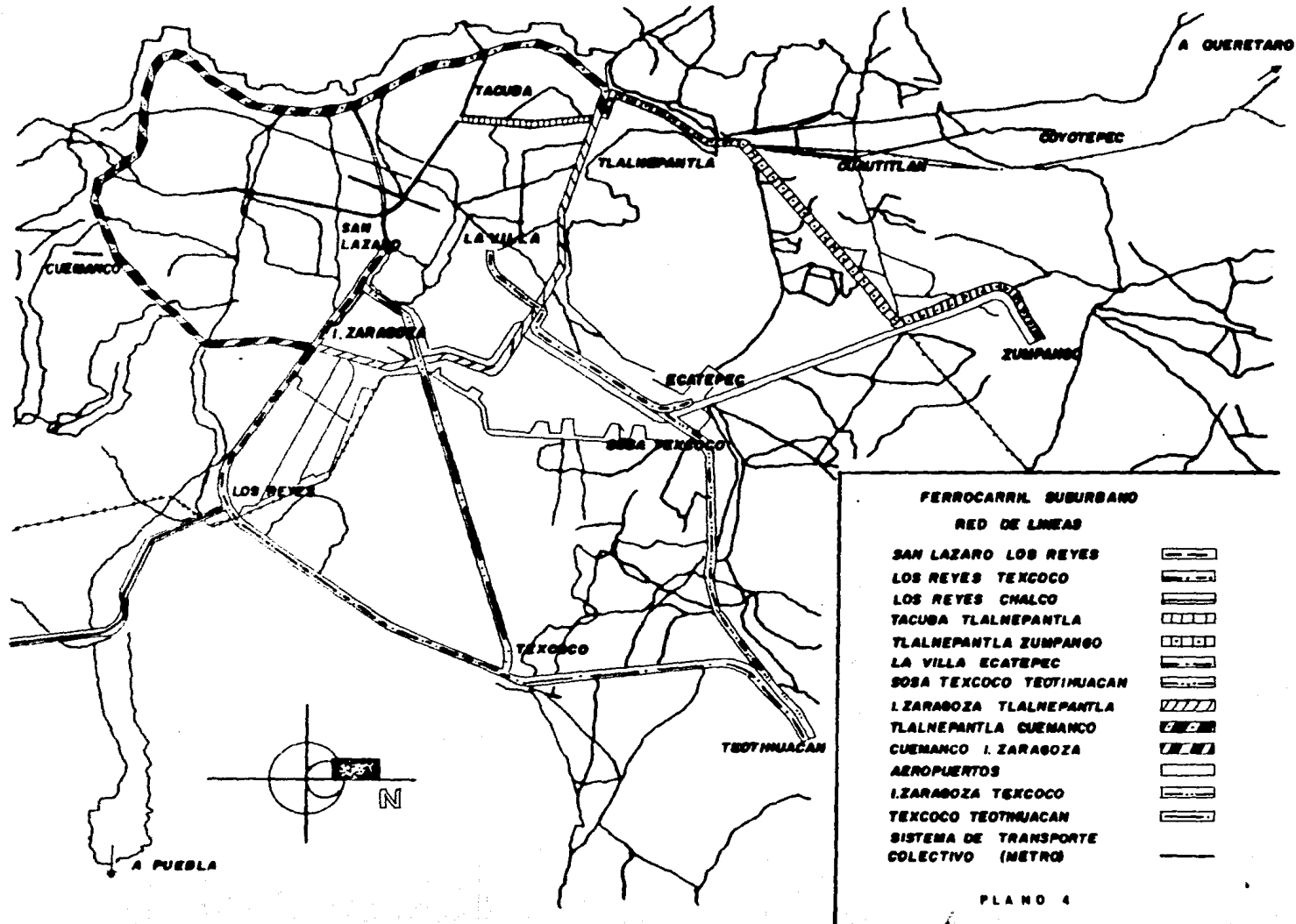
Desarrollo de las líneas propuestas por Ferrocarriles Nacionales de México.

El sistema total estará formado por una serie de ramales interconectados, para formar toda una red que, funcionando conjuntamente con el Sistema de Transporte Colectivo (METRO), ya existente y funcionando en el área metropolitana, pueda desahogar e interconectar los núcleos de población donde más se requiere del sistema.

El proyecto estará dividido en dos etapas: En la primera, se construirán los ramales que interconecten los siguientes núcleos de población, y de los cuales las rutas toman generalmente su nombre: (ver plano 4).

LINEA	ruta
1	San Lázaro-Los Reyes
2	Tacuba-Tlalnepantla
3	La Villa-Ecatepec
4	Netzahualcoyotl-Tlalnepantla
5	Aeropuertos
6	Ignacio Zaragoza-Texcoco

La primera línea, que parte del centro de la ciudad y termina su recorrido de aprox. 17 Km. en Los Reyes, al Oriente de la misma, toca du--



rante su trayectoria un total de ocho estaciones, con una longitud variable entre ellas debido al índice de población de las zonas por las que hace su recorrido.

Las estaciones en las cuales dará servicio el sistema, son:

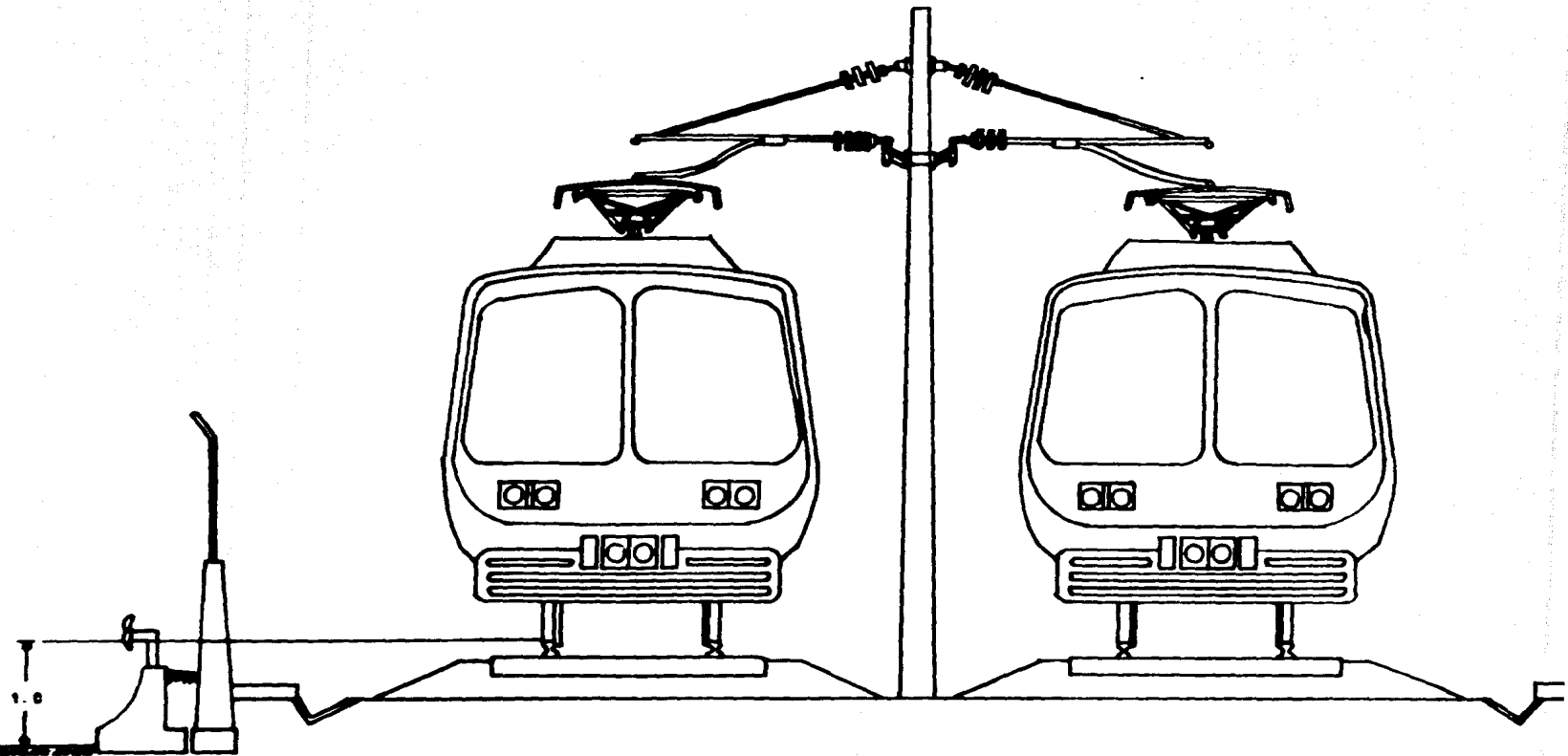
- a). - Estación San Lázaro
- b). - Estación Zaragoza
- c). - Estación Rfo de Churubusco
- d). - Estación Periférico
- e). - Estación Telecomunicaciones
- f). - Estación Las Torres
- g). - Estación Ermita Zaragoza
- h). - Estación Los Reyes.

Como vemos, esta línea tendrá una estación terminal en lo que ahora es la antigua estación de San Lázaro de ferrocarriles, continuando por la calzada Ignacio Zaragoza llegando hasta la zona ejidal de Santa Martha - Acatitla y siguiendo hasta los Reyes, Estado de México.

La segunda línea, parte de la estación de Tacuba, localizada en el llamado "Pueblo de Tacuba" en la parte occidental del centro de la ciudad. Se dirige posteriormente hacia el norte hasta llegar a la terminal de Tlalnepantla. Esta línea es relativamente pequeña, pues tiene una longitud en su recorrido de aproximadamente de 9 Km., tocando los siguientes puntos:

- a). - Estación Tacuba
- b). - Estación Azcapotzalco
- c). - Estación Valle de México

N I V E L D E V I A



F I G . 1

d). - Estación Tlalnepantla.

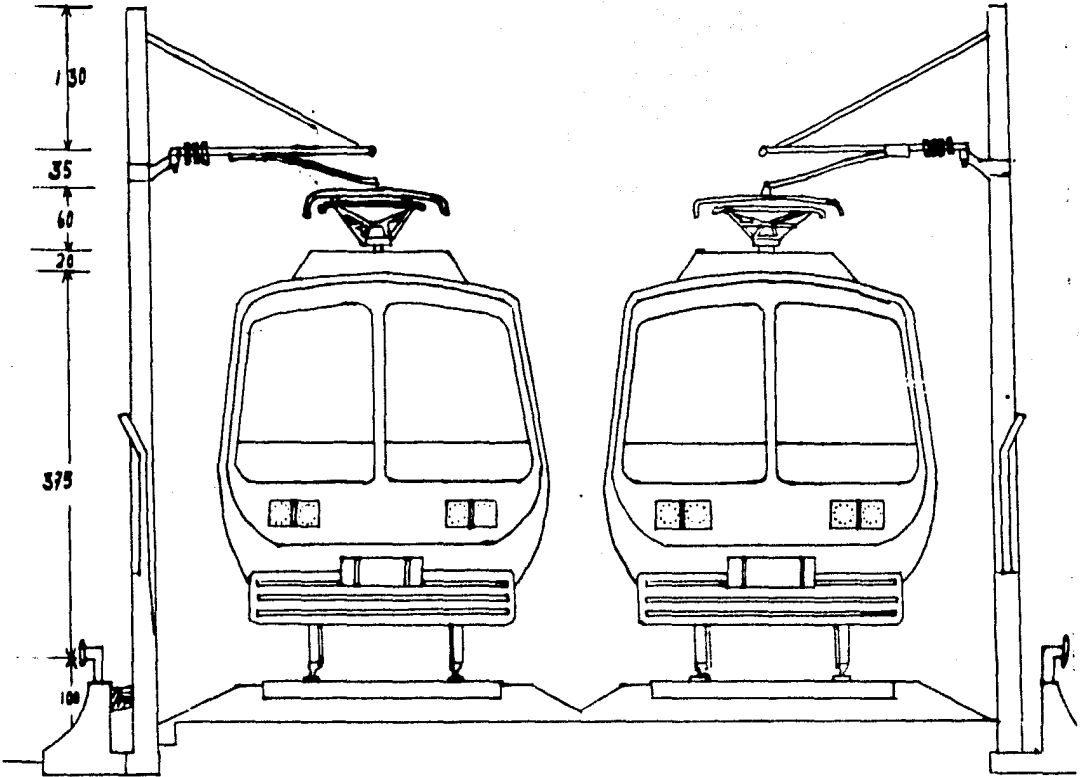
Tercera línea. Esta, empezará su recorrido en la parte norte de la ciudad, en donde se localizará la estación terminal del sistema METRO, - actualmente en construcción. De este mismo lugar, partirá la línea por -- las colonias Díaz Mirón, Gabriel Hernández, Vasco de Quiroga, Villa Hermosa, Juan González Romero, Xalostoc, Cerro Gordo y Zona Industrial - de Santa Clara. Entre la estación inicial y la terminal, existe aproximada- mente un total de 19 Km. de longitud por donde pasará el Ferrocarril Su-- burbano.

Durante su trayecto, se detendrá para las operaciones de ascenso - y descenso de pasajeros en los puntos que corresponden a las siguientes -- estaciones:

- a). - Estación La Villa
- b). - Estación C. T. M.
- c). - Estación Xalostoc
- d). - Estación Patio Xalostoc
- e). - Estación Rústica
- f). - Estación Díaz Ordaz
- g). - Estación Tlaxpetlac
- h). - Estación Ecatepec

Cuarta línea. Sale de Ciudad Netzahualcoyotl en la correspondencia- de la línea 1 y 4, pasando por San Cristobal y llegando a Tlalnepantla. Esta línea basará su importancia en el hecho de conectar las líneas 1, 2 y 3. -- Además, conectará importantes núcleos de población con zonas de importanta

N I V E L D E V I A



F I G . 2

cia industrial. Esta línea tendrá una longitud aproximada de 88 Km. entre estaciones terminales.

Respecto a las líneas 5 y 6 del sistema, se tiene duda respecto a los puntos que enlazarán las mismas.

La segunda etapa del proyecto está formada por una serie de ampliaciones a las líneas mencionadas para la primera etapa. Para la línea 1 se contempla la posibilidad de hacer las siguientes ampliaciones:

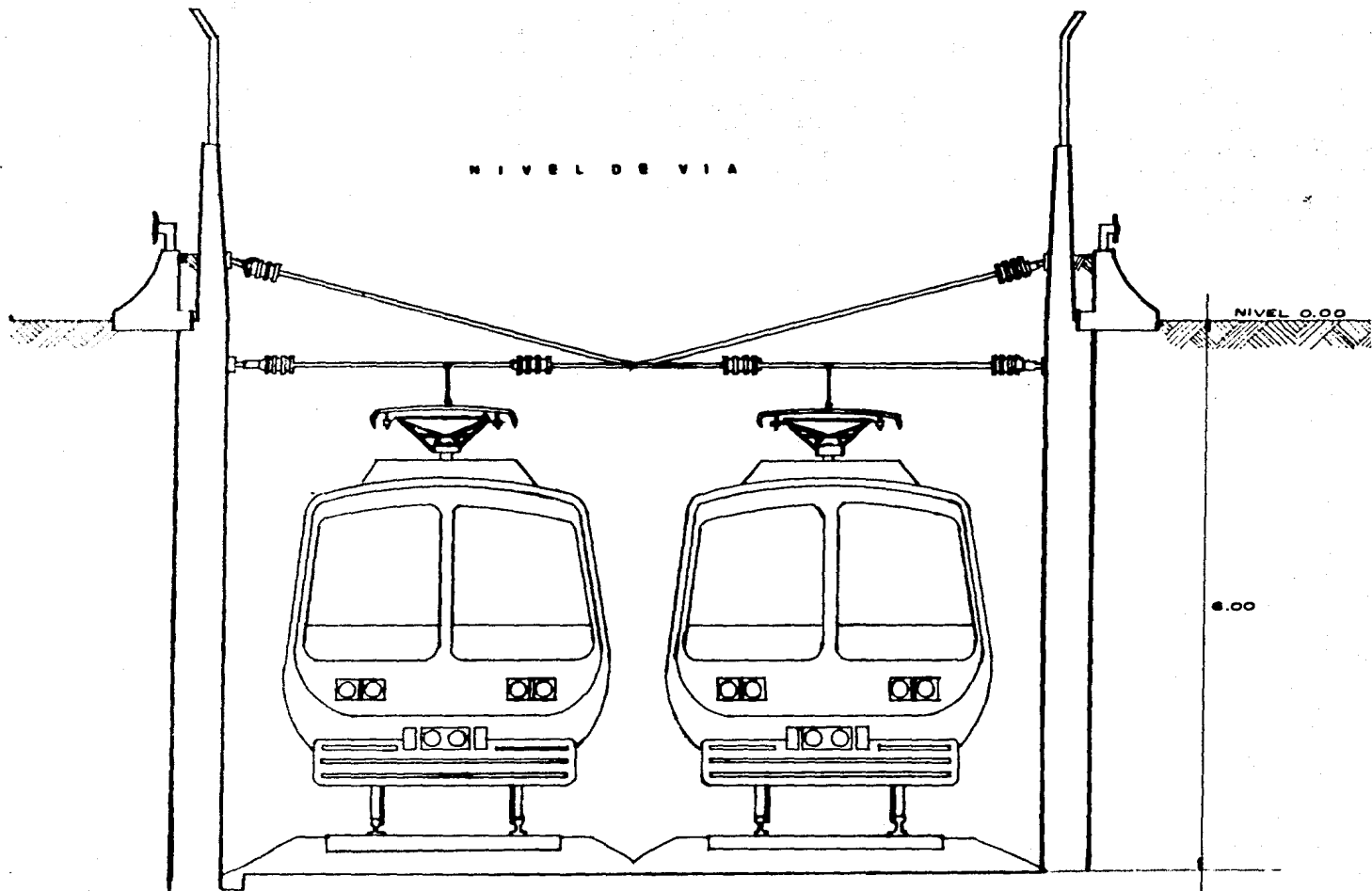
- a). - De Los Reyes, Edo. de México, a Chalco
- b). - De Los Reyes, Edo. de México, a Texcoco
- c). - Llegar al Edo. de México (Texcoco), saliendo del D. F. se tiene duda en cuanto a su origen.

