

8
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"

LINEA FERROVIARIA ELECTRIFICADA
MEXICO-QUERETARO

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :
RENE CRUZ LOZADA
JULIETA RODRIGUEZ DIAZ



FEBRERO 1991

VEJIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1 ANTECEDENTES HISTORICOS	7
1.1. Historia de los Ferrocarriles en el Mundo	7
1.2. Los Ferrocarriles en México	9
1.3. Organización y Evolución de los Ferrocarriles	10
1.4. Ferrocarriles en Operación, Construcción y Proyecto del Sistema Ferroviario	12
CAPITULO 2 PLANEACION	16
2.1. Elección de la Ruta	17
2.1.1. Información Preliminar	17
2.1.2. Importancia de la Ruta	17
2.1.3. Ruta a Electrificar	22
2.2. Plan de Electrificación	28
2.2.1. Etapas Previas	31
2.2.2. Primeros Estudios Formales	33
2.2.3. Bases del Proyecto Definitivo	34
2.2.4. Consideraciones Básicas del Proyecto Defini- tivo	35

2.2.4.1. Tráfico de Trenes	35
2.2.4.2. Plan de Trenes	37
2.2.4.3. Material Rodante (Locomotoras)	41
2.2.4.4 Instalaciones Fijas	43
2.2.4.5. Línea de Contacto	43
2.2.4.6. Sistema de Señalización	48
2.2.4.7. Sistema de Telecomunicaciones	50
2.2.4.8. Casa de Máquinas	51
CAPITULO 3 PROCESOS CONSTRUCTIVOS	53
3.1. Trazo Geométrico	53
3.1.1. Trazo y Nivelación	53
3.2. Terracerías	54
3.2.1. Obras de Drenaje	59
3.3. Obras de Arto	60
3.3.1. Túneles	62
3.3.2. Puentes	66
3.3.3. Viaductos	73
3.3.4. Pasos a Desnivel	75
3.4. Vía	77
3.4.1. Tendido y Armado	79
3.4.2. Nivelación y Alineamiento	81
3.4.3. Laderos y Cortavías	83
3.5. Edificación	86
3.5.1. Edificios para C.T.C	86

3.5.2. Subestaciones, Puestos de Seccionamiento y de Subseccionamiento	88
3.5.3. Casa de Máquinas	90
CAPITULO 4 ELECTRIFICACION	92
4.1. Catenaria	94
4.1.1. Descripción y Funcionamiento de sus Componen- tes	95
4.1.1.1. Base de Concreto	97
4.1.1.2. Poste Metálico	97
4.1.1.3. Ménsula Fija	100
4.1.1.4. Aisladores	100
4.1.1.5. Cable de Tierra ó Hilo de Guarda	101
4.1.1.6. Feeder	102
4.1.1.7. Tirante	102
4.1.1.8. Consola	102
4.1.1.9. Cable Portador	103
4.1.1.10. Péndulo de Suspensión	104
4.1.1.11. Antibalance	104
4.1.1.12. Brazo de Sujeción	105
4.1.1.13. Alambre de Contacto	106
4.1.2. Aspectos Importantes del Sistema	107
4.2. Subestaciones	110
4.2.2. Componentes y Características de los Puestos de Tracción	115

4.2.2.1. Puestos de Seccionamiento	115
4.2.2.2. Puestos de Subseccionamiento	119
4.3. Señalización	121
4.3.1. Control de Tráfico Centralizado	124
4.3.1.1. Composición de los Equipos C.T.C	128
4.3.1.2. Puesto de Control	131
4.3.2. Equipos de Campo para Señales	134
4.3.2.1. Dispositivos de Enclavamiento	134
4.3.2.2. Circuito de Vía	135
4.3.2.3. Máquinas de cambio	138
4.3.2.4. Señales de Vía	140
4.3.2.4.1. Interior y Exterior de la Señal	141
4.3.2.4.2. Sistema de Señal de Ruta y Sistema de Señal de Velocidad	141
4.3.2.4.3. Señal Absoluta y Señal Permisiva	141
4.3.2.5. Impedancias de Unión	142
4.3.2.6. Block Automático	143
4.3.2.6.1. Descripción	143
4.3.2.6.2. Dispositivos de Señal de Bloqueo Automático	146
4.3.2.6.3. Ubicación del Sistema Instalado en la Línea	148
4.3.2.6.4. Sistema de Aspectos de Señales	150
4.3.3. Sistema de Supervisión y Control de Alimentación Eléctrica (S.S.C.A.E)	151

4.3.3.1. Puestos de Control de Valle de México y -- Querétaro	152
4.3.4. Sistema Detector de Cajas Calientes	152
4.3.4.1. Equipo de Campo	153
4.3.4.2. Operación Simplex	155
4.3.5. Cruceros a Nivel	156
4.3.5.1. Composición de Equipo	156
4.3.5.2. Dispositivos de Control de Cruceros Elec -- trónico	161
4.3.5.3. Dispositivos de Información de Obstáculos - del Crucero	163
4.3.5.4. Dispositivo de Detección de Obstáculos	165
4.4. Telecomunicaciones	166
4.4.1. Sistemas de Cables de Telecomunicaciones	167
4.4.2. Sistema de Regulación de Transporte	170
4.4.3. Sistema de Regulación de Subestaciones	171
4.4.4. Sistema de Telefónico para Mantenimiento	171
4.4.5. Sistema Telefónico de Alarma	172
4.4.6. Sistema de Grabación en Cinta Magnética	172
4.4.7. Sistema de Supervisión Remota	173
4.4.8. Sistema de Comunicación para los Jefes de -- Despachadores	173
4.4.9. Sistema de Intercomunicación para los Centros de Control	174
4.4.10. Sistema para Telegrafía Morse	174

CAPITULO 5 EQUIPO TRACTIVO	175
5.1. Operación	178
5.1.1. Operación con Tracción Diesel - Eléctrica ...	178
5.1.2. Operación con Tracción Eléctrica	178
5.2. Descripción de las Ventajas Operativas de la Trac --	
ción Eléctrica	180
5.2.1. Menor Costo de Operación	180
5.2.2. Mayor Capacidad de Arrastre	180
5.2.3. Posibilidad de Usar Distintas Fuentes de ---	
Energía	181
5.2.4. Mayor Disponibilidad de las Locomotoras	181
5.2.5. Menores Gastos de Mantenimiento	182
5.2.6. Menor Contaminación	182
5.2.7. Recuperación de Energía en Zonas Montañosas .	183
5.3. Costos Comparativos entre Tracción Eléctrica y Trac-	
ción Diesel - Eléctrica	183
5.3.1. Costos de Inversión Inicial en Catenaria, ---	
Subestaciones, Telecomunicaciones, Señaliza -	
ción y Locomotoras	190
5.3.2. Costos de Operación y Mantenimiento de Insta-	
laciones Fijas	191
5.4. Cálculo de Umbrales ó Tonelajes Brutos Anuales a --	
Partir de los Cuales se Justifica la Electrificación	
para Distintos Costos de Oportunidad	192

CAPITULO 6 CASA DE MAQUINAS	201
6.1. Descripción General	202
6.2. Equipamiento	203
6.2.1. Equipo para Sacar Mancuernas	203
6.2.2. Gatos para Levantar Locomotoras	204
6.2.3. Grúa Viajera	204
6.2.4. Grúa Radial	205
6.2.5. Sistema de Aire Comprimido	205
6.2.6. Equipo de Oxiacetileno	205
6.2.7. Horno Recocido	205
6.2.8. Fragua	206
6.2.9. Soldadora Eléctrica Manual	206
6.2.10. Torno Paralelo	206
6.2.11. Fresadora Universal	206
6.2.12. Sierra Mecánica	207
6.2.13. Taladro Radial	207
6.2.14. Taladros de Piso	207
6.2.15. Yunque	207
6.2.16. Esmeriles	208
6.2.17. Montacarga	208
6.2.18. Locotractor	208
6.2.19. Equipo para Lavar Locomotoras Eléctricas ...	209
6.2.20. Arenero	209
6.3. Accesorios	210
6.3.1. Bancos de Trabajo	210

6.3.2. Lockers	210
6.3.3. Estantes	211
6.3.4. Carritos Porta Herramienta	211
6.3.5. Extintores Portátiles	211
6.3.6. Lote de Herramienta de Mano y Accesorios	211
CONCLUSIONES	216
BIBLIOGRAFIA	222

NOTAS DE PIE DE PAGINA

-(1) Francisco M. Togno " Ferrocarriles " Pag. 15
-(2) Ing. E.J. Barousse M. " Ingeniería Civil " # 266 Pag. 18
-(3) ISTME " Proyecto de Electrificación Ferroviaria de la Doble vía México - Querétaro " Pag. 2
-(4) F.N.M " Programa Nacional de Electrificación "
-(5) Michio Fukushima " Introducción al Ferrocarril Eléctrico" Pag. 10
-(6) S.C.T " Estudio Financiero - Económico, para la Electrificación de la Doble Vía México - Querétaro " - Pag. 9
-(7) S.C.T " Vía Férrea México - Querétaro La Ruta del Progreso " Paq. 78
-(8) S.C.T y F.N.M " Vía Férrea México - Querétaro, Viaducto - Tula I y II y Puente Tula" Pag. 23 - 24
-(9) S.T.C " Vía Férrea México - Querétaro La Ruta del Progreso " Pag. 32 - 44

-(10) S.C.T " Vía Férrea México - Querétaro La Ruta del Progreso " Pag. 118
-(11) Ken - Ichi Takahi " Puntos Técnicos del Sistema de Contacto Elevado de Corriente Alterna " Pag. 10
-(12) Yoshito Yamoto " Señalización Ferroviaria " Pag. 32 - 44
-(13) Yoshito Yamoto " Señalización Ferroviaria " Pag. 228-245
-(14) Yoshito Yamoto " Señalización Ferroviaria " Pag. 381-384
-(15) Hichen Hamarubo " Telecomunicación Ferroviaria " Pag. 18
-(16) IMPLAN " Estudio de Factibilidad de Electrificación de las Principales Vías Férreas del País " Pag.121
-(17) IMPLAN " Estudio de Factibilidad de Electrificación de las Principales Vías Férreas del País " Pag.142
-(18) F.N.M " Resumen sobre los Antecedentes y Estado que Guarda el Proyecto de Electrificación de la Doble Vía México - Querétaro " Pag. 73
-(19) ISTMB " Electrificación Ferroviaria " Pag. 33
-(20) IMPLAN " Estudio de Factibilidad de Electrificación de las Principales Vías Férreas del País " Pag.180
-(21) F.N.M " Electrificación " Pag. 24
-(22) F.N.M " Electrificación " Pag. 27
-(23) F.N.M " Electrificación " Pag. 31

INTRODUCCION

Desde sus inicios, en nuestro país, los ferrocarriles -- mexicanos han desempeñado un papel importante en el desarrollo social y económico, contribuyendo a la integración de las diferentes regiones y apoyando al transporte de insumos y mercancías requeridas en las actividades productivas.

Actualmente el transporte por ferrocarril sigue constituyendo un elemento fundamental para garantizar el crecimiento de la producción, y el cumplimiento de las metas de los diferentes -- sectores económicos y sociales.

Para la vida nacional el sistema de transporte es de indudable importancia, debido a que constituye un instrumento de carácter táctico fundamental para alcanzar un mejor desarrollo. El sistema articula las distintas regiones y facilita la integración de la sociedad, proporcionando a las grandes masas un mayor número

de oportunidades de acceso a un mejor nivel de vida. Así satisfaciendo las necesidades inherentes al traslado de bienes y personas.

El crecimiento sostenido sólo es asequible mediante un amplio desarrollo de la actividad económica, la cual depende en buena parte del sistema de transporte y a la vez permite disponer de los bienes y servicios en el lugar y momento que son requeridos de igual forma, el transporte genera el desarrollo regional, al facilitar la creación de mercados y la subsecuente incorporación de las más diversas actividades.

El traslado ferroviario establece un valioso enlace entre los principales centros de producción y de consumo. En la actualidad, México es el décimo país en el mundo en longitud de vías férreas. Sin embargo, este lugar sobresaliente no coincide con la situación interna que vive el ferrocarril ya que, la aparición de este modo de transporte, a mediados del siglo pasado, aportó a nuestra nación un extraordinario beneficio, que se prolongó hasta los primeros años del actual. Su surgimiento fue un factor decisivo en el desarrollo nacional, apoyado en el enorme avance que para la economía representaba, comparado con la tracción animal. También para el transporte de pasajeros constituyó un gran adelanto, pues los viajeros dejaban las viejas diligencias por la comodidad, seguridad y rapidez que ofrecía este novedoso medio. Con el tiem -

po, la importancia del autotransporte aumentó, en virtud del notable crecimiento de la red carretera. El país se transformó rápidamente, dejando rezagado el transporte ferroviario, que en consecuencia, disminuyó gradualmente su participación, en términos relativos, en el movimiento de personas y bienes.

El retraso en la modernización del sistema ferroviario no fue motivo suficiente para desplazarlo del sitio estratégico que ocupa en cuanto al transporte terrestre de carga. Su servicio permite el traslado de productos básicos para la alimentación, agricultura y el movimiento masivo de bienes e insumos para la industria.

Se puede generalizar el hecho de que la gran mayoría del transporte a granel de materias primas y productos semielaborados de bajo costo unitario, se realiza sobre vías férreas, gracias a la economía sustancial que el ferrocarril proporciona en distancias medias y largas.

Para su desarrollo social y económico el país, debe contar con un sistema de transporte eficaz, seguro y confiable que opere a bajo costo de manera que se propicie el intercambio de productos y la sustitución práctica de los faltantes de una región con los sobrantes de otra, facilitando al mismo tiempo el transporte masivo de personas a las grandes urbes.

Los ferrocarriles permiten canalizar la potencialidad -- productora hacia aquellas actividades y regiones en que el país -- deberá comprometer su futuro.

Hoy en día Ferrocarriles Nacionales de México, tiene una demanda 80% superior a su capacidad de carga y un 98% en cuestión del traslado de pasajeros. Esto aunado a que México día a día requiere de un mayor volumen de energéticos derivados del petróleo, -- para diversos usos, se ha hecho necesaria la realización de previsiones a corto y largo plazo con el objeto de garantizar una oferta tal que satisfaga las necesidades de traslado.

El petróleo y derivados como fuente de energía no renovable deben ser considerados como punto de partida, para una plena transformación del sistema de transporte.

La escasez de los recursos naturales como el petróleo -- que se vislumbra para principios del próximo siglo y que es indispensable para producir la energía necesaria para el transporte ferroviario, ha apremiado a los ferrocarriles del mundo a mirar hacia la electrificación de sus líneas principales como una alternativa de este sistema de tracción, ya que las plantas eléctricas -- centrales diversifican su fuente de energía primaria.

El sistema ferroviario, uno de los medios de transporte-

más importantes del país, atraviesa actualmente por serias dificultades para hacer frente al continuo incremento del tráfico.

Esto a obligado a tomar medidas tanto en las inversiones como en el mantenimiento y operación, con el objeto de modernizar el sistema de tal forma que le permita atender la demanda.

En base a lo anterior, se estableció la necesidad de --- realizar diversos proyectos entre los cuales se contemplo la electrificación de la arteria de comunicación más importante de la red ferroviaria nacional, y que es la línea México - Querétaro, permitiendo con esto la pronta agilización del traslado de mercancías y pasajeros.

El presente trabajo motivado por el interés de conocer esta nueva alternativa de transporte, pretende dar a conocer brevemente todas las fases que intervienen para llevar a cabo un proyecto de esta naturaleza, así como justificar de manera teórica -- la utilización de un sistema totalmente electrificado.

En el primer capítulo, se dará un panorama histórico de los ferrocarriles en el mundo y por otro lado dentro del contexto nacional, haciendo mención de su función, organización, operación y proyectos de electrificación a corto y largo plazo.

En el segundo capítulo, se representarán en forma general, las bases técnicas y económicas para normar la acción constructiva y operacional del ferrocarril eléctrico.

En el tercer capítulo se abordarán en forma breve los procesos constructivos involucrados en este nuevo sistema de transporte, haciendo incapie en los más relevantes.

En el cuarto capítulo, disponiendo de conceptos técnicos se explicarán las principales características y funcionamiento de los diversos sistemas y subsistemas adaptados en la electrificación de esta línea.

En el quinto capítulo, haciendo referencia al sistema diesel - eléctrico y el electrificado, se darán a conocer las ventajas que representa la utilización de una locomotora eléctrica comparada con una locomotora diesel.