En lo referente a la línea 3, existe también la posibilidad de realizar las siguientes ampliaciones:

- a). - Partir de Sosa Texcoco, siguiendo hacia Tepexpan hasta San Martín de las Pirámides.
- b). - Partir de San Cristobal bordeando el Gran Canal hasta San Andrés Jaltenco y llegar hasta Zumpango de Ocampo, Edo. de México.

Además, existen entronques o correspondencias entre las líneas mencionadas anteriormente, y son las siguientes:

- a). - Correspondencia de las líneas 1 y 4. Esta se realiza en la colonia Juan Escutia, pasando por Ciudad Netzahualcoyotl, siguiendo por los límites entre el Edo. de México y el Distrito Federal, por San Juan de Aragón, El Vergel, Campestre Gua-



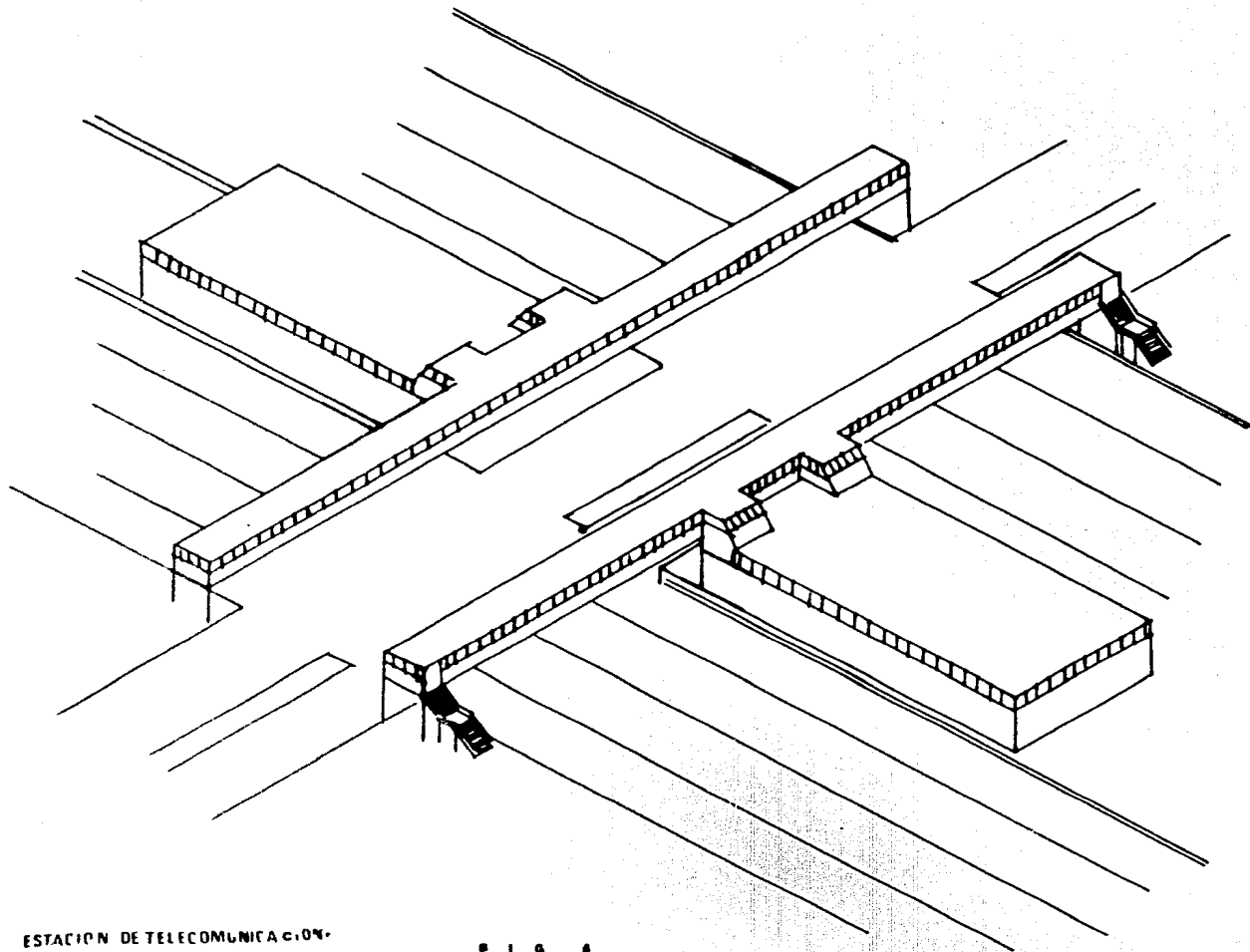
F I G . 3

dalupe, Emiliano Zapata, Las Vegas y Zona Industrial de la -
Presa, continuando hasta Tlalnepantla.

- b). - Habrá una ampliación que partirá de la correspondencia entre las líneas 1 y 4, continuando por todo el Periférico y una mínima parte de la Super Carretera a Querétaro. Ahora bien, - esta ampliación tendrá una correspondencia (y además terminal) a la altura de San Andrés Atenco, con la línea 4.

Diferentes niveles de las líneas. - Es importante mencionar respecto a este punto, que a lo largo del trayecto de las líneas, en ocasiones las unidades del ferrocarril circularán a un determinado nivel o cota sobre el nivel cero (nivel del suelo) de cada lugar, y en otras, circularán sobre otro nivel que quede por debajo del nivel cero. Esto depende de las condiciones que presenten cada región en especial (población, urbanismo, orografía, - etc.). La variación de cota entre los niveles está entre +6 mts. y -6 mts., - tomando como base el nivel cero. (fig. 1, 2, 3).

Finalmente, se incluye una vista de la forma que tendrá una estación del sistema. Fig. 4



ESTACION DE TELECOMUNICACION.

F I G . 4

CAPITULO V

5. DESCRIPCION DE LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DE UN CARRO Y ELEMENTOS COMPONENTES DEL FERROCARRIL SUBURBANO.

Hay que tomar en cuenta que este trabajo tiene el proposito de servir como gufa, para iniciarse en la interpretaci3n de las fuerzas y esfuerzos que actúan en un coche de pasajeros.

No se pretende elaborar el diseño completo y exacto, debido a la exigencia en la exactitud de los cálculos, para los cuales se requieren --- seis cifras decimales, por lo que, es necesario el empleo de calculadoras digitales electronicas para abreviar el trabajo, además de la carencia de datos, así como la poca experiencia en este ramo del diseño.

5.1 CUERPO

Se considera que el cuerpo del coche, consta de tres compartimientos que son; el central que corresponde al de pasajeros y el de los extremos que corresponden a los vestfbulos, pero para el ferrocarril suburbano no es necesario. (ver fig. A)

ESTRUCTURA. - Esta será fabricada totalmente de acero, y está formada por los conjuntos siguientes:

- 1 Bastidor.
- 2 Costados.
- 3 Techo.
- 4 Frente.

5.1.1 BASTIDOR.

Sus componentes son los siguientes:

- a). - Larguero central, es un elemento que va de extremo a extremo del bastidor en su parte central y puede formar en sus extremos las boquillas para el alojamiento del sistema de tracción.
- b). - Larguero de costado, estos elementos van colocados a los lados del bastidor, uniendo a los cabezales interiores por sus extremos y a los traveseros.
- c). - Cabezales interiores, son miembros transversales que van situados en los extremos del compartimiento.
- d). - Cabezales exteriores, son elementos transversales que van situados en los extremos del bastidor, uniendo al larguero central.
- e). - Centro de perno, son elementos fabricados ya sea de acero o de placa soladada, alojados en el larguero central a la altura de los traveseros de cuerpo y permiten el alojamiento del perno del centro, con el cual se hace la unión del cuerpo con los trucks.
- f). - Traveseros de cuerpo, son de una construcción de caja bastante rígida, ya que son los puntos de apoyo de los trucks y van soldados al larguero central y a los costados.
- g). - Traveseros intermedios, estos miembros están distribuidos entre los traveseros de cuerpo a ambos lados del larguero central, y por el otro a los largueros de costado.
- h). - Lamina de piso, es una lámina acanalada que cubre toda el área del comportamiento de pasajeros, unida rígidamente al bastidor.

5.1.2 COSTADOS.

Estos se forman por los siguientes elementos:

a).- Larguero inferior de costados, estos miembros van colocados a todo lo largo del costado, uniendo a todos los postes por su extremo inferior.

b).- Postes intermedios, estos forman los marcos verticales de las ventanas, y van colocados entre las aberturas, yendo soldados a los largueros inferiores y superior de costado.

c).- Larguero inferior de ventana, son colocados a todo lo largo de los costados, formando el marco inferior de ventana.

d).- Larguero superior de ventana, estos forman los marcos superiores de ventana, ya que son colocados a todo lo largo de los costados.

e).- Forro exterior, el forro es de lámina y va soldada a la estructura de los costados.

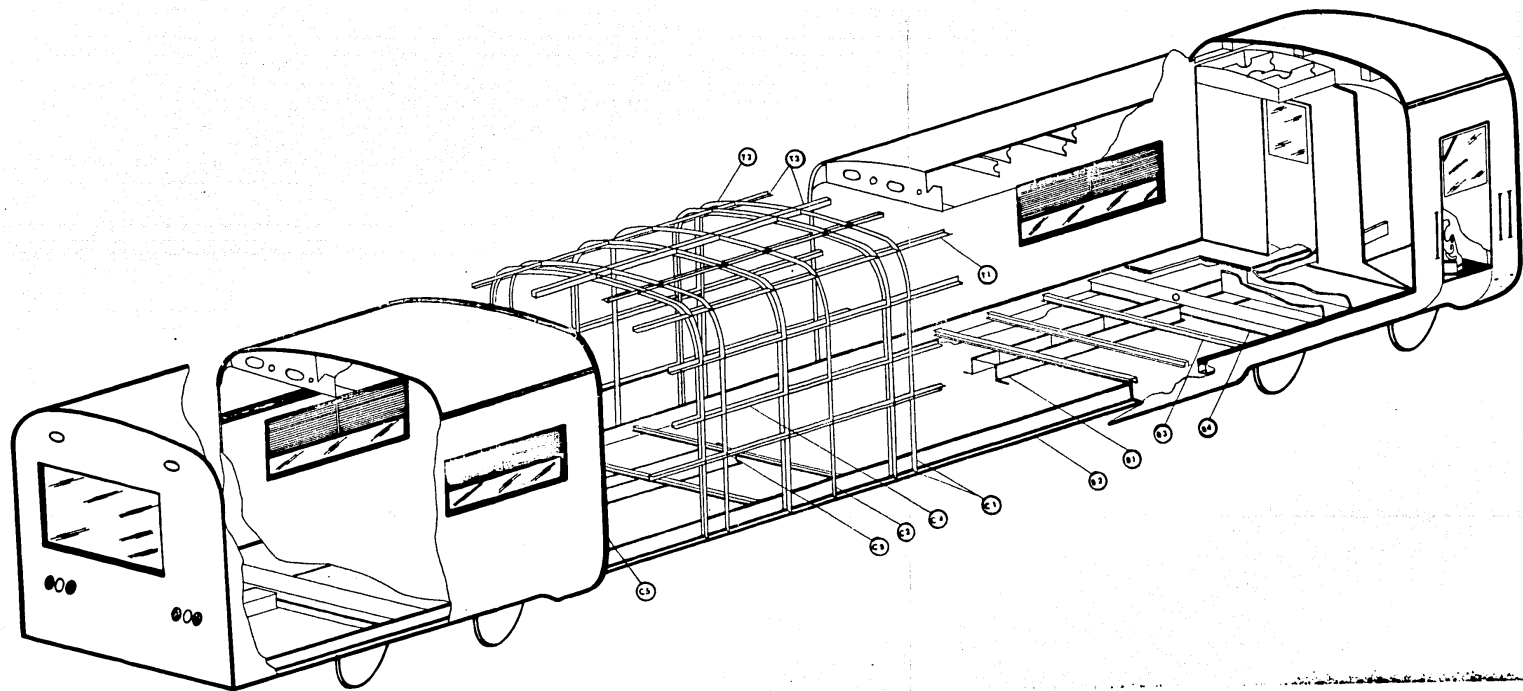
5.1.3 TECHO

a).- Largueros de techo, se encuentran localizados a los lados y a todo lo largo del techo.

b).- Caballetes, son miembros transversales de forma curva soldados a todos los largueros de techo.

c).- Largueros intermedios, son colocados entre los largueros de techo y a todo lo largo del mismo.

d).- Forro exterior, es de lámina y cubre totalmente la estructura del techo.



5.1.4 FRENTE.

Los frentes cierran el comportamiento de pasajeros por los extremos, permitiendo el acceso de pasajeros al compartimiento del centro del carro.

DESCRIPCION DE LA FIGURA A

BASTIDOR:

- B 1 LARGUERO CENTRAL
- B 2 LARGUEROS DE COSTADO
- B 3 TRAVESEROS INTERMEDIOS
- B 4 TRAVESEROS DE CUERPO

COSTADOS:

- C 1 LARGUERO INFERIOR DE COSTADOS
- C 2 POSTES INTERMEDIOS
- C 3 LARGUERO INFERIOR DE VENTANA
- C 4 LARGUERO SUPERIOR DE VENTANA
- C 5 FORRO EXTERIOR

TECHO:

- T 1 LARGUERO DE TECHO
- T 2 CABALLETES
- T 3 LARGUEROS INTERMEDIOS

Los frentes son construídos por varios elementos con forro exterior de lámina.

5.1.5 SISTEMA DE TRACCION.

El sistema de tracción va alojado dentro de la boquilla la cual se encuentra en los extremos del larguero central y tiene la función de mantener una unión segura, flexible y resistente entre los coches, además de absorber cargas de impacto, con el objeto de evitar la destrucción prematura de los coches, así como hacer el viaje más confortable a los pasajeros.

Básicamente, el sistema de tracción está constituido de los elementos que se describen a continuación y casi en su totalidad son de acero fundido.

Caja de impacto, en ésta descansa el acoplador y está localizada en los extremos del larguero central.

Acoplador, es fabricada de acero fundido de alta tensión y es el elemento que une dos coches adyacentes.