El último capítulo, estará dedicado a mencionar el equipamiento y actividades que se desarrollaran dentro de los talleres o casa de máquinas.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES HISTORICOS

1.1 HISTORIA DE LOS FERROCARRILES EN EL MUNDO.

Aunque los ferrocarriles son ampliamente conocidos en el mundo a través de diversas experiencias, es conveniente definir el significado de este sistema de transporte.

FERROCARRILES: Son instalaciones para la transportación de carga y pasajeros por medio de locomotoras y otros equipos rodantes sobre rutas permanentes, consistiendo generalmente estas -- rutas en rieles paralelos de acero tendidos a un escantillón uniforme, y fijados por medio de durmientes formandose de esta manera la vía; dentro de las instalaciones se incluye al terreno, edificios, estructuras, concesiones, organización, etc.

Para la movilización se han utilizado diversas fuerzas - de tracción: animal, vapor, diesel y eléctrica esto dependiendo de los cambios que ha sufrido la humanidad con respecto a los combustibles, por lo que también en forma conjunta se cambian las instalaciones y lo que se relaciona con el adecuado funcionamiento del mismo.

La historia de los ferrocarriles desde sus inicios hasta nuestros días en todo el mundo se remonta al primero que existió - en cada país, por lo que consideramos práctico realizar una reseña

RESEÑA CRONOLOGICA FERROVIARIA		
PAIS	AÑO	NOMBRE DE LA LINEA
Inglaterra	1825	Stockon-Darlington
Estados Unidos		
Unidos	1830	Carolina del Sur
Francia	1832	Stettienne-Riobira
Alemania	1835	Nuremberg-Furth
Bélgica	1835	Bruselas-Malinas
Cuba	1837	La Habana-Guines
Austria	1839	Viena-Florisdorf
Holanda	1839	Amsterdam-Hurien
España	1845	Barcelona-Mataro
Dinamarca	1847	Copenague-Roskilde
Brasil	1850	De mana
Chile	1850	De Copiapo
México	1850	Veracruz-El Molino
Perú	1851	El Callao-Lima
Canadá	1853	Portland-Montreal
India	1853	Bombay-Thana
Colombia	1855	Aspinwall-Panamá
Egipto	1856	Alejadria-El Cairo
Argentina	1857	Buenos Aires-Suroeste

1.2 LOS FERROCARRILES EN MEXICO.

Recién consumada la Independencia de México los hombres pertenecientes al estado y a la empresa, deciden iniciar la construcción de " Caminos de Hierro " como un medio para dar auge a la agricultura, minería y comercio. La idea dominante en esa época fue la de unir con líneas férreas de costa a costa, los puertos, del Golfo con los del Pacífico a través de la República, cabe mencionar que en 1837, se otorga la primera concesión en México para establecer una vía férrea desde el Puerto de Veracruz hasta la Ciudad de México de esta fecha al año de 1850 sólo se habrían construido 13 kilómetros de vías férreas que fueron inauguradas en septiembre del mismo año quedando construida en su totalidad hasta el año de 1873 con 557 kilómetros de vía que incluían el tramo: México - Veracruz - Medellín.

El auge de la construcción ferroviaria en el país, se dio durante el período presidencial del General Porfirio Díaz, aún que no se contaba con una planeación.

En el año de 1910 el total de kilómetros acumulados construidos fue de 19.280.....(1)

1.3 ORGANIZACION Y EVOLUCION DE LOS FERROCARRILES.

Al término de la revolución el gobierno reconstruyó y modernizó el sistema ferrocarrilero nacional. En lo referente al equipo tractivo se ha llevado una total renovación, quitando las locomotoras de vapor y sustituyéndolas por Diesel - Eléctricas.

Respecto al material rodante se estableció una fábrica de carros que proporcionó, hasta 1970 un total de 15,981 nuevas unidades de diversos tipos. Los talleres en todo el sistema han sido ampliados y modernizados, como ejemplo podemos citar los existentes en San Luis Potosí y Aguascalientes, de 1935 a la fecha se construyeron varias líneas férreas con un total de 378 kilómetros aproximadamente.

En fechas recientes se ha iniciado la construcción de un tren electrificado con terminales en México (Buenavista) hasta Querétaro (Querétaro) siendo nuevo este sistema en nuestro país.

El primer antecedente de este sistema a nivel mundial se registro en 1879 en Berlín, en donde se presentó un tranvia de corriente continua, alimentado por una línea de 150 volts.

En el año de 1885 la evolución tecnológica condujo a la operación de la primera vía electrificada en Estados Unidos de 5 - kilómetros de longitud. con motores de corriente continua proveniente de una línea de 625 volts.

En Suiza se utilizó por vez primera corriente alterna en 100 kilómetros en el año de 1889.

Durante la década de los 50, destacan los avances obtenidos por Alemania, Francia y Japón referente a la aplicación de la corriente alterna.

En nuestro país los primeros ejemplos de este tipo de tracción los tuvimos en el año de 1900 en el tranvía México - Tacubaya, en 1905 México - Azcapotzalco y en 1910 de México - Xochimilco.

A partir de 1926 se operó regularmente la electrificación entre las estaciones Esperanza, Puebla y Paso del Macho Veracruz con una longitud total de 103 kilómetros. utilizandose para ello una locomotora con una potencia de 2520 caballos de fuerza y un voltaje de 3000 volts. operandose así hasta el mes de marzo de 1974, fecha en la que se sustituyeron estas locomotoras por unas de tipo Diesel - Eléctricas, dado el criterio de dieselizar todo el sistema.

1.4 FERROCARRILES EN OPERACION, CONSTRUCCION Y PROYECTO DEL SISTEMA FERROVIARIO.

En la actualidad en todo el territorio nacional existen en operación alrededor de 87 líneas de ferrocarriles, con una extensión total de 61,216.3 kilómetros considerando líneas troncales y ramales.

Siendo las más importantes, las que se muestran a continuación:

LINEAS FERREAS IMPORTANTES. (1987 - 1990)		
LINEA	LONGITUD (Kms)	TONELADAS NETAS ANUALES TRANSPORTADAS
México-Nuevo Laredo	1200	6'408,000.
México- Ciudad Juárez	1949	5'856,000
México-Nogales	2353	4'080,000.
México-Veracruz	452	7'212,000.

... (2)

Las cuales concentran el 56% del tráfico ferroviario total del país, expresado en toneladas - kilómetros netas.

A finales de la década de los 80 el volumen de carga transportada por el ferrocarril fue del orden de 62 millones de toneladas.

Entre 1970 y 1988 el crecimiento de los servicios asciep de a una tasa promedio anual del 4%, frente a un ritmo del 7% anual de la carga movida por carretera lo que se refleja en un descenso, por la participación ferroviaria de un 28% al 20% del total.

Por otro lado, el perfil actual de la vía ferroviaria -- así como las restituciones de la vía única y la variable longitud de los laderos de encuentro, inciden sobre la operación de los --- trenes y las velocidades que estos desarrollan, existen tramos en las líneas troncales que tienen pendientes mayores al 2% y curvaturas mayores al 5% (4° - 12°), ante tales restricciones se crea un programa de construcción y modernización de la infraestructura ferroviaria en donde se fijan objetivos primordiales, para poder - dar un servicio eficaz y poder competir contra otros transportes - terrestres, tanto de carga como de pasajeros, los cuales son:

- 1.- Dirigir la construcción de líneas hacia aquellos --- proyectos de mayor prioridad, construyendo dobles vías.

2.- Proporcionar al sistema características geométricas adecuadas a la época actual, rectificando tramos de fuertes pendientes y curvatura.

3.- Establecer un Plan Nacional de patios y terminales con el fin de mejorar los tiempos de clasificación de carga y evitar congestionamientos.

4.- Mejorar la coordinación en otros sistemas de transporte para hacer frente a esta situación, se analizaron diferentes proyectos, entre los cuales se contemplo la electrificación ferroviaria como idoneo dadas las características topográficas y distancias de recorrido existentes en nuestro país.

Naciendo con lo anterior un programa de electrificación el cual contempla los principales corredores ferroviarios (rutas con mayores volúmenes de carga y pasajeros transportados), mencionadas anteriormente.

PROGRAMA DE ELECTRIFICACION		
TRAMO	LONGITUD (Kms)	TIPO DE VIA
México-Querétaro	245	Doble
Querétaro-Irapuato	120	Doble
Ahorcado-San Luis Potosi	250	Doble
Coatzacoalcos-Salina Cruz	303	Doble
México-Veracruz	430	Sencilla
Córdoba-Tierra Blanca	110	Sencilla

... (3)

Tomando como decisión, electrificar primeramente la nueva vía doble México - Querétaro, arteria de comunicaciones mas importante de toda la red ferroviaria.