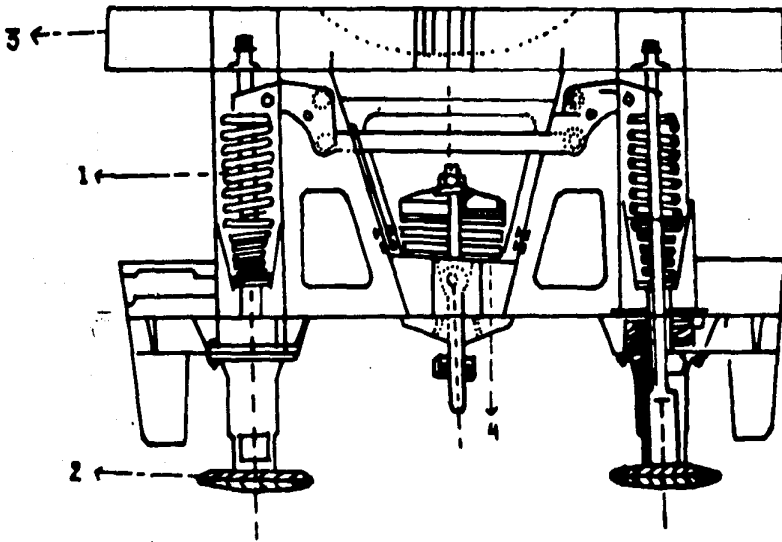
Yugo, dentro del yugo va alojado el amortiguador y es el elemento que le transmite a este la fuerza de tiro y empuje.

Amortiguador, este es el elemento que absorbe las cargas de impacto, tanto de empuje como de tiro.

Mecanismo desacoplador, este mecanismo está colocado en los frentes del coche y va de la cabeza del acoplador a un lado del coche para poder operar el candado del acoplador cuando se desea acoplar o desacoplar dos coches.

Para visualizar el sistema de tracción ver la fig. 5.

ORGANOS DE TRACCION Y DE CHOQUE (RESORTES HELICOIDALES Y AMORTIGUADORES DE CAUCHO)



- 1 RESORTE
- 2 AMORTIGUADOR DE CAUCHO
- 3 BASE PARA ACOPLAR A LOS COCHES
- 4 CORTE DE UN RESORTE

5.1.6 INTERIORES.

Los interiores tienen una función decorativa, completándose con el confort que proporcionan a los viajeros.

Los interiores están integrados por las componentes sig:

- a). - Forros interiores.
- b). - Asientos.
- c). - Puertas.
- d). - Equipo contra incendio.
- e). - Aislantes.

5.1.7 TRUCKS.

Las funciones principales de los trucks son las siguientes: soportar el peso total del cuerpo, las fuerzas verticales de impacto y la de hacer la carrera del coche más suave para un mejor confort a los pasajeros.

Los diseños de los trucks son bastante variados componiéndose de -- los conjuntos que se describen a continuación:

Bastidor, los bastidores de los trucks son de una construcción bastante robusta, ya que constituyen uno de los principales elementos de resistencia, pues es por donde se transmiten al cuerpo del coche las fuerzas de impacto verticales procedentes de las ruedas y provocadas por las irregularidades de la vía y por las juntas de esta.

Los bastidores pueden ser contruídos por fundición de acero o de placa de acero soldada.

Sistema de amortiguación, este se apoya en el bastidor del truck; -- siendo el elemento intermediario de unión entre el cuerpo del coche y los --

trucks propiamente. Estos sistemas pueden estar compuestos de resortes, muelles y combinados con amortiguadores hidráulicos, tratando siempre de absorber las vibraciones, cargas de impacto y los movimientos oscilatorios de coche. (fig. 6).

Ruedas y ejes, las ruedas son insertadas a presión en los ejes a modo de formar mancuernas y van apoyadas a los muñones de los ejes a las chumaceras con los que están provistas los bastidores.

5.2 SISTEMAS ELECTROMECHANICOS.

La electrificación de ferrocarriles se ha desarrollado por métodos muy diversos, entre los cuales se cuentan los siguientes:

a). - Sistemas de corriente alterna monofásica. Se utiliza un conductor elevado para la alimentación a 25, 10, 11 kilovolts y frecuencias de 60, 50, 25, 15 ó 16 c.p.s.

Las locomotoras que se emplean en éste sistema son de tipo diferente:

- 1). - Con transformador reductor y motor de tracción monofásico del tipo serie con conmutador.
- 2). - Con convertidor de fase sea ya síncrono ó asíncrono con salida de potencia trifásica para alimentar a motores de inducción.
- 3). - Con motor monofásico síncrono acoplador de corriente directa para alimentar a motores de tracción tipo serie.
- 4). - Sistemas de corriente directa. Se utiliza un conductor elevado-

para la alimentación ó un tercer riel, dependiendo del voltaje de distribución que puede ser de 4000, 3000, 1500, 750 y 600 V.

Alimentación de potencia.

La alimentación de potencia para ferrocarriles electrificados, ya sea para servicio suburbano o urbano, puede obtenerse de centrales comerciales de 60 ó 50 c.p.s. ó de centrales propias de ferrocarril a frecuencias especiales de 25, 16 2/3 y 15 c.p.s.

5.2.1 LINEA DE CONTACTO Y TOMA DE CORRIENTE.

Las tensiones y velocidades empleadas en la tracción eléctrica de los ferrocarriles, en general imponen la suspensión por catenaria del hilo de trabajo y la toma de corriente por pantógrafo.

Línea de contacto.

Para corriente monofásica la línea de trabajo consta de un hilo de contacto hecho de cobre electrolítico, duro, ranurado y estirado en frío, además del cable portante ó sustentador de péndolas que son hechas de cable bronce.

Toma de corriente.

Esta puede ser por trole de polea ó por trole de arco. Para éste proyecto se propone utilizar trole de arco con frotadores de carbón, que no sólo simplifica la construcción de la línea de trabajo, sino que evita las perturbaciones en los receptores de radio. El trole de arco exige tender el hilo en zig-zag para asegurar un desgaste uniforme del frotador de los pantógra-

fos. El descentramiento se tiende de poste a poste con \approx 50 cm. respecto al eje de la via, valiendose de brazos de atirantado. La altura del hilo será de 5 a 6 metros en general.

La tensión de montaje del hilo se fijará de modo que a -15°C . el coeficiente de seguridad no baje de 3. En las afueras de la ciudad se usarán -- postes metálicos o de cemento armado (rara vez de madera por su poca duración).

Cada 1000 m. aproximadamente, se secciona el hilo de contacto haciendolo terminar en unos aisladores (que a la vez son puntos de amarre o anclaje), unidos por un interruptor de seccionamiento. Normalmente algunos de éstos se tienen abiertos, de modo que los hilos de contacto formen grupos unidos a la subestación ó subestaciones, por cables de alimentación ó "feeders". Los feeders se unirán a las barras de la subestación por interruptores automáticos de máxima.

El pantógrafo tiene frotador inclinable de aluminio (sección V ó U), con ranura de engrase y varilla recambiable de cobre o de acero, ó bien un frotador con cinta ancha que admite cierta flecha elástica con respecto al pantógrafo (de 500-600 amperios continuos, presión de 10 kg). La chapa de acero produce menos chispas que la de cobre pero desgasta más el hilo.

El pantógrafo tendrá levantamiento por aire comprimido que se conduce por un tubo de goma ó por los soportes huecos de porcelana, y descenso por propio peso. O bien levantamiento por muelles y descenso por aire comprimido. (reteniéndolo con un gatillo que se dispara haciendo funcionar un pequeño cilindro neumático).

5.2.2 SUBESTACION DE RECTIFICACION.

Transformadores.

Las subestaciones de rectificación tienen como función la de transformar y rectificar la energía eléctrica de 25 Kv. en corriente alterna a 750 volts de corriente continua que será la tensión nominal de trabajo de los trenes.

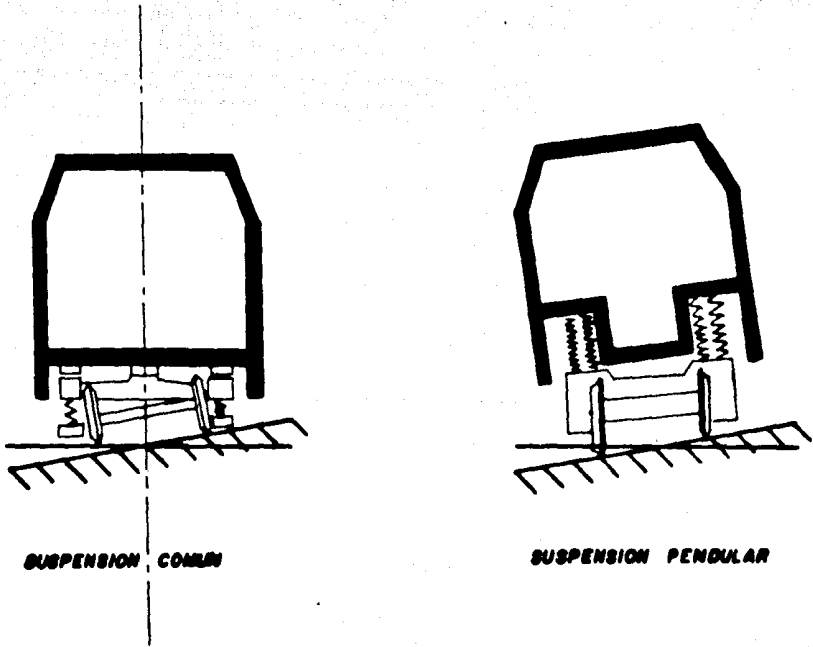
Las subestaciones de rectificación estarán alojadas en locales de 8 por 15 metros aproximadamente y su instalación interior estará hecha formando grupos ó bloques móviles intercambiables que permiten cambiar fácilmente cualquier elemento indispensable para su funcionamiento en caso de falla ó mantenimiento de dicho elemento. Lo mínimo del equipo eléctrico es fino y se conecta con grupos ó bloques móviles por medio de conectores de enchufe, tanto para los circuitos de potencia, como para los circuitos de control.

Los grupos que componen una subestación son:

Grupo seccionador. - Contiene la mufa terminal del cable de 25 Kilovolts que viene de la subestación de alta tensión del puesto central de control y el seccionador de 25 kilovolts que tiene como función principal la de aislar la subestación de rectificación, con respecto al cable de 25 kilovolts alimentador. Este seccionador contará con un contacto que es el encargado de enviar al puesto central de control la posición de cerrado ó abierto de dicho seccionador.

Grupo transformador auxiliar. Del grupo seccionador se conecta és

TIPOS DE SUSPENSIONES PARA COCHES DE FERROCARRIL



P I G . 6

te grupo y está constituido, como su nombre lo indica por un transformador que suministra energía para todos los auxiliares de la subestación; las características generales de éste transformador son:

Capacidad nominal 35 Kva,

Conexión 

Transformación 25 Kv/220 volts-127 volts.

Grupo transformador principal. Igual que el anterior éste grupo se conecta por medio de cuchillas tripolares del grupo seccionador y está constituido por el transformador de alimentación al grupo rectificador que suministra la corriente de tracción de los trenes. Las características primordiales de éste transformador denominado principal son:

Capacidad nominal 3250 KVA

Conexión 

Transformación 25 Kv/540 V.

Tensión primaria 25-30 Kv.

Impedancia 7 %

Variación de tensión en el secundario $\pm 2.5\%$ a $\pm 5\%$

Frecuencia 50 - 60 c.p.s.

Además, el transformador principal es del tipo interior, con tanque lleno de pyraleno, enfriamiento a base de aire forzado, tipo (OFA) diseñado especialmente para absorber sobretensiones y sobrecargas frecuentes del 25 %.

Sus dos devanados secundarios están acoplados de manera tal que suministran tensiones defasadas en 30° y que permiten al conectarse a los

rectificadores tener una menor amplitud en la ondulante de la corriente rectificada, ya que cada devanado secundario alimenta a un conjunto rectificador compuesto por diodos de silicio conectados en puente.

Debido a que su sistema de enfriamiento es a base de aire forzado cuenta con dos termostatos de mercurio, que envía la orden de alta velocidad al ventilador que proporciona un volúmen de aire de $12 \text{ m}^3/\text{s}$.y sirve -- también para control de temperatura peligrosa del transformador.

El transformador principal tiene condensadores de absorción de sobretensiones, montado en los bornes secundarios del transformador y protegidos por fusibles corta-circuitos, con indicador de fusión y dispositivo de señalización.

Grupo rectificador. Este grupo como su nombre lo indica, es el que rectifica la corriente alterna de 540 volts para suministrar la corriente directa de tracción de 750 volts a la catenaria del sistema.

5.2.3 MATERIAL RODANTE.

Características Generales de los Carros.

Las unidades estarán formadas por tres carros (elementos) de los cuales dos son unidades motrices y uno de remolque; posteriormente, se podrán ampliar a 6 carros con 4 elementos motrices y dos de remolque, ó 9 carros con 6 elementos motrices y 3 remolques, etc.

Los carros motores y los remolques estarán provistos de bogués de dos ejes en los que van montadas las ruedas metálicas que rodarán sobre vía clásica. (fig. 7)

FIG. BOGUE DE UN CARRO MOTOR

- 1** Chasis de bogie
- 2** Rueda portadora
- 3** Motor
- 4** Rueda reductor
- 5** Timonería de freno
- 6** Suspensión primaria

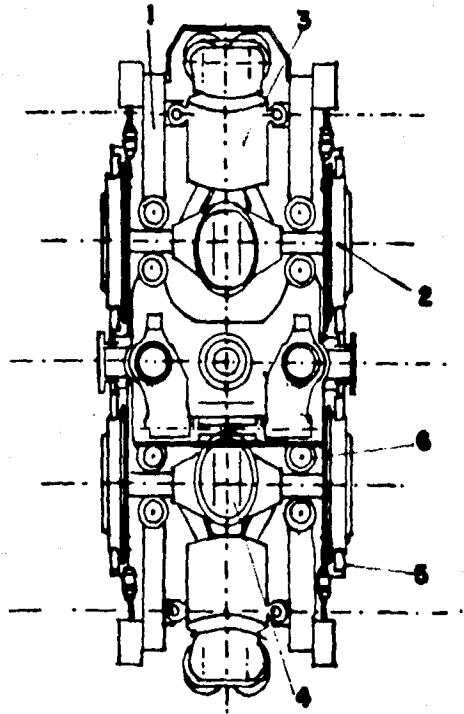


FIG. 7

Los elementos componentes de los trenes son de 3 tipos:

"M" motriz con cabina de conducción.

"N" motriz sin cabina de conducción.

"R" Remolque.

Los trenes de 9 carros se colocarán en la disposición:

M-R-N-N-R-N-N-R-M.

El carro "M" tiene en un extremo de la carrocería la cabina de conducción; en ésta se encuentra el conductor que lleva el mando de los trenes.

En la cabina se encuentran los siguientes dispositivos:

En un pupitre se encuentran los órganos de conducción y control; los principales son: Manipulador de tracción, tacógrafo y tablero de control y - pruebas, los cuales permiten comprobar la corriente de tracción del tren y señala las anomalías eventuales del funcionamiento. En el mismo tablero - existirá un conjunto de dispositivos de mando, control de puertas y los aparatos telefónicos.

Los trenes serán equipados con un dispositivo de parada automática que actúa sobre el freno de zapatas; opera a través de los circuitos de señalización, instalados en la vía. También se ha previsto un sistema de conduc ción automático, para el manejo de los trenes, que regula automáticamente, a través del puesto central de control, el intervalo de los trenes en la línea.

El carro motor "N" se caracteriza por no tener cabina de conducción; el equipo motor es similar al de los carros "M".

Bajo la carrocería de las unidades "R", se encontrarán instalados un compresor que acciona las puertas, los frenos neumáticos y parte de los --

controles; una batería que suministra corriente en baja tensión (72 volts) - a los circuitos de mando del tren y un grupo motogenerador que suministrará corriente alterna trifásica a 250 V. y 250 c.p.s. a los tubos de alumbrado fluorescentes y a los rectificadores que aseguran el cargado de la batería y la excitación de los motores en frenado reostático.

En las cabinas de los trenes se instalarán equipos telefónicos que permiten:

- a). - Comunicar al conductor que se encuentra en la cabina delantera con el empleado alojado en la cabina posterior.
- b). - Dar aviso a los pasajeros, en caso de necesidad mediante alta voces colocados en los carros.
- c). - Establecer en cualquier circunstancia, comunicación entre el conductor del tren y el puesto central de control.

Con estos equipos se asegura la operación con un alto nivel de seguridad, y el conductor del tren puede dar aviso inmediatamente de cualquier situación anormal en el carro ó en la línea.

Se han diseñado dos modelos de carrocerías, una para unidades motrices con cabina "M" y la otra para carros motrices sin cabina "N" y remolque "R". La diferencia entre ambos es la longitud y el tipo de frente, pero con idénticas piezas constitutivas de las estructuras y de los revestimientos internos.

5.2.4 CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES DE TRACCION Y TRANSMISION.

En las unidades motrices se instalarán 4 motores de corriente con-

tínua con capacidad de 180 KW. por unidad.

Los dos motores de una carretilla actúan sobre los dos ejes con --
ruedas de acero, a través de un mecanismo diferencial por eje. Los moto-
res de cada carretilla son acoplados permanentemente en serie, con el ob-
jeto de tener un mismo par de tracción en los dos ejes.

Los dos motores de la carretilla actúan en conjunto, teniendo en --
condiciones normales la misma tensión e intensidad de corriente.

Durante el arranque los equipos de control realizan transiciones --
serie paralelo entre los dos grupos de un mismo carro. Combinando la re-
sistencia de arranque, se regula la excitación de los equipos y se obtienen-
cuatro regímenes normales de marcha. (fig. 8)

La regulación automática de las transiciones de marcha se realiza-
por medio de un cronoamperímetro. Con éste dispositivo se limita la inten-
sidad de corriente en el arranque, se ajusta automáticamente a las diferen-
tes circunstancias de marcha y se logra una aceleración independientemen-
te de la carga de los carros hasta su capacidad normal.

Los motores son de 4 polos con inducido balanceado.

El dispositivo "Cronoamperimétrico" al cuál está ligado el equipo de
control de los motores de tracción, asegura el arranque del tren en un tra-
mo horizontal con una aceleración de 1.33 m/s^2 , operando con carga nor--
mal. Los relevadores de intensidad intervienen cuando la carga sobrepasa a
la normal, limitando la intensidad de corriente, lo que disminuye la acelera-
ción hasta 1.24 m/s^2 .

Los motores de tracción han sido previstos para funcionar como ge-

FIG. SISTEMA DE PROPULSION

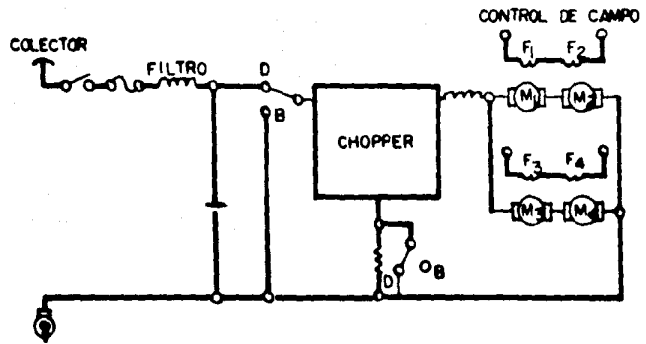


FIG. 8

neradores de excitación separada, produciendo un frenado reostático. Además, en los carros se instalará un sistema de frenado neumático con zapatas de madera. En éste caso la rueda metálica actúa como tambor de freno.

La corriente producida cuando los motores funcionan como generadores se descarga en bloques de resistencias que regulan y mantienen el par en forma constante, independientemente de la velocidad a la que se requiere determinado frenado.

Se utilizan 3 fuentes de energía eléctrica en los trenes. Una fuente llamada HT (alta tensión) a 750 volts de corriente continua, que se toma de la línea de contacto a través del pantógrafo. Con ésta corriente se alimentan los equipos de potencia.

Una corriente de baja tensión (70-40) V. del tipo continuo, suministrada por las baterías, opera los servicios auxiliares, los equipos de mando, los servomecanismos, los elementos de seguridad, etc.

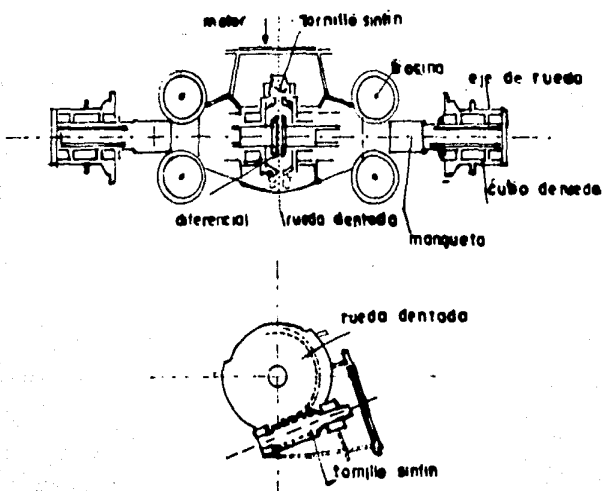
En los motogeneradores se produce una fuente de corriente alterna a 250 Volts, 250 c.p.s., que se utiliza para alimentar los circuitos de alumbrado fluorescente.

Transmisión.

Las altas velocidades que alcanza éste tipo de transporte, requiere la independencia de rotación de las ruedas de un mismo eje, lo que conduce, para el eje portador, a un montaje de eje fijo y cubos de ruedas giratorias y para el eje motor a una transmisión mediante diferencial. (Fig. 9).

FIG. TRANSMISION

punte de tornillo sin fin



F I G . 9

Por otra parte ya que el motor ha sido previsto con una velocidad de rotación elevada con objeto de reducir el volúmen y el peso, el accionamiento del eje motor debe realizarse mediante un reductor de relación elevada.

Los motores de tracción van dispuestos longitudinalmente en el eje del boogie y montados directamente sobre las bridas de los puentes del tornillo. El eje del motor está inclinado con relación al plano de rodamiento para permitir la inscripción en el gálibo.

El puente de tornillo sin fin es sencillo ya que permite obtener en una sola etapa la relación de reducción requerida. Por el contrario contiene órganos delicados que requieren una ejecución meticulosa como el montaje preciso y una lubricación perfecta. El limitador del tornillo, que soporta esfuerzos muy importantes durante el arranque y que puede alcanzar velocidades de rotación elevadas entre el tornillo y la corona dentada en donde se producen fricciones a una velocidad relativamente elevada y por lo cual no pueden permitir ninguna falla de lubricación sin que esto genere su rápida destrucción.

La lubricación se obtiene mediante borboteo.

El diferencial es del tipo de 2 satélites y dos planetarios.

El ataque del eje de entrada por el motor se realiza elásticamente mediante un eje de torsión situado en el eje hueco de inducido.

La revisión general, así como el cambio de aceite, debe realizarse cada 350,000 kilómetros.

5.2.5 ALUMBRADO.

Los coches se alumbrarán eléctricamente y pueden estar provistos de un equipo individual, de un equipo colectivo ó de una combinación de ambos.

El alumbrado individual se aplica en todos los coches de líneas importantes, pues da mayor libertad en la utilización de los vehículos. El principio del sistema consiste en suministrar a cada coche la corriente necesaria para hacer funcionar un motor de operación del tipo compuesto que hace funcionar un generador de alimentación de corriente alterna de 250 Volts. y 250 c. p. s.

Un regulador asegura automáticamente la puesta del circuito ó el retiro del generador para diferentes regímenes de marcha y mantiene una tensión sensiblemente constante.

La iluminación será dada por tubos fluorescentes de 40 watts con alimentación de 250 v. y 250 c. p. s.

El sistema auxiliar de alumbrado funcionará por medio de una batería alcalina, lo cuál será cargada por medio del generador de alimentación de corriente alterna que pasará la alimentación a un transformador de carga de batería y de allí pasará por un puente de rectificación de carga de batería, mismo que entra en funcionamiento cuando se suspende el suministro de corriente al circuito de alumbrado principal.

Las lámparas del sistema auxiliar serán incandescentes y alimentadas por las baterías de 64 volts en caso de deficiencias de la tensión de 250 volts.

Se ha escogido el alumbrado por tubos fluorescentes a causa de sus interesantes propiedades.

- Mayor eficiencia luminosa (40 lumens por watt)
- Ausencia de encandilamiento.
- Excelente calidad de luz
- Mayor duración de utilización (de 2000 a 3000 horas)

5.2.6 SISTEMAS DE CALEFACCION, VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO.

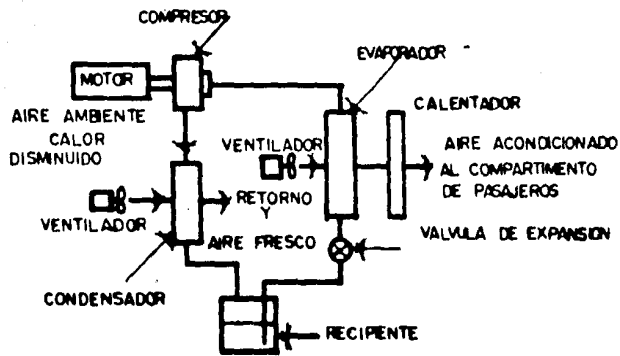
El sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado está ilustrado en la fig. 10. El sistema de aire acondicionado consiste de 2 sistemas independientes de 8 toneladas, cada uno controlado por separado. Cada sistema consiste de un compresor condensador montado bajo el carro, y un evaporador (desahogador) y una unidad calentadora montada en la parte superior del final de cada carro. Un ducto de aire central tiene un divisor diagonal para la mezcla de 2 flujos de aire en el interior del cuerpo del carro.

El sistema está diseñado para mantener una temperatura máxima interior de 23.88°C sobre una temperatura exterior de -9.4°C a 40.55°C .

En el interior, un total de 4000 cfm de aire de circulación y 1800 cfm de aire fresco son mezclados cuando opera un clima caliente, cuando cierto aire fresco termostático escapa a una temperatura predeterminada, una segunda etapa de calor es agregada para la operación de baja temperatura.

Este sistema es igualmente único en extremos de medio ambiente que se pueden encontrar y en el gran incremento de aire fresco requerido de más para éste sistema.

FIG. SISTEMA DE CALEFACCION, VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO



F I G . 1 8

5.2.7 SISTEMAS DE FRENOS.

Existen básicamente tres sistemas de frenos que son:

- a). - Sistema de freno neumático.
- b). - Sistema de freno reostático.
- c). - Sistema de freno manual (mecánico)

Sistema de freno neumático.

Este sistema está compuesto por un compresor movido por un motor de 750 V.C.D. El compresor alimenta un tanque denominado reserva principal, cuya capacidad es de 250 litros a 8.2 Kg/cm^2 . Tanto el motor compresor, sus auxiliares y la reserva principal estarán alojados en el carro remolque R de cada elemento (M-R-N ó N-R-N). A partir de la reserva principal se alimenta una tubería denominada tubería de equilibrio, que corre a lo largo de todo el carro, uniéndose a la de los otros carros por un tubo unido al acoplador, que es el enganche mecánico de unión entre 2 carros y que además hace la conexión de algunos circuitos eléctricos del tren.

La tubería de equilibrio como su nombre lo indica, permite establecer una presión equilibrada a partir de la misma en todos los carros que forman bien un elemento ó bien un tren.

De la tubería de equilibrio en cada carro, se conecta el sistema de frenado neumático del carro, que está compuesto por la electroválvula moderable de desfrenado (E. M. D.), que es la que recibe la orden ó el impulso eléctrico de intensidad de frenado y permite el paso de aire a presión hacia la tubería de bloqueo. La electroválvula moderable de desfrenado tiene como auxiliares:

- Una llave de aislamiento para tubería de equilibrio
- Una válvula de purga, ya que el aire comprimido presenta una humedad pequeña y es necesario, en forma periódica desalojar el agua.
- Entre la (E. M. D.) y su llave de aislamiento se encuentra un filtro de aire y un silenciador.
- Un tanque denominado reserva auxiliar de aire, con una capacidad de 36 litros, que en caso de avería de la tubería de equilibrio, en ese carro ó en cualquiera de sus accesorios permite mantener bloqueada la (E. M. D.) y con ésto frenado el carro.
- Un escape de aire por medio de una llave que permite la expulsión de aire de la E. M. D.

A la tubería de bloqueo que es alimentada por la E. M. D., se conectan con tubos flexibles los cilindros de freno del carro, que actúan sobre -- un varillaje que presiona un par de zapatas de madera contra cada una de -- las ruedas, provocando así el frenado del tren.

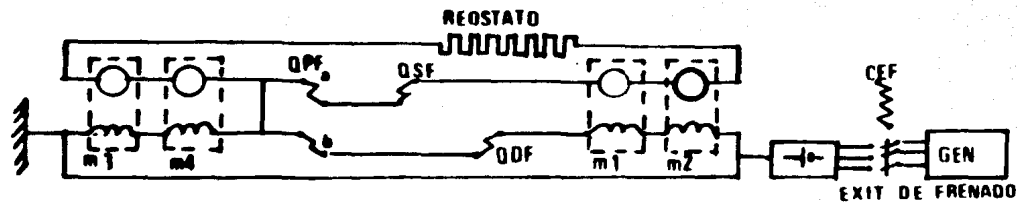
Sistema de frenado reóstático.

Este sistema parte del principio que si a un conjunto motor se le suministra la energía eléctrica ésta se convierte en trabajo, teniendo una fuerza rotatoria en las partes del conjunto motor, siendo ésta la potencia del -- conjunto y dependiendo de la energía suministrada cada instante, si se corta el suministro de energía, queda el trabajo residual como el valor de la fuerza de inercia tenida en el momento de corte, dicho trabajo residual es aprovechado utilizando el conjunto motor como conjunto generador, efectuando la conversión de fuerza residual ó de inercia en energía eléctrica, la cuál se -

disipa en resistencias transformandola en calor. Entre más grande es la fuerza residual ó de inercia, mayor generación eléctrica se tiene y más rápidamente se absorbe la fuerza de inercia en un reóstato, traduciendo en un frenado del conjunto generador, cuya potencia es la de la fuerza de inercia del generador. La intensidad del frenado es controlada enviando la energía generada a un puente rectificador, el cuál alimenta la excitación del ahora generador, produciendo una fuerza contraelectromotriz que se opone al movimiento y que controla la generación de la energía residual a disipar en el reóstato.

El sistema de frenado reóstático trabaja en la siguiente forma: (Fig. 11).

Existe un generador que es el que dará la excitación de los motores para trabajarlos como generadores, su conexión se hace a través de un relevador (CEF) que es un contrator de excitación en frenado. A partir de aquí, pasa la corriente a través de un rectificador y regulador, la corriente de excitación ya rectificada y regulada pasa al circuito de excitación propio de los motores y que se compone por válvulas eléctricas (diodos) que dirigen el flujo de corriente hacia los campos de excitación ó inductores de los 2 primeros motores, teniendo ésta conexión en serie. La corriente de excitación pasa inmediatamente por un relevador QDF que es el de inicio de frenado, siguiendo a través de la bobina (b) del relevador QPF que es el que permite la progresión del frenado. Después de pasar por éstos relevadores se conecta al circuito de los inducidos de los motores 3 y 4 a la bobina (a) del relevador QPF, siguiendo a través del relevador QSF que es el de sobre



CIRCUITO DEL FRENADO REOSTATICO

carga en frenado hasta los inducidos de los motores 1 y 2, que también se conecta después de pasar por la bobina (b) del QPF hacia los embobinados-inductores de los motores 3 y 4, cerrándose éste circuito a tierra, con un cable y una válvula eléctrica (diodo) antes de entrar la corriente rectificada y regulada a los inductores de los motores 1 y 2. La corriente que se genera en los inducidos de los motores así como la de los inductores se disipa en el reóstato de frenado.

Sistema de frenado manual (mecánico)

Este sistema está compuesto por una manivela que acciona un tornillo sin fin largo que por medio de una corredera acciona un varillaje que presiona un par de zapatas contra cada una de las ruedas, provocando de esta forma el frenado permanente del tren.