CAPITULO 2

PLANEACION

La planeación de un sistema férreo electrificado, como es la línea México - Querétaro, se llevo a cabo considerando principalmente los siguientes parámetros:

1.- Elección de la ruta: Se eligio aquella que justificara plenamente las razones por las que se habría de electrificar. Considerando la importancia de esta, en el servicio ferroviario nacional.

2.- Plan de electrificación: Se realizo en función de las necesidades por cubrir en la ruta elegida, considerando los sistemas más apropiados para el buen funcionamiento y operación además de las perspectivas de un desarrollo futuro del sistema.

Cada uno de los puntos anteriores fue objeto de varios estudios y proyectos, estos requirieron ser analizados y revisados por especialistas en la materia, los que a su vez optaron por una decisión tal que pudiera satisfacer las necesidades de la ruta.

Los aspectos más importantes que intervinieron en cada una de las etapas anteriores fueron los siguientes:

2.1 ELECCION DE LA RUTA.

2.1.1 Información preliminar.

El sistema férreo nacional esta integrado por redes ferroviarias, compuestas fundamentalmente de vías troncales y ramas ó secundarias. Las primeras captan el mayor volumen tanto de tráfico de carga como de pasajeros. Se tienden a lo largo de los territorios, uniendo a los centros urbanos más importantes y generando entre ellos el intercambio intenso de bienes e insumos.

2.1.2 Importancia de la ruta.

En la República Mexicana es muy clara la influencia de la metrópoli sobre todos los aspectos de la vida nacional. Esta centralización de actividades se ha reflejado en el incremento de la población que demanda gran cantidad de bienes y servicios.

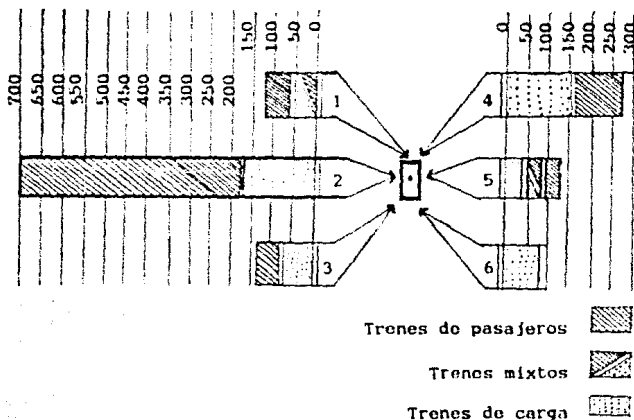
Diariamente llegan por ferrocarril productos a granel, destinados a satisfacer las necesidades de alimento a los habitantes, así como materias primas indispensables para el enorme asentamiento industrial establecido dentro de la zona metropolitana.

La totalidad de trenes que ingresan a la capital de la República, lo hacen por cinco rutas. La más sobresaliente de estas

es aquella donde se agrupan las troncales de Ciudad Juárez, Nuevo-Laredo y Guadalajara. Siendo este el acceso ferroviario más importante con que cuenta la capital. De ahí la atención inmediata en ampliar significativamente su capacidad de tráfico.

ACCESO DE TRENES A LA ZONA METROPOLITANA

No. de trenes (promedio mensual).



donde:

RUTA	PROVENIENTE DE	ACCESO A LA CAPITAL	# TRENES (PROM./MEN.)		
			CARGA	MIXTO	PASAJ.
1	Hgo. & Pue	Por Lechería		50	60
2	Troncales *	" "	170		530
3	Toluca	Ldo. de Mex.	60		70
4	Veracruz	Teotihuacan	155		110
5	Los Reyes	Ido. de Mex.	40	30	60
6	Cuernavaca	Por Morelos	70		

* Ciudad Juárez, Nvo. Laredo y Querétaro.

Esquema 2.a

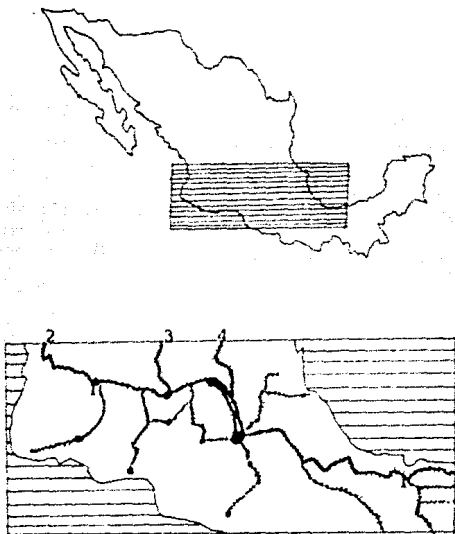
Eje transversal.

Como se aprecia en el esquema (2.b), la troncal Guadalajara - Coatzacoalcos; presenta un trazo transversal. Dicha propiedad la da la capacidad de:

- 1.- Captar los flujos más intensos de la República, provenientes de lugares tan distintos como lejanos.
- 2.- Agilización de la carga a través de la línea.
- 3.- Enlazarse con las troncales provenientes del norte del país.

Debido a este último punto, se destaca el significativo incremento del volumen de carga y pasajeros, existente en el tramo Querétaro - México. Causado por la confluencia, justamente en la estación de Ahorcado de las troncales provenientes de Ciudad Juárez, Chihuahua y Nuevo Laredo, Tamaulipas.

LOCALIZACION DE LA GRAN TRONCAL



donde:

- 1.- Guadalajara - Querétaro - México - Coatzacoalcos.
- 2.- A Nogales, Sonora.
- 3.- A Ciudad Juárez, Chihuahua.
- 4.- A Nuevo Laredo, Tamaulipas.

Esquema 2. b

2.1.3 Ruta a electrificar.

Inicialmente existían dos diferentes rutas, las que enlazaban las mejores líneas de México a cuatro puntos diferentes, -- abarcando con esto gran parte del territorio.

A: México - Ciudad Juárez, Chihuahua.

B: México - Nuevo Laredo, Tamaulipas.

Teniendo ambas como punto de enlace la estación el Ahorcado en Querétaro. Se eligió trazar la nueva línea entre las rutas anteriores, corroborando con esto el buen trazo de dichas vías, -- que aún cubren la ruta.

Se limitó en cada vía (A y B), hacia el centro común - de ambas, una franja imaginaria de 10 kms. de ancho, misma que fue objeto de estudios fotogramétricos, geológicos, orográficos e hidrográficos, entre otros.

Se obtuvo un trazo final, en el que se realizaron nuevos estudios, a una distancia al eje de la sección imaginaria a 500 -- mts. en cada lado. Se optimizó el trazo con lo anterior obteniendo un trazo final.

El objetivo primordial que guió al trazo óptimo de la ruta fue el de disminuir los tiempos de recorrido mediante el incremento en la velocidad de los trenes sin que por ello se afectara su capacidad para arrastrar los enormes volúmenes de carga tomando como prioridad la construcción de la vía férrea en dos sentidos:

- 1) Norte - Sur.
- 2) Sur - Norte.

Tratando de conjugar tres aspectos importantes:

- a) Operación ferroviaria.
- b) Peso de la carga.
- c) Pendientes presentadas por la vía.

La operación ferroviaria depende, entre otros de dos factores primordiales: El peso de la carga que se desea trasladar; y - la pendiente presentada por la vía a lo largo del trayecto. Ambos - se conjugar con la potencia tractiva de las locomotoras, para determinar la capacidad del ferrocarril como medio de transporte.

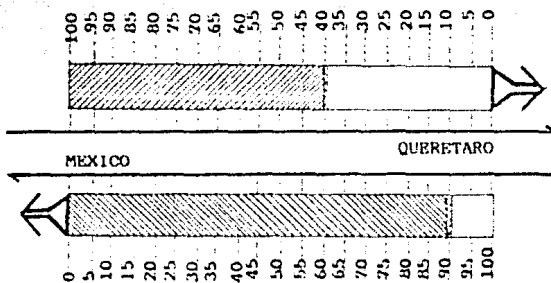
Resulta fácil apreciar cuán importante es la congruencia de los tres elementos en la consecución de un servicio eficaz.

Estas consideraciones fueron determinantes en el diseño de la doble vía. Como se observa en el esquema (2.c). Un 90% de los carros que transitan con rumbo a México, lo hacen cargados, razón por la cual la pendiente máxima ó gobernadora es de apenas el 0.75% muy favorable para la operación de los trenes de carga.