5.3 SISTEMA DE CONTROL Y CONDUCCION AUTOMATICA DE TRENES.

Este capítulo tiene como finalidad tratar en forma somera el aspecto de automatización, hasta donde sea posible, de los aspectos que intervienen en el funcionamiento de una línea y en general de un sistema de transporte como lo es el Ferrocarril Suburbano. Veremos los elementos que nos ayudan a planear, supervisar y dar seguridad a nuestro sistema, tanto lo que se refiere al equipo en el tren, en la vía, como el que se requiere en el puesto central de control.

Bien sabemos que el principal problema que afronta un organismo de transporte masivo, es la seguridad con que el sistema responde a la demanda de la colectividad a la que sirve, pues encontramos grandes índices de --

accidentes como consecuencia de carecer de un eficiente sistema de seguridad.

El Ferrocarril Suburbano para el Valle de México, tema de este trabajo, podría funcionar eficientemente con una semi-automatización aprovechando la facilidad que presenta el sistema de su implantación por módulos dependiendo de las necesidades propias del mismo, hasta poder llegar si es necesario, a la completa automatización. Sin embargo, accidentes como el ocurrido en 1975 en esta ciudad, llevan al grupo que respalda la presente, a proponer la automatización completa del sistema con la implantación del Control Automático de Trenes.

5.3.1 CONTROL DE MARCHA Y SEÑALIZACION.

SISTEMA ATC.

Este sistema es un sistema modular dentro de la solución integral, pudiéndose alcanzar los diferentes objetivos de la conducción automática en forma gradual. Permite su implantación por etapas aportando soluciones descentralizadas, es decir, el no correcto funcionamiento de alguno de los equipos permite normalmente el funcionamiento del sistema a excepción de la función que utiliza la parte averiada.

Así, el sistema de ATC está formado por tres subsistemas perfectamente definidos; El subsistema de ATP (Protección automática del tren), el ATO (Conducción automática del tren) y el subsistema ATS. (Supervisión automática del tren); las cuales describiremos a grandes rasgos en los siguientes párrafos.

Subsistema ATP.

Debido a que en este sistema de transporte la seguridad en la circulación de trenes es el primer objetivo en la automatización del sistema, los equipos de ATP tienen la misión de garantizar en todo momento la seguridad del sistema basándose fundamentalmente en la detección del tren por el shun tado de los carriles mediante los ejes de los coches, y en la transmisión -- también por carriles de señales codificadas en baja frecuencia correspondientes a la velocidad del tren permitida en cada sección de vfa. Este sistema ofrece la máxima garantía de seguridad por la larga experiencia acumulada.

El sistema de ATP realiza las funciones de protección del tren contra cualquier tipo de alcance o colisión. Así, el sistema de ATP utiliza los circuitos de vfa como elemento base para la detección del tren y aprovecha las instalaciones de los enclavamientos para la selección de las órdenes de velocidad a transmitir por los propios equipos del ATP, y para las indicaciones luminosas del sistema de señales de socorro (que permitan las circulaciones nocturnas de vehículos de mantenimiento o trenes averiados, evitando de esta forma una doble instalación en la realización de la misma función). Cada sección de vfa mencionada anteriormente, se divide por medio de "juntas aislantes" en secciones eléctricamente distintas llamadas "circuitos de vfa" (CDV), el cuál podemos ver en la fig. 12. El CDV tiene conexiones inductivas colocadas en sus dos extremos y las cuales permiten el retorno de la corriente de tracción por los rieles de seguridad y sirven como transformador para la corriente alterna de señalización.

ESQUEMA DE UN
CIRCUITO DE VIA

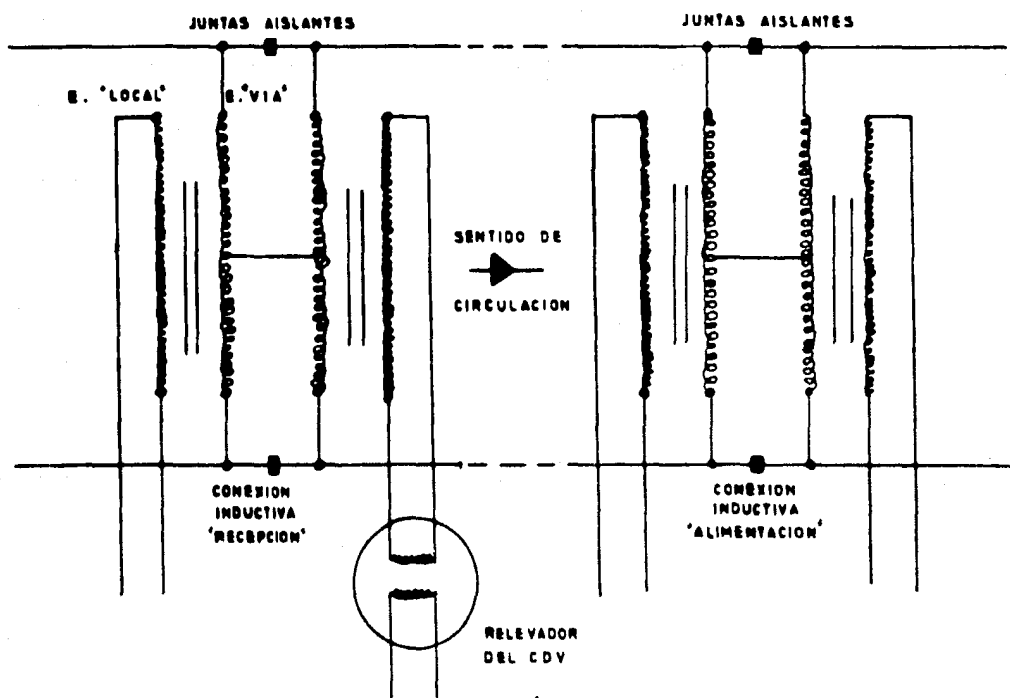


FIG. 12

La alimentación del CDV se efectúa por la conexión inductiva situada en la extremidad delantera de dicho CDV, la recepción tiene lugar en la conexión inductiva situada en la extrmidad trasera.

A cada CDV corresponde un relevador de vfa que comprende dos embobinados: un embobinado "local", alimentado en permanencia y un embobinado "vfa".

En ausencia de tren sobre el CDV (CDV LIBRE) el embobinado "vfa" del relevador está excitado por la corriente de recepción.

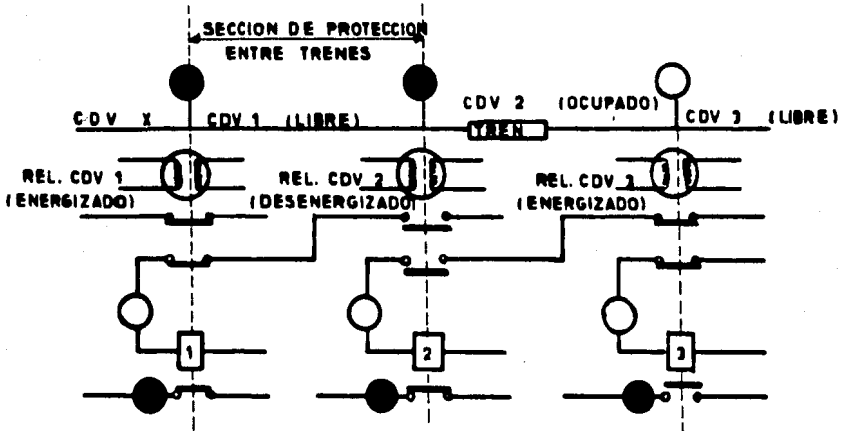
La parte móvil del relevador sometido a la acción de los flujos formados por las corrientes que circulan dentro de los dos embobinados "vfa" y "local", se ve accionado y asegura una serie de contactos en posición de cierre o continuidad de un circuito.

La presencia de un vehículo sobre los rieles de seguridad es detectada por el puenteo establecido sobre cada carretilla. Si un tren ocupa un CDV cortocircuita el embobinado "vfa". Como la parte móvil del relevador no está más sometida a la acción anteriormente expuesta, se repone en su sitio y asegura una serie de contactos en posición abiertos. Estas dos posiciones materializan respectivamente la no ocupación y ocupación del CDV y sirven para el mando y control de las luces de señalización.

La seguridad estriba en que la presencia misma de un tren o de un vehículo cualquiera sobre la vfa asegura la puesta en rojo de la señal o señal de paro, situada en el origen del CDV. Por otra parte, todas las fallas (ruptura de circuito, etc.) no puede tener otra consecuencia sino impedir la excitación del relevador CDV, aunque dicho CDV esté libre (desocupado),

C. D. V.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



● SEÑAL ROJA

○ SEÑAL VERDE

□ RELEVADOR DE LUCES

⊞ RELEVADOR DE CDV

es decir, mantener la señal al rojo. Dichas fallas nunca pueden ocasionar la puesta en vía libre intempestiva de una señal.

La fig. 13 representa el funcionamiento de la señalización del CDV. Cada puesto de señalización está equipado además de los órganos ya descritos, de un relevador de luces cuyo embobinado está montado en serie con la lámpara de la luz de vía libre (verde). Dicho relevador tiene como función abrir o cerrar el circuito de la lámpara de la luz roja de la señal, por lo que está normalmente excitado cuando la lámpara de la luz verde está encendida y abre entonces el circuito de la lámpara de luz roja. Está desexcitado cuando la lámpara de la luz verde está apagada y cierra entonces el circuito de la lámpara de luz roja.

El tren ocupando el CDV 2, por ejemplo, hace que el relevador de CDV 2 esté desexcitado y que la señal 2 esté en rojo.

El CDV 1 ha sido liberado por este tren y el relevador de CDV 1 está excitado; pero la señal 1 permanece al rojo, ya que el circuito de la lámpara de la luz verde queda por el contacto del relevador del CDV 2 en posición abierta. La señal 1 se pondrá en verde una vez que el tren haya liberado al CDV 2 (entonces el relevador del CDV 2 estará excitado).

El tren recibe de forma continua órdenes con la misma velocidad de seguridad permitida en cada tramo de forma tal, que si llega a alcanzar una velocidad superior, los equipos de ATP en el tren producirán un disparo del freno de emergencia.

La velocidad máxima está determinada en cada lugar por las características propias de la vía, y en cada momento, por la posición de los ---

A. T. P.

CODIGOS DE VELOCIDAD

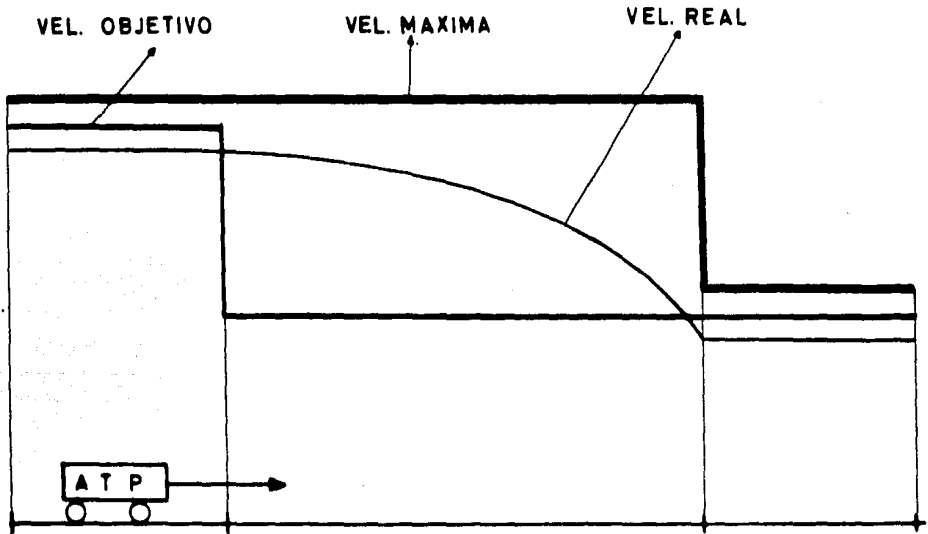


FIG. 14

trenes precedentes que restringen la velocidad a la necesaria para mantener la distancia correcta de frenado.

Los códigos de velocidad indican al tren los valores diferentes de ésta: una es la máxima permitida y la otra es la que llamaremos velocidad objetivo. Esta nunca será superior a la máxima permitida, pero en muchos casos podrá esencialmente coincidir (fig. 14). En la fig. 15 puede verse la configuración de los códigos por la presencia de un tren. A. En los circuitos inmediatos posteriores aparecerán los códigos 0/0; 34/0; 70/57; -- 70/70, Km/h, de tal forma que delimitan aproximadamente una parábola de frenado. Al tren B, si entra en el circuito 70/57, le aparecerá una indicación luminosa de que su velocidad objetivo es 57; al mismo tiempo los equipos de ATP le cortarían la posibilidad de tracción indicándole acústica y luminosamente que su velocidad es superior a la objetivo, y el tren deberá frenar con el freno de servicio en su máximo valor hasta alcanzar la velocidad de 57 Km/h. Si por cualquier causa entrara en el siguiente circuito de vfa con velocidad superior a 57 Km/h, se aplicarían los frenos de emergencia.

Logicamente el estudio de las características de la línea permite un planeamiento óptimo de las longitudes de los circuitos de vfa con objeto de permitir el paso de una velocidad máxima a otra inmediata inferior con un tiempo mínimo, utilizando el grado máximo de freno de servicio.

Equipo de ATP en vfa. Los equipos situados en vfa del sistema de -- ATP (protección automática del tren) tienen como objetivo enviar, utilizando los propios carriles, unas señales codificadas en forma de portadoras moduladas en frecuencia para indicar al tren la velocidad a la que debe ir en cada

A. T. P.

CODIGOS DE VELOCIDAD

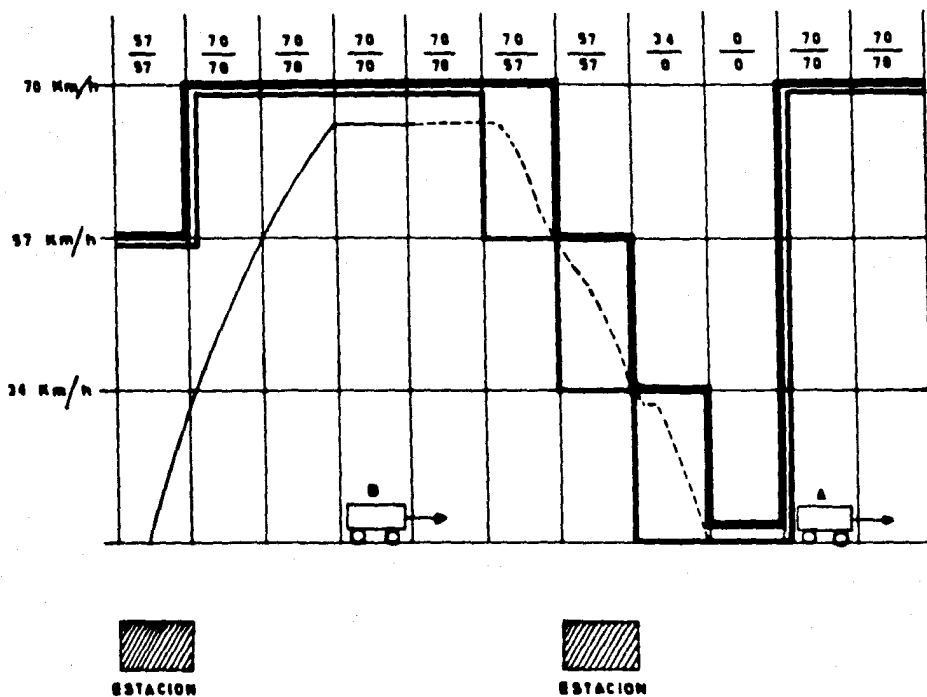


FIG. 19

momento. La generación, selección y transmisión de estas señales codificadas se realiza con equipos contruidos con técnicas "Fall-safe" (seguridad ante fallos) y utiliza como elementos de detección de la posición del tren, circuitos de vfa con o sin juntas inductivas.

Como la protección automática del tren lo indica, la protección integral del sistema exige no solamente la presencia de unas señales codificadas en vfa, sino también unos equipos de captación y valoración de estas señales a bordo, realizándolo con el mismo nivel de seguridad que los equipos en vfa.