Rumbo a Querétaro, la cifra de vagones cargados es de un 40%; por lo mismo, la pendiente máxima (1.5%) no es obstáculo para la circulación de los trenes, y si, en cambio, propicia el aprovechamiento racional de la capacidad de arrastre de las locomotoras que, previamente, hacen el viaje en el otro sentido.

PORCENTAJE PROMEDIO DE CARROS CARGADOS Y VACIOS
 TRAFICO DE CARGA

- Carros vacíos.
 ▨ Carros cargados.



Esquema 2.c

La longitud total de la vía es de 245 kilómetros y se -- divide en dos tramos:

- 1.- México - Huehuetoca.
- 2.- Huehuetoca - México.

En el primer tramo se utilizarán las dos vías actuales - (A y B), entre Buenavista y Lechería, mismas que se explotarán - como doble vía, estas serán mejoradas en cuanto a pendiente, gálibo y grado de curvatura en ambos sentidos.

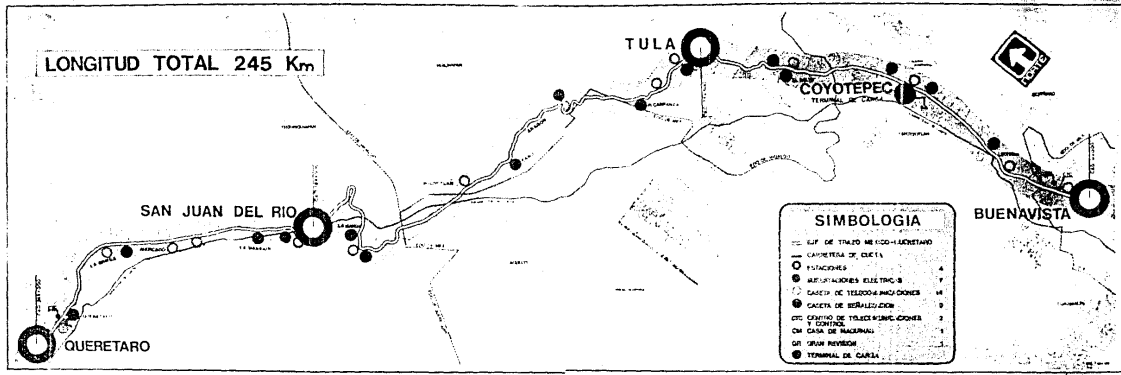
Las vías anteriores se alejan entre sí en el tramo comprendido entre Lechería y Huehuetoca. Por lo que la nueva línea se desarrolla a partir de este lugar según el trazo definitivo.

Quedando la ruta al fin planeada, trazada y proyectada - de la siguiente manera:

- 1.- Hacia Querétaro: Vía troncal BQ.
- 2.- Hacia México: Vía troncal AQ.

TRAZO QUERETARO - BUENAVISTA

LONGITUD TOTAL 245 Km



ELECTRIFICACION FERROARRIL MEXICO-QUERETARO

Otra de las metas consistió en perfeccionar los procedimientos de recibo, clasificación y despacho de mercancías, con la finalidad de operar trenes directos y unitarios que evitarán lentas y complicadas maniobras.

En lo relativo al movimiento de pasajeros se pretende -- elevar al máximo la seguridad y reducción del tiempo de recorrido. Considerando los anteriores requerimientos y basandose en las siguientes razones con las cuales se justifico e inicio un plan de electrificación.

Las razones que justificaron la electrificación de la -- línea ferroviaria México - Querétaro fueron:

- a) Garantizar la seguridad en la operación de los trenes.
- b) Incrementar sustancialmente la velocidad comercial.
- c) Permitir mayor tráfico de trenes en la línea.
- d) Aumentar la confiabilidad del equipo tractivo.
- e) Abatir costos y tiempo en el mantenimiento de las locomotoras.....(4)

2.2 PLAN DE ELECTRIFICACION.

Conociendo las necesidades por cubrir y dadas las características físicas y geométricas de la vía, se elaboro un plan de-

electrificación, que comprendió la instalación a lo largo de la línea (en lugares previamente establecidos) de equipos y sistemas diversos, los cuales en forma conjunta deberán de operar para lograr así un objetivo primordial como lo es, el tener un buen desarrollo de todo el sistema.

El primer paso en este caso, es saber como se elabora un plan de este tipo.

A continuación se hace mención de el plan de electrificación utilizado generalmente por los países altamente desarrollados en este sistema (Francia y Japón).

PLAN DE ELECTRIFICACION FERROVIARIA.

1) Estimación de la cantidad de tráfico.

Respecto a la carga, se investiga:

- Movimiento de carga en tiempo pasado.
- Contemplación de planes de desarrollo industrial y agrícola a lo largo de la vía.
- Estimación de la cantidad futura del transporte de carga.
- Consideración del aumento de la fuerza de tracción por la electrificación.

2) Plan de trenes.

Se plantea lo siguiente:

- La capacidad necesaria de transporte.
- Tonelaje de los trenes para tracción, considerando la capacidad según las condiciones de vía, tales como:
Pendiente, longitud efectiva de las vías de patio, etc.
- Cálculo de el número de trenes.

Se determina el peso sobre ruedas motrices de las locomotoras, luego se decide el número de estas considerando su peso, debido a que el peso por eje estará limitado por la estructura de la vía, se señala la potencia de la locomotora considerando la velocidad necesaria en los tramos de pendiente gobernadora, el aumento de temperatura de los motores de tracción, etc.

3) Instalaciones fijas.

a) Aparatos eléctricos.

- Se obtiene la capacidad de estos por el plan de transporte y la potencia de las máquinas.

a.1) Subestaciones.

- Se calcula la caída de voltaje, intervalo entre las subestaciones y se investiga la fuente y costo de la electrificación.

a.2) Catenaria.

- Se determina la sección de los conductores de la catenaria y la estructura de esta, considerando las condiciones climáticas, la velocidad de trenes, etc; además se decide el área en la cual se debe instalar la catenaria, tomando en cuenta como se efectúan las maniobras en cada patio.

a.3) Señales y telecomunicación.

- Se realiza el plan de modificación y modernización de señales y telecomunicaciones de acuerdo con el sistema de electrificación, en el caso de corriente alterna es necesario medir la conductividad de la tierra para recibir el límite de modificación de las líneas de telecomunicaciones cercanas a la vía.

b) Obras civiles.

- Se tomarán en cuenta los gastos que ocasionen las obras civiles, como son: el límite de construcción y el galibo del material rodante....(5)

2.2.1 Etapas previas.

Dado que el plan anterior resulta demasiado complejo, es necesario contar con una asesoría especializada, por lo que fue necesario antes de llevarlo a cabo, hacer una serie de análisis y estudios que justificarán la necesidad de la electrificación; en esta

línea férrea, este análisis fue elaborado en dos etapas:

- Primera etapa.

" Análisis de vías férreas, México - Querétaro ".

Elaborado por el Banco Mundial, en el cual se precisó la metodología que se aplicaría en estudios subsecuentes. la cual, --- además de cumplir con los requisitos de densidad de tráfico y las - condiciones geométricas aceptables, se encuentra ubicada de manera - óptima con respecto a las redes de distribución de energía de la -- Comisión Federal de Electricidad.

- Segunda etapa.

" Estudio financiero - económico para la electrificación - de la doble vía México - Querétaro ".

Fue hecho por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes el cual contiene:

- a) Aspectos técnicos y la determinación del tráfico.
- b) Análisis financiero, económico y alternativas de tracción.

Dado que México no contaba en ese tiempo con la experiencia y conocimientos para llevar a cabo la construcción de un sistema ferroviario de esta naturaleza, fue necesario contratar a una -- compañía extranjera; para realizar a nivel de anteproyecto y posteriormente a proyecto al plan de electrificación.

2.2.2 Primeros estudios formales.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, contrato a la compañía Sofrerail, una filial de Ferrocarriles Nacionales de Francia; Para realizar el anteproyecto de electrificación ferroviaria, abarcando dos tramos (México - Querétaro y Querétaro - Irapuato, siendo el primero de estos motivo de este trabajo), con la participación de los siguientes organismos: Secretaría de Comunicaciones, Ferrocarriles Nacionales de México y Comisión Federal de Electricidad.

Dentro del anteproyecto de electrificación se llevaron a efecto estudios técnicos, económicos y comparativos (tomando como base los puntos expuestos en el párrafo 2.2.1).