Equipo de ATP en el tren. Los equipos de ATP en el tren actúan directamente sobre los frenos de emergencia en cuanto se rebase la velocidad máxima permitida en cada instante, protegiendo al tren frente a cualquier colisión o incidencia en la vfa (rotura de carril, etc). El subsistema se ha construido para su funcionamiento independiente del resto del sistema con técnicas de seguridad y con su modo propio de conducción llamado MANUAL ATP, que puede ser seleccionado por el conductor anulando los equipos de ATO.

Subsistema ATO.

El subsistema de ATO (Conducción automática del tren) se ha desarrollado de acuerdo a los principios generales en la implantación del sistema ATC.

Se ha pretendido buscar soluciones concretas a los principales problemas de explotación como reducción de personal, mayor frecuencia de tráfico, parada en puntos determinados de cada estación, marcha en deriva con

el consiguiente ahorro de energía y circulaciones rápidas sin paradas en determinadas estaciones.

Su misión es la de conducir un tren automáticamente, y éstas funciones las realiza a nivel vía-tren. La posibilidad de éstos equipos de aceptar órdenes procedentes del puesto de mando central como las anteriormente mencionadas, le confiere la gran responsabilidad de integrarse y funcionar en coordinación con los equipos de ATS.

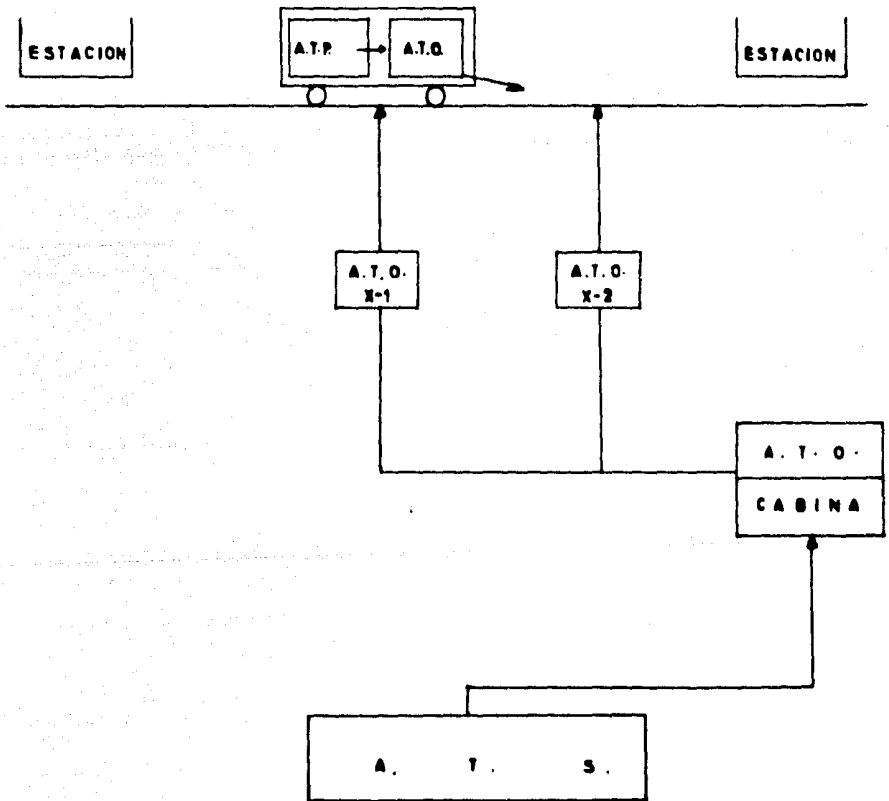
Los equipos de ATO tienen como misiones fundamentales las siguientes:

- 1).- Regular la vel. de acuerdo a las características de la inter-estación o del intervalo u horario elegido, desconectando la potencia de tracción en razón de las posibilidades de marcha en deriva o por inercia.
- 2).- La realización de la parada en puntos determinados de la estación, de acuerdo con la longitud del tren y de la posición de las salidas y entradas en los andenes de los pasajeros, para una mayor facilidad en el movimiento y distribución de la gente dentro de las estaciones.
- 3).- Control de la desaceleración en el momento de parada final, para aumentar el confort en la marcha.
- 4).- Selección del lado de apertura de las puertas de acuerdo con el tipo de andén (central o lateral) de cada estación y del sentido de marcha.
- 5).- No parada en una estación determinada, según sea un tren en servicio rápido o bien en viaje a cocheras por necesidades de revisión del material, etc.

Todas éstas operaciones son realizadas en función de las órdenes -

A. T. O.

CANAL DE INFORMACION



F I G . 1 7

que les son enviadas desde la vfa, y que el tren capta mediante las antenas situadas en los boogies, y la información de la velocidad real suministrada por los tecogeneradores acoplados a las ruedas.

En la figura 16 se pueden ver claramente las responsabilidades del ATP, con relación al sistema de ATO. El primero, realiza una misión de protección: sus órdenes de velocidad delimitan la velocidad máxima de seguridad, que en todo momento protege al tren y que en funcionamiento en ATO nunca deberá ser sobrepasada. En caso de que ocurriera, automáticamente se desencadenaría el freno de emergencia. La información de la velocidad teórica a que debe ir, la recoge en forma continua de los códigos de ATP. La velocidad objetivo es la que debe regular el equipo de ATO.

Como puede verse también, la interconexión con el puesto central se realiza a través del equipo de vfa.

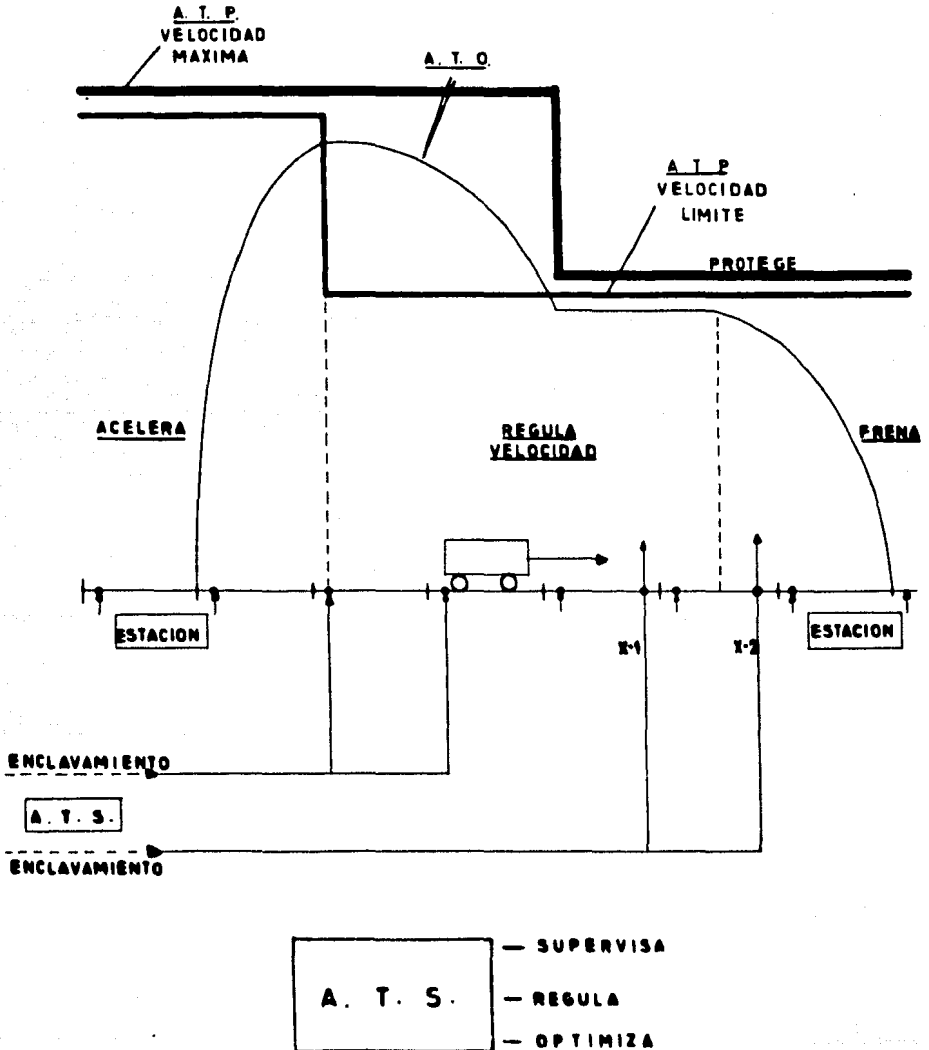
El sistema de ATO está formado fundamentalmente por un equipo de vfa encargado de transmitir las diferentes órdenes al tren y un equipo montado en los coches del material móvil.

El equipo de vfa está formado por un transmisor de ATO, que recoge las órdenes procedentes del puesto central y las envía juntamente con una serie de informaciones fijas, características de cada tramo o trayecto, a través de un cable a un bucle o baliza de transmisión de órdenes en la vfa, situado en un punto definido antes de cada estación, para desde allí ser transmitido al tren.

Un esquema del equipo de vfa del ATO se puede ver en la figura 17. Los bucles de ATO están situados antes de la estación y su posición está in-

A. T. C.

CONTROL AUTOMATICO DE TRENES



F I G. 1 6

timamente relacionada con la parada en ésta. Las balizas o lazos se designan por X-1 y X-2, y la información que envía cada una de ellas es la siguiente:

Baliza o bucle X-1:

- 1). - Distancia de X-1 al punto de parada en el andén.
- 2). - Información del gradiente (pendiente o rampa) existente en todo el recorrido bajo control de frenado.
- 3). - Posición del tren en el andén.
- 4). - Orden de no parada en estación.

Baliza o bucle X-2:

- 1). - Distancia de X-2 al punto de parada en el andén.
- 2). - Diferentes órdenes de deriva.
- 3). - Distancia de X-2 al próximo marcador X-1

Toda información es recogida a través de las antenas de ATO situadas en el boogie, una sobre cada raíl, y en la cabeza del tren, para ser presentadas a los equipos de ATO del tren.

Estos son equipos diseñados con un alto grado de fiabilidad para garantizar un servicio de alta calidad. Así, en la figura 18 en donde se dibuja esquemáticamente una unidad móvil, se ha dividido el tren en dos secciones:

Una realizando funciones de ATP y cuyas órdenes de salida suponen la actuación del freno de emergencia (también se ha incluido un servicio más, que es la anulación de la orden de tracción, aunque no es propiamente necesario desde el punto de vista de la seguridad del tren), y la otra sección, con los equipos de ATO, con actuación sobre las diversas órdenes de tracción, -

A. T. O.

ORDENES AL TREN

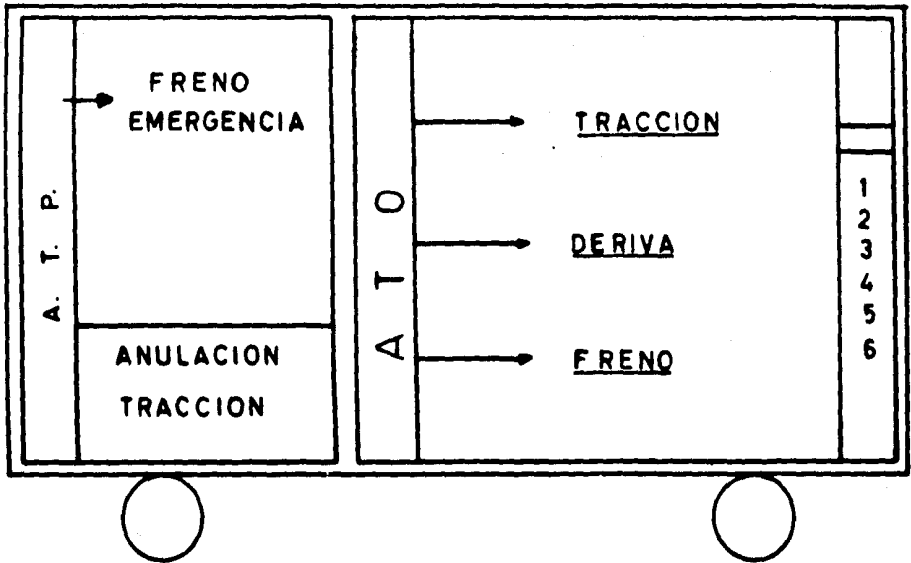


FIG. 18

deriva y frenos de servicio en sus diversos grados o puntos.

En la figura 19 se ha dibujado de forma esquemática, la interconexión entre los equipos de ATP y ATO, juntamente con los canales de información a las unidades de ATO.

Como se puede ver, de las unidades de ATP le llega la información de la velocidad objetivo, velocidad teórica a la que debe tender a regular en cada momento. Las otras fuentes de información son:

El tacogenerador, cuyas señales son utilizadas para la medida de la velocidad y del camino recorrido, y las antenas, que recogen toda la información de la vfa.

Subsistema ATS.

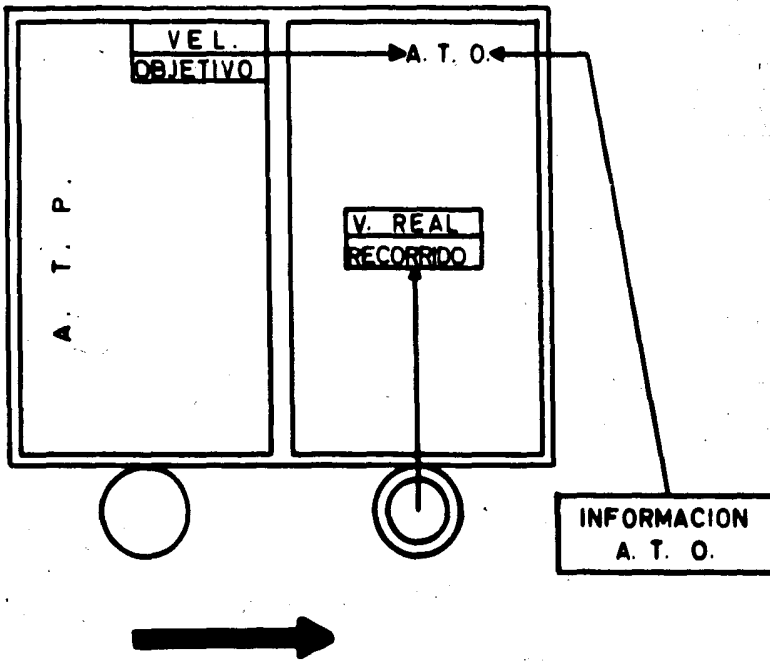
La coordinación de todas las operaciones de control en el proceso de automatización está asignada a este subsistema, que permite el máximo aprovechamiento de los equipos de ATP y ATO.

Siguiendo la filosofía general utilizada para la elaboración de este sistema, los equipos de ATS pueden ser instalados independientemente de los equipos de ATP y ATO. Su implantación puede realizarse por etapas sucesivas.

Fundamentalmente está formado por un equipo de transmisión de datos, desde la vfa al puesto central, para ser procesados en una configuración dual de computadoras (dos computadoras en paralelo) y, en función de los programas generar las órdenes correspondientes para ser enviados nuevamente a la vfa, informando al mismo tiempo al operador del puesto central, ya sea por un panel de representación o una configuración de monitores de televisión y/o listado de computadora.

A. T. O.

INFORMACIONES EN TREN



F I G . 1 9

Así, desde la vía se recoge toda la información necesaria, como -- ocupación de circuitos de vía, estado de las señales, itinerarios establecidos, etc., y se envía a través del sistema de transmisión de datos al puesto central.

5.3.2. SISTEMA DE CONTROL DE PUERTAS

Las puertas de los trenes del ferrocarril suburbano de la Ciudad de México, serían controladas eléctricamente y accionadas en forma neumática. El funcionamiento de las puertas comprende:

1). - Anuncio de salida; que es un zumbador que es accionado a través de un botón que se encuentra localizado junto a cada puerta de cada cabina de conducción.

2). - Mando de cierre y salida: si todas las puertas están cerradas y mantiene el cierre de las mismas en forma neumática; lo que se hace oprimiendo un botón que está inmediatamente abajo del botón zumbador de anuncio, se enciende una lámpara piloto que tiene abajo la inscripción "mantenimiento cierre" y suena una campana que es el permiso de salida del tren.

3). - Mantenimiento de cierre durante la marcha del tren: el mantenimiento del cierre de las puertas se tiene durante el recorrido del tren, salvo que se haga la preparación de la apertura de las puertas o que se accione el freno de emergencia, o que la velocidad sea menor de 12 Km/h.

4). - Preparación de la apertura de puertas: si la velocidad del tren es inferior a 12 Km/h, es posible oprimiendo una llave localizada en el pupitre de la cabina de conducción, preparar la apertura de las puertas.

5.3.3 FRENOS DE EMERGENCIA

En los circuitos eléctricos del tren se encuentra un circuito denominado "frenos de emergencia", el cual cuenta con equipos de contactos que conectados en serie permiten la continuidad del hilo que alimenta el relevador o válvula electroneumática de vigilancia de la presión de la tubería de equilibrio, y que permite la continuidad al hilo de alimentación del relevador -- del freno de emergencia. Estos contactos de los frenos de emergencia son operados por una palanca manual, que al tirarse de ella se abre el circuito de alimentación de la tubería de equilibrio, y por tanto del relevador del -- freno de emergencia provocando con su desenergización, la apertura de sus contactos e interrumpiendo la continuidad del hilo. Esto provoca la desenergización del relevador del freno de emergencia, deteniendo al tren. Las palancas con contactos de frenos de emergencia se encuentran localizadas a lo largo de cada carro, colocadas sobre las paredes del mismo en un número de cuatro por lado.

Los frenos de emergencia tienen como objetivo el provocar el paro de un tren por cualquier persona, sea del público o del servicio de trabajos, en caso de cualquier incidente en el tren.

5.3.4 COMUNICACION INTERFONICA.

En cada tren existe un sistema de intercomunicación que permite, una vez que el tren está encendido, comunicarse entre las dos cabinas por medio de un interfón con un botón de llamada del mismo.

Además, este mismo equipo permite hacer anuncios o avisos al interior de todos los carros, por medio de tres bocinas en cada uno de ellos.

Lo anterior se puede hacer operando una llave que al efecto se tiene para es coger la comunicación entre las dos cabinas o bien, los avisos o anuncios a todos los carros.

CONCLUSIONES

Al concluir la lectura de las líneas precedentes queda manifiesta la necesidad de desarrollar el proyecto sobre el Ferrocarril Suburbano para el Valle de México, pero no como un fin en sí, sino más bien como un medio que las ciencias exactas y aplicadas como la Física, Química e Ingeniería aportan para que juntamente con la colaboración que proporcionen otras ciencias como la Medicina, Sociología, Arquitectura, Antropología Social, etc., sea posible dar una verdadera faz humana a nuestra metrópoli.

Actualmente, en base al desarrollo tecnológico de la época en que vivimos, y a la capacidad humana nacional, estamos en posibilidad no solamente de resolver los problemas que como consecuencia de un deficiente sistema de transporte, a nivel general, padecemos; sino ir más allá. Ahora podemos planear y programar con una visión más realista el crecimiento, distribución, descentralización, y en forma global, la vida presente y futura de la urbe y sus zonas aledañas. Esto ya no es una exigencia arquitectónica o de confort, ahora es una imperiosa necesidad humana.

Los beneficios que la población urbana obtendrá, incidirán positivamente en las actividades que la misma desarrolla. Los niveles peligrosos de contaminación se reducirán; habrá más oportunidades de trabajo al facilitar se la llegada a ellos; el desarrollo comercial y habitacional se incrementará, permitiendo así que cada habitante escoja su lugar de residencia; los centros de servicios y diversiones serán más accesibles al reducir el tiempo necesario para accederlos.

APENDICE

APENDICE I

ESPECIFICACIONES Y DATOS TECNICOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS PROYECTOS QUE TOMARAN PARTE EN EL CONCURSO PARA LA CONSTRUCCION DEL FERROCARRIL SUBURBANO.

Secretaría de Comunicaciones y
Transportes.
Subdirección de trenes en operación.

APENDICE I

DESCRIPCION GENERAL

Estos coches se diseñarán y construirán con bastidor y superestructura, ó de tipo tubular, ya sea de acero o de aluminio pudiendo ser soldados o remachados.

Serán apropiados para ser operados en módulos de tres unidades, -- pudiendose formar trenes de 6, 9, y 12 unidades.

El módulo prodrá estar formado por un coche motor con cabina, un coche motor sin cabina y un remolque. La alimentación de energía sera por medio de un pantógrafo por módulo. Los módulos intermedios no tendrán ca bina.

Los coches llevarán cuatro puertas corredizas por costado para el acceso de los usuarios. El coche con cabina llevara además una puerta por costado para el conductor y una puerta de comunicación entre la cabina y el salón de pasajeros. Todos los coches llevarán una puerta en cada extremo con ventana en la parte media superior.

El compartimiento de pasajeros estará equipado, con asientos longitudinales anatómicos que permiten el acomodo de 64 a 70 pasajeros. La capacidad total del coche será de 338 usuarios, calculados sobre una base de seis pasajeros de pie por metro cuadrado, llevando pasamanos de tipo fijo.

El coche llevará ventanas panorámicas en los costados de tipo abatible en su medio superior. Además llevará también ventanas de tipo fijo en el frente de la unidad con cabina, equipadas con limpia parabrisas de accionamiento de tipo neumático.

Contará con las instalaciones necesarias para alumbrado eléctrico y ventilación.

El alumbrado normal será a base de lámparas fluorescentes sin intermitencias. Lámparas incandescentes con una tensión de 64 volts. La ventilación natural y forzada con capacidad de 6 a 10 cambios por hora.

El piso los costados y el techo, llevarán aislantes térmicos y acústicos que garanticen confort a los pasajeros.

El coche contara con dos trucks del tipo soldado de dos ejes y con amortiguación neumática.

Contará con los sistemas de frenos neumáticos y dinámico de operación independiente y combinado, además de su freno de mano.

La tensión de operación será de 25 KV. y su toma de energía será por medio de pantógrafo.

Los coches motrices llevarán motores de capacidad aproximada de 180 KW. que permitan una velocidad máxima de operación de 110 km/hr, una velocidad comercial de 60 km./hr. con aceleración de 1 m./seg.². Desaceleración de frenado de 1m./seg.² en regimen normal.

En los acabados interiores se empleará material plástico con superficie endurecida, con la cual no será necesario pintarlos.

CARACTERISTICAS GENERALES.

Escantillón de vfa 1435 cm. (4'- 8¹/₂")

Gálbo pendiente

Radio mínimo de curvatura;

En línea 382 m.

En patios y talleres	95.5 m.
Pendiente máxima	3 ‰
Velocidad máxima	110 km/hora
Velocidad comercial	60 km/hora
Aceleración	1 m./seg ²
	1 m./seg. ² normal
Tipo de acoplador	Central (no gancho)
Longitud entre acoplador	25 m.
Ancho exterior	3.30 m.
Altura interior de la caja	2.50 m.
Distancia entre centros de truck	17.50 m.
Altura del riel al centro del acoplador	0.876 m.
Tara aproximada	45 ton. máxima

ESTRUCTURA.

La parte estructural estará fabricada en acero o aluminio soldado o remachado, para formar una unidad monolítica autoportante entre el techo, paredes laterales, frentes y bastidor, capaz de soportar una compresión - sin deformación permanente de 150 toneladas aplicadas en la línea del centro de los acopladores.

La descripción básica de los principales elementos que forman la estructura es la siguiente:

BASTIDOR.

El bastidor estará formado por los siguientes elementos:

LARGUERO CENTRAL.

Este debe estar formado por perfiles laminados o elementos conformados, debiendo ir a todo lo largo del coche entre los cabezales extremos. En los extremos se preverán los alojamientos para el sistema de tracción.

ESPACIADORES.

Deben de estar a distancias convenientes, entre perfiles del larguero central, estarán colocados espaciadores con el mismo peralte que el mencionado larguero.

TRAVESEROS.

Son fabricados en dos tipos; traveseros de cuerpo y traveseros intermedios, localizados transversalmente al bastidor ubicados los primeros a la misma distancia de los traveseros de truck y los segundos deberán ir espaciados convenientemente a lo largo del bastidor y entre los traveseros de truck. Ambos irán unidos por un extremo al larguero central y por el otro a los largueros laterales.

PLACAS DE APOYO PARA LEVANTAR.

Fabricados de fundición se colocarán directamente debajo de los traveseros de cuerpo.

CABEZALES.

A cada extremo del bastidor y transversalmente a éste, se colocarán cabezales formados de perfil laminado o conformado de espesor adecuado. Estos cabezales irán unidos al larguero central y a los largueros de costado.

LARGUEROS LATERALES.

A todo lo largo de la unidad y en ambos lados del bastidor irán los largueros laterales, que serán unidos a todos los traveseros y a los cabezales.

REFUERZOS Y SOPORTES AUXILIARES.

Como un elemento más de resistencia y con el objeto de soportar todos los equipos que sean necesarios, se colocarán en el bastidor los soportes y refuerzos que se requieran.

COSTADOS.

Los costados estarán formados por los siguientes elementos, todos ellos unidos entre sí a las partes adyacentes:

POSTES.

Estos están fabricados en perfil laminado o conformado

LAMINA DE COSTADO.

Va colocada a todo el costado, como forro exterior de éste, se colocarán láminas de espesor suficiente para limitar a lo máximo las ondulaciones. En dichas láminas se practicarán las aberturas necesarias para el claro de las ventanas.

LARGUERO SUPERIOR DE VENTANA

Este larguero irá a todo lo largo de la unidad, construido de perfil laminado o conformado, y se unirá a los postes de ventana, postes de extremo y postes de puerta, en su parte superior; pudiendo servir también --

como soporte al larguero central.

LARGUERO INFERIOR DE VENTANA.

Como en el caso anterior, unido a todos los postes de costado, en la parte inferior se colocarán un elemento que irá a todo lo largo de la unidad, fabricado en perfil laminado o conformado y podrá servir también como --- unión con el larguero lateral del bastidor.

LARGUEROS INTERMEDIOS.

Sirviendo como marco horizontal de las ventanas y entre postes del costado, se colocarán largueros intermedios fabricados con el mismo material.

DEFENSA.

En la parte inferior del frente, en la unidad con cabina, siguiendo - el contorno de ésta, se colocará unido al bastidor una defensa fabricada - en placa de acero. Esta defensa será desmontable y deberá tener los ele--- mentos y refuerzos necesarios a fin de darle la rigidez necesaria.

TECHO.

El techo estará formado por los elementos siguientes todos ellos uni dos entre sí y a las partes adyacentes.

a). - Larguero de techo, éste va en ambos lados del techo y a todo lo largo de la unidad, se colocará un larguero de techo de fabricación del mismo material.

b). - Estos son fabricados en perfil laminado o conformado, corrien-

do también como en caso anterior, a todo lo largo del techo, se colocarán refuerzos intermedios espaciados convenientemente a todo lo ancho.

c). - Caballetes de techo. - Fabricados en perfil, distribuidos convenientemente a todo lo largo de la unidad y transversalmente al techo se colocarán estos caballetes.

d). - Lámina de techo, cubriendo el techo, como forro exterior de éste, se colocara una lámina de espesor adecuado para darle una rigidez.

FRENTES.

Los frentes deben estar formado por los siguientes elementos todos ellos unidos entre si y a las partes adyacentes.

ACOPLADORES.

Los acoplamientos entre unidades serán por medio de acopladores - que tendrán las características, diseño y dimensiones que la seguridad del equipo requiera, debiendo llevar un sistema de amortiguación apropiado que permita soportar los impactos a los que van a ser sometidos los coches.

PISO.

El piso de los coches estará fabricado con lámina de espesor adecuado y conformado para formar un perfil corrugado, uniendose con los largueros de costado y larguero central.

PUERTAS.

a). - Puertas laterales de acceso, se tendrán cuatro puertas de acceso en cada costado, las que serán del tipo corredizo de doble hoja. Estas --

puertas serán fabricadas en aluminio o lámina de acero y contendrán en su parte superior una ventana fija por cada hoja. Serán de operación automática por medio de un sistema electroneumático de mando simultáneo desde la cabina de operación. Llevarán un dispositivo que impedirá que las puertas sean abiertas mientras el tren va en marcha, o bien que el tren se ponga en movimiento si todas las puertas no han sido cerradas.

b). - Puertas de acceso a la cabina, el acceso a la cabina se hará por medio de una puerta en cada costado, fabricada como en el caso anterior, - siendo del mismo tipo abatible de una sola hoja y tendrá una ventana en la parte superior. Además llevará una puerta de comunicación con el salón de pasajeros del tipo corredizo para casos de emergencia.

c). - Puertas de frente, en los extremos de las unidades se colocarán puertas corredizas con las mismas características que las anteriores, la puerta del frente de la cabina deberá ser abatible.

PASAMANOS.

En los lugares adecuados se instalarán los pasamanos que sean necesarios.

VENTANAS.

a). - Ventanas de salón, entre las puertas de costado, los coches llevarán ventanas de tipo abatible y panorámicas.

b). - Ventanas de frentes de cabina, el frente de la unidad con cabina llevará ventana del tipo fijo, equipadas con limpia-parabrisas de accionamiento neumático.

AISLANTES TERMICOS Y ACUSTICOS.

El cuerpo de la unidad debe de estar aislado contra el calor y el sonido en techos, costados, frentes y piso pudiendose emplear como aislantes térmico, la fibra de vidrio, y como aislante acústico, corcho o materiales semejantes en función.

ACABADOS INTERIORES.

Para éste acabado se usará un material plástico. Este material tendrá su superficie endurecida y aspecto agradable, con lo cual la pintura no será necesaria.

ASIENTOS.

Los asientos que irán longitudinalmente al coche, se tendrán que diseñar del tipo anatómico, moldeados y de material a prueba de fuego, pudiendo ser resina de poliéster.

APENDICE II

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE
COCHES DE PASAJEROS DE LA ASOCIACION AMERICA
NA DE FERROCARRILES (A. A. R.)

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE COCHES
DE PASAJEROS DE LA ASOCIACION AMERICANA DE FERROCA
RRILES (A.A.R.)

Como resulta casi imposible seguir el proceso de cálculo basándose estrictamente en la variedad de cargas primarias y secundarias, es necesario que el diseño y construcción se lleven a cabo conforme a los requisitos de unas normas, obteniéndose con esto la estandarización del equipo ferroviario nacional; lo que hace que los costos de mantenimiento se reduzcan al mínimo; que las reparaciones se efectúen con mayor eficacia y rapidez, además de vencer las dificultades que se presentan en caso del intercambio de equipo, con otros ferrocarriles extranjeros, sujetos a sus normas.

Debido a que en el país, no se han establecido reglamentos que sirvan de base para el diseño y construcción de este tipo de equipo y existiendo la necesidad del intercambio temporal de equipo nacional con el equipo de los Estados Unidos de Norteamérica e inclusive con el del Canada, los pasos iniciales del diseño estructural, estarán sujetos a las especificaciones que rigen a dichos países y las que también son solicitadas por "Las especificaciones base y requisitos mínimos por cubrir en coches de pasajeros de segunda clase" emitidas por la Constructora Nacional de Carros de Ferrocarril.

Dichas especificaciones fueron estipuladas para los coches correo y sirvieron de base para las especificaciones, para la construcción de nuevos coches de pasajeros adoptada por la Asociación Americana de Ferrocarriles (A.A.R.), y que deberán tomarse en cuenta para coches que formen-

parte de trenes de pasajeros de más de 272,727 kg. de peso en vacío, lográndose con esto la correcta operación de los coches de nueva construcción con los ya existentes aún bajo todas las condiciones de servicio.

Los principales puntos de las especificaciones que son de consideración para el cálculo analítico de los esfuerzos en la estructura, son los siguientes:

1. - DIMENSIONES TRANSVERSALES DEL COCHE.

Con el fin de que los coches no tengan alguna dificultad en el paso de túneles y puentes, las dimensiones máximas transversales del cuerpo del coche están basadas en el gálibo.

2. - MATERIALES.