Entre los variados modos de transportación, Diesel y Eléctrica en sus diversas modalidades de explotación, en la alternativa eléctrica se le dio preferencia al sistema que considera tracción en corriente monofásica de 25 kilovolts a 60 hertz de frecuencia industrial, por convenir así al sistema ferroviario nacional, (considerado dentro de los primeros estudios realizados por el Banco Mundial, véase párrafo 2.2.1).

Al mismo tiempo se definieron en lo posible las instalaciones especiales de una línea electrificada; como son subestacio-

nes, señalización, telecomunicaciones y talleres de material rodante.

2.2.3 Bases del proyecto definitivo.

Posteriormente a la definición de las bases del proyecto de electrificación, la Dirección General de Ferrocarriles en Operación realizó los estudios de factibilidad económica que fueron necesarios para elaborar el proyecto definitivo y la ingeniería de detalle que se considero básica, para dicho efecto. La compañía Sofrerail, llevo a cabo los estudios siguientes a nivel de proyecto.

- 1) Tráfico de trenes.
- 2) Plan de trenes.
- 3) Material rodante.
- 4) Instalaciones fijas (subestaciones).
- 5) Línea de contacto (catenaria).
- 6) Señalización.
- 7) Telecomunicaciones.
- 8) Casa de máquinas.

2.2.4 Consideraciones básicas del proyecto definitivo.

2.2.4.1 Tráfico de trenes.

Para el tráfico de trenes se consideraron principalmente los siguientes aspectos:

- a) Vía doble con una longitud total de 245 kilómetros.
- b) Características geométricas.
- c) Velocidades de operación.

TIPO DE TREN	MINIMA	MAXIMA
Pasajeros	110 kms/hrs.	160 kms/hrs.
Carga	80 kms/hrs.	100 kms/hrs.

- d) Se definieron seis tramos (véase tabla 2.º) para un estudio óptimo, tomándose el rumbo al sur (hacia México) por ser el de mayor tráfico.
- e) Se considero que la carga local entre Tula y México se transportará por las líneas existentes (A o B).
- f) La estación Ahorcado será terminal, debido a la confluencia en ese punto de las troncales.

DENSIDAD DEL TRAFICO DE CARGA ANUAL RUMBO AL SUR	
TRAMOS	TONELADAS BRUTAS (MILLONES)
Querétaro Ahorcado	7.01
Ahorcado San Juan del Río	12.61
San Juan del Río Dañu	12.67
Dañu Tula	13.42
Tula Lechería	14.38
Lechería Valle de México	14.80

... (6)

Tabla 2.e

2.2.4.2 Plan de trenes.

Este plan se origina de los estudios realizados en el párrafo (2.2.4.1), contemplando los planes de desarrollo futuro del tráfico de trenes. Los puntos más importantes tratados dentro de este plan son:

- a) La línea será electrificada en 25 kilovolts y 60 hertz.
- b) Se dispondrá de la construcción de varias vías de libramiento o laderos, estos servirán para que en un momento dado un tren pueda rebasar a otro.
- c) Se incluirán cortavías para comunicaciones de paso en contra sentido; con el objeto de afrontar las consecuencias de los incidentes de la vía y para ejecutar los trabajos de mantenimiento.
- d) La electrificación de esta línea servirá para atender el movimiento de todos los trenes directos que tengan su origen o destino dentro de esta zona.
- e) El transporte de carga se puede hacer por medio de un conjunto de trenes regulares con horarios previamente establecidos.
- f) Para las variaciones temporales de tráfico se utilizarán trenes extras, para una mejor fluidez.

De los análisis de composición y tonelaje de los trenes se tomaron como base las condiciones de operación, dentro de un programa de transporte que contempla un horizonte de 20 años, de 1983 a 2003, para resolver la problemática actual de toda la zona centro de la república.

Para determinar el número de locomotoras es necesario conocer los tiempos de recorrido en cada uno de los tramos, para lo cual se desarrollo un programa de simulación del recorrido de trenes que integra las características geométricas de la línea, datos técnicos de las locomotoras, etc; los cálculos anteriores se realizaron para el rumbo que tiene un mayor volumen de tráfico.

Las fórmulas empleadas en esta evaluación fueron:

- Para trenes de carga.

$$THD = \frac{\sum TBA(TR \cdot 2 + TE)}{1250 \cdot 365} \quad (1)$$

$$Lc = THD \cdot 2 / 20 \cdot LPT \quad (2)$$

- Para trenes de pasajeros.

$$THD = \frac{\sum TD \cdot (TR \cdot 2 + TE)}{\quad} \quad (3)$$

$$Lp = THD \cdot 2 / 20 \cdot LPT \quad (4)$$

- Para el número total de locomotoras.

$$L = (Lc + Lp) \cdot (1 + F) \quad (5)$$

- Para el incremento anual de locomotoras.

$$AL = (1 + F)(LC - LC/1.33)$$

(6)

donde:

LC- Número de locomotoras necesarias para los trenes de carga.

THD- Al número de trenes - hora diarios.

TBA- Toneladas brutas anuales en el tramo.

TR- Tiempo de recorrido de un tren en el tramo.

TE- Número de locomotoras para los trenes de carga.

LPT- Número de locomotoras por tren.

TD- Número de trenes diarios en el tramo.

L- Número total de locomotoras requeridas.

F- Coeficiente de inmovilización.

AL- Incremento anual de locomotora.

20- Horas diarias promedio útiles de una locomotora.

365- Días del año.

1.33- Constante.

1- Constante.

1250- Horas anuales trabajadas.

En el cuadro siguiente, se encuentran resumidos los resultados sobre la composición máxima del tipo de locomotoras número y horario de estas, para trenes de carga y de pasajeros.

DATOS GENERALES SOBRE EL TRAFICO DE TRENES.	
TRENES DE CARGA	TRENES DE PASAJEROS
<p>COMPOSICION MAXIMA: Rumbo norte 3700 ton. con 74 unidades. Rumbo sur 6000 ton. con 74 unidades.</p>	<p>COMPOSICION MAXIMA: Trenes diurnos 1000 ton. con 20 coches. Trenes nocturnos 1400 ton. con 17 coches.</p>
<p>TIPO DE LOCOMOTORA: Potencia de 4000 kw. con 6 ejes con un peso de 144 ton. y una velocidad de 80 km/hr.</p>	<p>TIPO DE LOCOMOTORA: Potencia de 6000 kw. con 6 ejes con un peso de 138 ton. y una velocidad máxima de 160 km/hr.</p>
<p>NUMERO DE TRENES: Promedio en 1983: Al norte 12 trenes. Al sur 12 trenes. Promedio en 1993: Al norte 21 trenes. Al sur 21 trenes. Promedio en 2003: Al norte 37 trenes. Al sur 37 trenes.</p>	<p>NUMERO DE TRENES: 1983 ida y vuelta turno diurno 3 trenes. Ida y vuelta turno nocturno 2 trenes. 1993 ida y vuelta turno diurno 3 trenes. Ida y vuelta turno nocturno 3 trenes. 2003 ida y vuelta turno diurno 5 trenes. Ida y vuelta turno nocturno 3 trenes.</p>
<p>PROGRAMA DE TRENES: Rumbo norte tiempo de recorrido: 5 h. 2 min. a una velocidad de 67.7 km/hr. Rumbo sur tiempo de recorrido: 5 h. 55 min. a una velocidad de 57.7 km/hr.</p>	<p>PROGRAMA DE TRENES: Rumbo norte trenes diurnos tiempo de recorrido: 3 h. 14 min. a una velocidad de 109 km/hr. Trenes nocturnos tiempo de recorrido 3 h. 30 min. a una velocidad de 101 km/hr. Rumbo sur trenes diurnos tiempo de recorrido 3 h. 17 min. a una velocidad de 107 km/hr. Trenes nocturnos tiempo de recorrido 3 h. 35 min. a una velocidad de 98 km/hr.</p>
<p>NUMERO DE LOCOMOTORAS EN TRENES DE CARGA. En 1983 - 21 locomotoras. En 1993 - 33 locomotoras. En 2003 - 53 locomotoras.</p>	<p>NUMERO DE LOCOMOTORAS EN TRENES DE PASAJEROS. En 1983 - 6 locomotoras. En 1993 - 8 locomotoras. En 2003 - 10 locomotoras.</p>

2.2.4.3 Material rodante (locomotoras).

De acuerdo a las necesidades que impusieron el aumento de carga por transportar, se realizaron estudios para determinar el -- tipo y características de las locomotoras que se requerían tomando para ello, entre otros factores.

- a) Perfil de la línea férrea.
- b) Peso de los trenes al arranque y por remolcar. Se consideraron pesos de 168 toneladas por locomotora + carga máxima anexada.
- c) Categorías de trenes: Carga y pasajeros.
- d) Velocidad máxima de circulación.
- e) Máxima curvatura de la línea.
- f) Factor limitativo de potencia de 10,000 kilowatts, por tren.

Con lo anterior se obtuvieron los siguientes resultados:

FACTORES LIMITATIVOS.							
RUMBO TURNO	CARGA MAXIMA	PENDIENTE	POTENCIA DE LOCOMOTORA	NUMERO DE LOCOMOTORAS	TENSION EN EL PANTOGRAFO	VELOCIDAD DE EQUILIBRIO	VELOCIDAD MAXIMA DE SERVICIO
Norte Sur	TRENES DE CARGA:						
	3700 Ton. 6000 Ton.	1.5% 0.75%	3.800 k.w. 3.800 k.w.	2 2	22.5 kv. 22.5 kv.	40 km./hrs. 43 km./hrs.	80 km./hrs. 80 km./hrs.
Diurno Nocturno	TRENES DE PASAJEROS:						
	1000 Ton. 1400 Ton.	1.5% 1.5%	6.000 k.w. 6.000 k.w.	1 1	22.5 kv. 22.5 kv.	114 km./hrs. 105 km./hrs.	160 km./hrs. 160 km./hrs.

Tabla 2. f

2.2.4.4 Instalaciones fijas.

Subestaciones.

Se considero electrificar toda la red a través de siete subestaciones distribuidas en forma equidistante a todo lo largo de la ruta, teniendo como función primordial la de tomar los 230 kilovolts de la red de alta tensión perteneciente a la Comisión Federal de Electricidad; y reducirlos a 25 kilovolts, tensión con la cual operará el ferrocarril, además de aportar la energía auxiliar necesaria para el funcionamiento de los sistemas de señalización y telecomunicaciones.

Las subestaciones podrán ponerse fuera de servicio tanto en el sitio como desde los centros de telemando establecidos en el Valle de México y Querétaro.

2.2.4.5 Línea de contacto

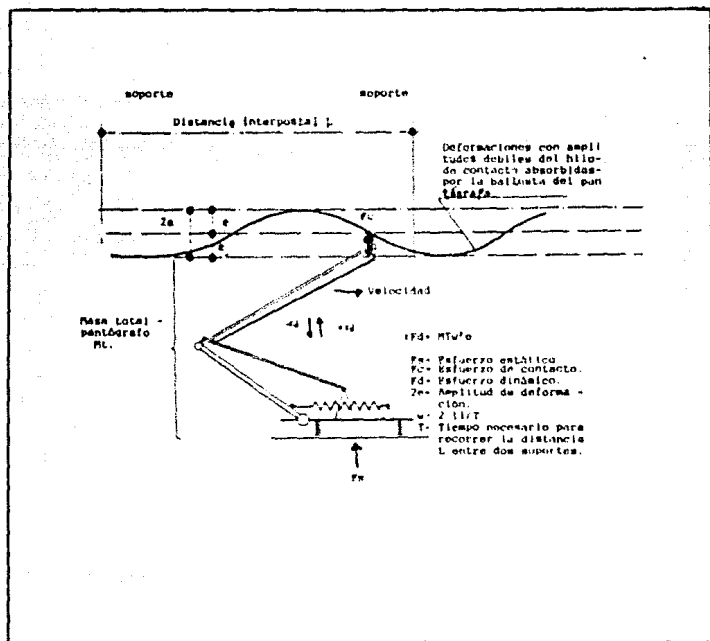
Catenaria.

Para determinar el tipo de catenaria, a utilizar en la línea, se tuvieron que realizar los siguientes estudios:

1.- Esfuerzos mecánicos:

a) Esfuerzos provocados por el pantógrafo.

El diseño de una catenaria siempre constituirá un sistema con elasticidad y distribución de masas variables, que representan un problema netamente mecánico.



Bajo la acción del pantógrafo; el hilo de contacto se -- levanta en forma variable, se deforma y oscila.

Se considera que el tiempo empleado por el pantógrafo en recorrer un tramo, corresponde al período de oscilación de la ca -- tenaria.

El hilo de contacto, debido a estas deformaciones moti -- vadas por la presión y el deslizamiento del pantógrafo, en reci -- procidad le imprime aceleraciones verticales y transversales posi -- tivas y negativas; importantes al pantógrafo. Las que comunicadas -- a su propia masa, generan esfuerzos (F_d) que deben sumarse ó --- restarse, sucesivamente al esfuerzo estático (F_s).

Debido a la inercia de un sistema articulado este no --- puede reaccionar instantáneamente a las variaciones en la altura -- del hilo de contacto combinadas con el desplazamiento de la loco -- motora.

Por lo que:

$$F_c = F_s + M \cdot W^2 e$$

Son estas las razones por las que la calidad del contacto se encuentran íntimamente ligado al comportamiento mecánico del pantógrafo y de la catenaria, y por consiguiente de sus características de construcción.

b) Cambios de temperatura:

Debido a que el hilo de contacto se encuentra sometido a tensión, este podrá sufrir dilataciones ó deformaciones ocasionadas por los cambios de temperatura predominantes en la zona, provocando con esto posibles fracturas.

2.- Gálibo de construcción.

Se llama gálibo de construcción al espacio mínimo que se debe mantener fuera del gálibo del material rodante, entendiéndose por este último al espacio necesario para la operación del ferrocarril.

Se tuvo especial interés en evitar posibles interferencias de:

- a) El gálibo superior de las instalaciones fuera de catenaria del tipo vigas " bajo tensión ".

- b) Los equipos de suspensión de la catenaria, ubicados principalmente en obras de arte (túneles).
- c) Equipo de aislamiento especial, ubicados generalmente en pasos a desnivel.

3.- Velocidades de operación.

El esfuerzo ó acción dinámica que provoca el pantógrafo sobre el hilo de contacto, estará en función de la velocidad, que la máquina lleve, véase párrafo 2.2.4.

4.- Sistemas de soporte.

El sistema de soporte será aquel que considerando las -- velocidades a que se tomará la corriente y los esfuerzos mecánicos ocasionados por lo anterior, sea capaz de mantener en un mismo -- plano al hilo de contacto. Además de poder transmitir, al mismo -- tiempo el peso propio a el sistema tierra.

En base a lo anterior, se estableció, que el hilo de --- contacto, deberá mantener su configuración y no sufrir deformaciones al paso de los trenes.

La catenaria será del tipo poligonal ó " Y " constituida por un cable portador, y un hilo de contacto ambos con una conduc-

tividad al 90%. tensados además con una fuerza mecánica de 1 tonelada, por medio de contrapesos instalados en los extremos de un -- poste, en una sección de la catenaria, colocados aproximadamente a cada 1500 metros.

Se eligió conectar un feeder de refuerzo de 4 kilómetros de longitud a cada lado de las subestaciones.

Se recomendaron las siguientes alturas (dependiendo de la altura predominante de la locomotora, grado de curvatura y sección del gálibo de construcción) para el hilo de contacto.

ALTURAS RECOMENDADAS	
CASO	ALTURA
Vía normal	5.75 mts.
Obras de arte.	5.09 mts.
Pasos a desnivel	6.0 mts.

2.2.4.6 Sistema de señalización.

Para determinar el sistema de señalización se requirió de la revisión de los siguientes estudios:

1) Plan de trenes: Se utilizó para determinar las instalaciones fijas necesarias para asegurar el tráfico previsto y los planes de vía donde se estableció la ubicación de las estaciones y desvíos.

2) Tráfico de trenes: Se realizaron códigos de señales y reglamentos de explotación, considerando: Las velocidades de operación, señales a utilizar, ubicación exacta de estas, circuitos de vía en estaciones y en cada sección de la línea.

3) La documentación definida y los resultados obtenidos en los puntos anteriores, permitieron establecer los planes técnicos para cada estación y determinar los enclavamientos, para llevar a cabo los movimientos previstos por el plan de transporte.

4) Considerando lo antes mencionado se determinaron: Los esquemas de señalización para la ejecución de los trabajos, las necesidades del material de señalización y el volumen de las piezas necesarias en los puestos de maniobra y cambio de vía.