A. - Todos los miembros de resistencia de los coches serán metálicos.

B. - En donde se especifique acero, podrá usarse otro tipo de material cuya resistencia sea equivalente a la del acero.

C. - Todos los materiales estructurales cuya resistencia al punto cedente exceda del 80% de su resistencia última a la tensión, no serán usados.

3. - CARGAS VERTICALES.

El cuerpo del coche será designado para soportar su propio peso muerto además de la carga viva bajo las condiciones de servicio.

4. - CARGAS DE EMPUJE

A. - La estructura del coche debe resistir una carga estática mínima extrema de 363,636 Kg. aplicada en los topes posteriores del amortiguador y coincidiendo con el eje del mismo, sin tener deformaciones permanentes en cualquier miembro de la estructura.

Como guía para el diseño, es recomendado, que para los materiales y formas de construcción usadas actualmente, la máxima deflexión medida en el centro del coche y basada en la distancia entre centros de trucks, no debe exceder de 2.54 cm. así tenemos que para coches que tienen aproximadamente 1,829 cm. de distancia, la deflexión vertical normal no debe ser mayor de 1.27 a 1.97 cm.

B. - La resistencia del larguero central será basada en una carga extrema de diseño de 181,818 kg. aplicada longitudinalmente, en el punto medio entre el eje del acoplador y el eje de la plataforma del diafragma. Esta carga será resistida solamente por la construcción del larguero central.

C. - El larguero central puede ser considerado como soportado contra deflexión vertical y horizontal mediante la resistencia de la estructura superior, miembros transversales y accesorios.

D. - El esfuerzo de diseño para el larguero central, será determinado por la siguiente fórmula y no deberá excederse de lo estipulado en el punto 10 y modificado por la fórmula de columnas y estabilidad establecidas en el mismo punto.

$$\nabla = \frac{181,818}{A} \pm \frac{181,818 \times e}{S}$$

Donde:

∇ es el esfuerzo de trabajo en Kg/cm^2 .

A es el área de la sección transversal del larguero central en cm^2 .

e es la excentricidad en cm.

S es el módulo de sección en cm^3 .

E. - El esfuerzo debido al momento de la fórmula anterior, puede reducirse si la estructura es diseñada para resistir este momento.

F. - Los coches deben resistir una carga horizontal de 227, 273 kg. - aplicada longitudinalmente en un punto de la plataforma del diafragma, 30.5 cm. arriba del eje del acoplador, sin tener deformaciones permanentes en cualquier miembro de la estructura. El área de aplicación de esta carga no debe ser mayor que 15.24 x 61 cm.

G. - Las plataformas del diafragma serán diseñadas para resistir - un empuje vertical hacia arriba de 45, 455 kg. procedente del zanco del acoplador y para cualquier posición horizontal del mismo. La carga debe ser - soportada sin exceder el punto cedente de los materiales usados.

H. - Se adoptará un arreglo para evitar el telescopiado o encimado- de un coche con otro, aplicado en cada extremo y diseñado de tal manera - que los coches acoplados, bajo la comprensión total conservan su posición- correcta.

Este dispositivo deberá resistir una carga vertical de 45, 455 kg. -- sin sobrepasar el punto de cedencia de las diferentes partes de la estructu- ra del coche. El acoplador Tight Lock, si se usa, se considerará para sa-- tisfacer este requisito.

I. - El soporte del acoplador y su conexión con la estructura del coche, deberá diseñarse para recibir un empuje vertical hacia abajo de - - 45,455 kg. procedente del zanco del acoplador y para cualquier posición horizontal del mismo. Esta carga debe ser soportada sin sobrepasar el punto cedente de los materiales usados.

5. - ESTRUCTURA DE LOS COSTADOS.

Para el cálculo de los esfuerzos en la estructura de los costados, el peralte efectivo cuando es considerada como armadura o como viga, debe ser la distancia entre los centros de gravedad del larguero superior de ventanas y el larguero de costado ó la distancia entre centros de gravedad de la cuerda superior y la cuerda inferior.

Para éste último caso, la cuerda superior se considera compuesta por el larguero de techo, larguero superior de ventanas y la lámina que cubre esta zona; la cuerda inferior puede comprender el larguero de costado, larguero soporte asientos, larguero inferior de ventanas y la lámina que cubre esta zona.

Los miembros de unión entre las cuerdas superior e inferior, deben ser lo suficientemente resistentes para soportar las cargas de actión sobre ellos y cuya resistencia no exceda los valores especificados en el punto 10.

Puede considerarse que el techo y el bastidor soportan cargas de--pendiendo de su conexión con la estructura de los costados.

6. - POSTES DE COSTADO.

A. - Para el diseño de los costados, considerados estos como armaduras o vigas, la suma de los módulos de sección con respecto al eje longitudinal del coche, tomados en la sección horizontal más débil de todos los postes y refuerzos en cada costado del coche, localizados entre los postes de esquina del cuerpo, no deberá ser menor de 0.30 multiplicado por la distancia en pies entre centros de paneles de los frentes.

B. - Para el diseño de los costados, considerados éstos como viga solamente, la suma de los módulos de sección con respecto al eje transversal, tomados en la sección horizontal más débil de todos los postes y refuerzos en cada costado del coche, localizados entre los postes de esquina del cuerpo, no deberá ser menor de 0.20 multiplicado por la distancia en pies entre centros de paneles de los frentes.

C. - El centro del panel del frente, se considerará como el punto medio entre el poste de esquina del cuerpo y el centro del poste lateral adyacente.

D. - Los miembros de la estructura de los costados deberá llenar los requisitos de resistencia establecidos en el punto 10.

7. - LAMINAS DE COSTADO.

A. - En la construcción del costado, el espesor de las láminas exteriores de acero O.H.S. cuando son planas y sin refuerzo (que no sean los postes intermedios), no deberá ser menor de 0.3 cm. Si se emplean otros metales, el espesor requerido se obtendrá en proporción inversa a su resistencia al punto cedente.

B. - Cuando se aplique lámina de espesor menor al antes indicado, deberán agregarse refuerzos cuya sección transversal, sea equivalente a la disminución de la misma por la reducción del espesor.

C. - Para la construcción de costados donde el forro de costado no tiene como función recibir cargas, el espesor mínimo puede llegar a ser hasta 40% del artes especificado.

8. - MIEMBROS VERTICALES EXTREMOS.

A. - La suma de los módulos de sección de todos los miembros verticales de los extremos o frentes del coche, no deben ser menor de 1,065 cm^3 .

B. - El exterior de cada frente del cohe, estará provisto de dos miembros verticales principales y a cada lado de la puerta de frente; cada uno de estos miembros tendrá un módulo de sección de 399 cm^3 como mínimo y un esfuerzo último al corte para soportar 136,363 kg. a un punto al nivel con la cabeza del miembro del bastidor al cual está unido.

C. - La fijación de los miembros verticales en la parte superior, será la adecuada para resistir sin fallas las reacciones de los miembros sin refuerzos cuando los miembros son supuestos como vigas libremente apoyadas y cargadas en un punto a 46 cm. arriba de la unión con los miembros del bastidor.

D. - Los miembros verticales restantes de los frentes, serán distribuidos en la zona del frente del coche. La unión de estos miembros a la parte inferior será de tal manera que permita desarrollar completamente su valor al corte. Las uniones en la parte superior serán determinadas de

de la misma manera que se indica anteriormente para los miembros principales de los frentes.

E. - Las reacciones anteriores de todos los miembros verticales de los frentes, deberán transmitirse al techo del coche, a la estructura del -- costado considerado como armadura o como viga o a los miembros longitudinales del coche.

9. - TECHO.

A. - Las láminas planas del techo sin refuerzos, deberán ser de un espesor mínimo de 0.119 cm. y correctamente unidas a las partes estructurales del techo.

B. - Se podrán aplicar láminas metálicas en el techo de menor espesor del antes indicado, si previamente son reforzadas para que den cuando menos una área equivalente al área correspondiente al espesor de las láminas antes mencionadas.

10. - ESFUERZOS.

A. - Todos los miembros estructurales, serán diseñados de modo - que la suma de los esfuerzos directos, a los cuales cada uno está sujeto, - no excederán aquellos establecidos en la siguiente tabla (kg/cm^2), basada en las especificaciones M-116 de la A.A.R., con las siguientes propiedades mecánicas.

Resistencia a la tensión.	4,200 a 5,100 kg/cm^2
Punto de cedencia.	2,324 "
% de alargamiento en 20 cm.	21
% de alargamiento en 5 cm.	24

ESFUERZO DE DISEÑO PARA EL ACERO O.H.S.

ESFUERZOS A:	LARGUEROS CENTRALES		Largueros laterales y miembros estructurales.	Traveseros
	Construcción unitaria	Otras construcciones		
Tensión	1,352	1,127	1,127	880
Compresión	1,352	1,127	1,127	880
Corte	845	845	704	563
Corte-Remaches	845	845	704	704
Aplastamiento	1,690	1,690	1,408	1,408

El esfuerzo total combinado en cualquier miembro estructural, excepto largueros centrales pueden exceder los esfuerzos anteriores en no más de 20%.

B. - Los esfuerzos de compresión axial en miembros componentes de la estructura, no deben exceder a aquellos calculados con las siguientes fórmulas, las cuales tienen un factor de seguridad de 2.

$$\text{para } \frac{L}{r} = \pi \sqrt{\frac{2 E'}{F}} \text{ tenemos}$$

$$\frac{P}{A} = F - \frac{F^2}{4 \pi^2 E'} \left(\frac{L}{r} \right)^2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{para } \frac{L}{r} > \pi \sqrt{\frac{2 E'}{F}} \text{ tenemos}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{\pi^2 E'}{\left(\frac{L}{r} \right)^2} \left(\frac{L}{r} \right)^2 \text{ kg/cm}^2$$

Donde: $\pi = 3.1416$

L = Longitud de la columna en cm.

r = Radio de giro mínimo de la sección transversal en cm.

E = Módulo secante de elasticidad en kg/cm².

F = Esfuerzo unitario máximo permitido, determinado de la tabla anterior en kg/cm²

P = Carga axial concéntrica en kg.

A = Area de la sección transversal de la columna en cm².

C. - Las siguientes relaciones de esbeltez serán aplicadas en las anteriores fórmulas para cálculo de columnas para placas planas sometidas a compresión y con peligro de flambearse.

Para placas soportadas por un lado en la dirección de la fuerza aplicada tenemos:

$$\frac{L}{r} = 5 \frac{b}{t}$$

Para placas soportadas en ambos lados en la dirección de la fuerza aplicada, tenemos:

$$\frac{L}{r} = 1.8 \frac{b}{t}$$

Donde:

b = ancho de la placa en cm.

t = espesor de la placa en cm.

Las anteriores expresiones están afectadas por un factor de seguridad de 2.

D. - Donde se usen metales que no sea acero O .H.S. la estructura - del coche deberá tener cuando menos la misma resistencia que lo estipula - do en los requisitos de estas especificaciones. Los esfuerzos máximos del metal usado estarán en la misma relación de los esfuerzos tabulados como - el esfuerzo al punto cedente del metal usado lo estará al esfuerzo al punto - cedente del acero O .H.S., para el cual se tomará $2,253 \text{ kg/cm}^2$.

BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

Antochiew, Michael A. El Proceso Urbano de la Ciudad de México. México, Encuentro de Sociología Urbana y Disciplinas afines, 1977.

Boeing Vertol Company. Surface Transportation Systems Department. Urban Rapid Vehicle and System Program. Philadelphia, 1973.

Vázquez Vela, Carlos, José Luis Hernández P., Ramón I. Nava - García. El Sistema de Transporte Masivo entre la Ciudad de México y sus Zonas Satélite del Noreste. México, Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas, VII Asamblea Nacional Bienal, 1974.

Coté, Daniel. Evolución del Bogie Neumático. Informe BI-311. París, Comité Permanente de los Metros sobre Neumáticos, 3er. Simposio, 1977.

Giorgi, Guy, Paul Delfourne, Serge Dufour. Evolución del Bogie del Material Rodante sobre Neumáticos. Informe BI-301. París, Comité Permanente de los Metros sobre Neumáticos, 3er. simposio, 1977.

Harfuch Keruz, Eduardo. Ferrocarril Suburbano. México, Ferrocarriles Nacionales de México, 1977.

Groenewold, Federico. La Contaminación Ambiental por Ruido. En Revista "Construcción México". México, 1976.

Hütte. Manual del Ingeniero. T. IV. Barcelona, Gustavo Gili, S. A., 1974.

Leroy, Jacques. Le Matériel Roulant Sur Pneumatiques du Métropolitain de Paris. [Paris], Société Française des Electriciens, 1965.

O.E.A. Unión Panamericana. Problemas Generales de Transporte en América Latina. Washington, D.C., Departamento de Asuntos Económicos, 1963.

Otake T., Fidel, Ernesto Bianchi, Manuel Angulo. La Tracción Eléctrica: Futuro del Transporte Masivo en México. Combinado Industrial Sahagún. Centro de Investigación y Capacitación, 1976.

Revista de Ingeniería T. IV. México, Facultad de Ingeniería, 1969.

Montes Ponce de León, Fernando. Sistemas de ATC para Ferrocarriles Metropolitanos y Suburbanos. Madrid, WABCO DIMETAL, - 1975.

Stern, Claudio. Las Migraciones Internas a la Ciudad de México. - México, Encuentro de Sociología Urbana y Disciplinas Afines, 1977.

O.N.U. Comisión Económica Para América Latina. El Transporte en América Latina. New York, 1965.

Valero Calvete, Javier. Transportes Urbanos. Madrid, Editorial - Dossat, S.A., 1970

- I N D I C E -

	PAG.
<u>INTRODUCCION</u>	1
1. <u>CONSIDERACIONES GENERALES</u>	3
2. <u>DIFERENTES SISTEMAS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS</u>	8
2.1 MARCHA A PIE	10
2.2 AUTOMOVIL	10
2.3 AUTOBUS	11
2.4 TROLEBUS	12
2.5 METROPOLITANO	12
2.6 TRANSPORTE ELEVADO	13
2.7 TRANSPORTADOR CONTINUO	14
2.8 TRANSPORTE POR VACIO	15
2.9 FERROCARRIL SUBURBANO	15
3. <u>EL PROBLEMA VIAL EN EL AREA METROPOLITANA DEL</u> <u>VALLE DE MEXICO</u>	16
3.1 SITUACION GEOGRAFICA	17
3.2 POBLACION	18
3.3 TENDENCIAS A HABITAT	21
3.4 CONTAMINACION	22
4. <u>LINEAS PROPUESTAS POR FERROCARRILES NACIONALES</u> <u>DE MEXICO P ARA EL FERROCARRIL SUBURBANO</u>	23
4.1 LINEA SAN LAZARO-LOS REYES	24
4.2 LINEA TACUBA-TLALNEPANTLA	25

	PAG.
4.3 LINEA LA VILLA-ECATEPEC	26
5. <u>DESCRIPCION DE LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DE UN CARRO, Y ELEMENTOS COMPONENTES DEL FERRO-CARRIL SUB-URBANO</u>	29
5.1 CUERPO	29
5.1.1 BASTIDOR	30
5.1.2 COSTADOS	31
5.1.3 TECHO	31
5.1.4 FRENTES	32
5.1.5 SISTEMA DE TRACCION	33
5.1.6 INTERIORES	34
5.1.7 TRUCKS	34
5.2 SISTEMAS ELECTROMECHANICOS	35
5.2.1 LINEA DE CONTACTO Y TOMA DE CORRIENTE	36
5.2.2 SUBESTACION DE RECTIFICACION	38
5.2.3 MATERIAL RODANTE	40
5.2.4 CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES DE TRACCION Y TRANSMISION	42
5.2.5 ALUMBRADO	46
5.2.6 SISTEMA DE CALEFACCION, VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO	47
5.2.7 SISTEMAS DE FRENOS	48

	PAG.
5.3 SISTEMAS DE CONTROL Y CONDUCCION AUTOMATICA DE TRENES	51
5.3.1 CONTROL DE MARCHA Y SEÑALIZACION	52
5.3.2 SISTEMA DE CONTROL DE PUERTAS	62
5.3.3 FRENOS DE EMERGENCIA	63
5.3.4 COMUNICACION INTERFONICA	63
6. <u>CONCLUSIONES</u>	65
7. <u>APENDICES</u>	66
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	88