Como conclusión final de estos estudios se propusieron los siguientes sistemas de señalización: Control de tráfico centralizado, equipo de campo para señales, sistema de supervisión y control de alimentación, sistema detector de cajas calientes y cruces a nivel.

2.2.4.7 Sistema de telecomunicaciones.

Para cubrir las necesidades de comunicación y telecontrol para el funcionamiento pleno del sistema, se necesitó la realización de estudios completos de telecomunicaciones.

Las telecomunicaciones deberán de hacer posible el control de las actividades comprendidas dentro de los sistemas (señalización, catenaria y subestaciones) de electrificación. Con las consideraciones anteriores se llegó a establecer el siguiente conjunto de sistemas:

- 1) Sistema de cables de telecomunicaciones.
- 2) Sistema de regularización del transporte.
- 3) Sistema de regularización de subestaciones.
- 4) Sistema telefónico para mantenimiento.
- 5) Sistema telefónico de alarma.
- 6) Sistema de grabación en cinta magnética.
- 7) Sistema de supervisión remota.
- 8) Sistema de telecomunicación.
- 9) Sistema de intercomunicación para los centros de control.
- 10) Sistema de telegrafía morse.

2.2.4.8 Casa de máquinas.

Para que las locomotoras en cada recorrido operen a su máxima capacidad se requerirá darles un mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, por lo que se hace necesario la construcción de talleres para reparaciones mayores y menores.

Para la realización de este tipo de mantenimiento se determinó construir una " Casa de Máquinas " quedando localizada dentro del Valle de México, deberá de contener los elementos mecánicos y eléctricos necesarios para reparación y cambios de partes afectadas de la locomotora.

Se definieron en el proyecto final los siguientes locales y equipos:

- 1) Locales.
 - a) Local para equipo de compresión de aire.
 - b) Local para mantenimiento de baterías.
 - c) Subestación eléctrica.
 - d) Taller para pantógrafo.
 - e) Taller para equipo electrónico.
 - f) Herrería.
 - g) Taller para frenos.

- h) Taller mecánico.
- i) Vías de acceso, energetizadas y sin energetizar.
- j) Fosas de revisión.

2) Equipamiento.

- a) Equipo para sacar mancuernas.
- b) Gatos hidráulicos.
- c) Grua viajera.
- d) Grua radial.
- e) Montacargas.
- f) Locotractor.
- g) Herramienta necesaria para reparaciones.

CAPITULO 3

PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Los procesos constructivos de este sistema férreo, están comprendidos en los siguientes puntos: Trazo geométrico, terraces - rías, obras de drenaje, obras de arte, vía y edificación.

3.1 TRAZO GEOMÉTRICO.

Dadas las características de la doble vía y sus necesidades de operación, se llegó a un trazo final, iniciando así un -- gran proceso de construcción ferroviaria, comenzando con el trazo -- mismo de la vía. (Véase párrafo 2.1.3).

3.1.1 Trazo y nivelación.

El trazo fue llevado a cabo, sobre el eje de la vía, por brigadas de topógrafos mediante la localización de tangentes, li -- gas angulares y puntos de inflexión, con el objeto de definir el -- polígono preliminar, posteriormente se localizaron y referenciaron los puntos extremos de las distintas curvas.

Conforme se realizaba el trazo se ejecutaban las nivelaciones diferenciales, en este caso a cada 20 metros, de esta forma se detallaban los cruces de ríos, caminos, canales, carreteras, -- etc., se fijaron bancos a nivel cada 500 metros. En lo que respec -- ta a las secciones transversales del terreno también se obtuvieron

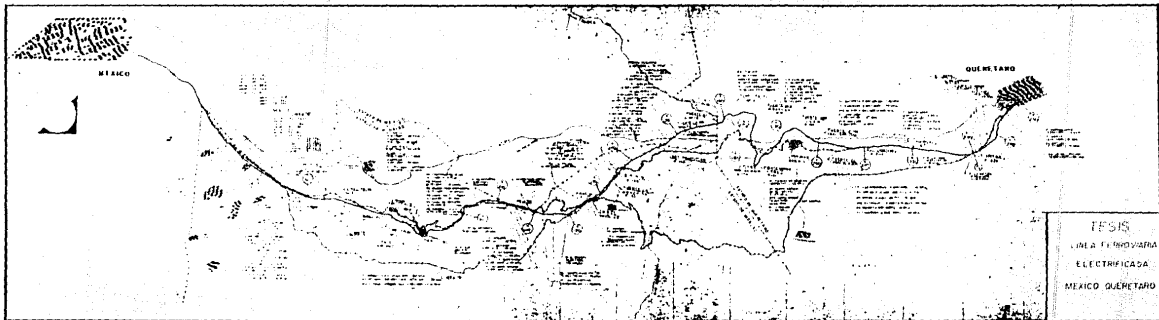
a cada 20 metros.

Con los datos obtenidos del trazo y nivelación se pudieron determinar los ejes y las elevaciones de los escurrideros, --- arroyos, desniveles, etc; mediante la fotogrametría, se definió el tipo de cimentación, seccionamiento y estructuración de cada obra de arte en particular. (En el plano que se anexa a continuación se muestra la localización de cada estructura y obra de arte).

Con los datos recogidos del trazo se hicieron sondeos -- sobre el eje de la línea, sacando muestras para laboratorio ahí se interpretaron los resultados de cada prueba como son: Índice de -- granulometría, entre otras en función de estos resultados se recomendaron los materiales más apropiados para llevar a cabo la construcción de las terracerías.

3.2 TERRACERIAS.

Terminado el proceso anterior se hizo el diagrama de masas, que estudia la forma más económica de acuerdo a las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte y Ferrocarriles Nacionales de México, definida la manera más óptima en la posición de la curva de masas, se calculan los movimientos de terracerías.



Entendiendo por terracerías a los movimientos de tierra ó de material, que se llevan a cabo con el propósito de nivelar -- totalmente el terreno, la idea de estos trabajos consiste en lo -- grar un equilibrio uniforme entre el volumen de cortes y terraple -- nes.

La ejecución de cortes se realiza cuando el perfil lon -- gitudinal de la vía, atraviesa por debajo del nivel natural del -- terreno. Esto sucede en topografías donde abundan lomeros y zonas montañosas ó escarpadas, en este caso se hicieron 2 tipos de cor -- tos:

- 1.- Corte de cajón: Es aquel que presenta taludes o pa -- redes en ambos lados de la base.
- 2.- Corte de balcón: En este tipo de corte sólo existe -- un talud ó pared.

El terraplén es un macizo de piedras y tierra que se --- conforma para rellenar un terreno hondo ó para compensar el desnivel del terreno por donde ha de pasar la línea férrea, es un re -- curso con el que se logra continuidad en la rasante y, generalmen -- te aprovecha el material extraído en los cortes.

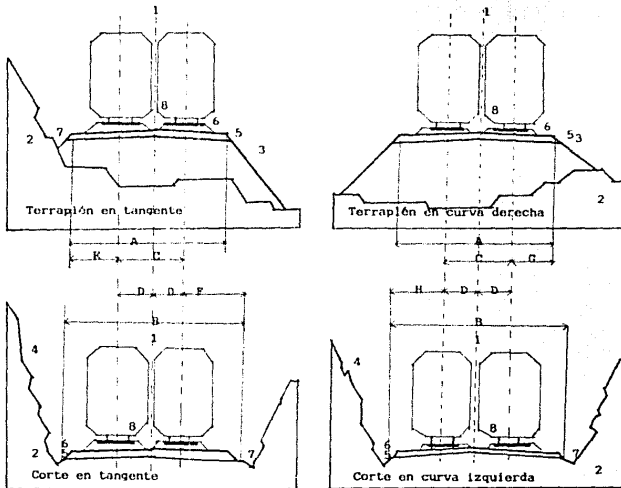
La subrasante, la penúltima capa de las terracerías, se -- conforma con material proveniente de préstamos, en espesores que --

varian de 35 a 50 centímetros. Su finalidad es la de mejorar las condiciones de las terracerías y servir como apoyo suficiente al subalasto ó rasante.

La rasante es la parte final de las terracerías, además de presentar las condiciones de trazo y perfil señaladas en el proyecto, la rasante cubre 2 funciones primordiales:

- 1.- Brindar un sólido soporte a la superestructura de la vía.
- 2.- Drenar eficazmente las precipitaciones pluviales, asegurando la longevidad de las terracerías.

SECCIONES TRANSVERSALES DE TERRACERIAS



- 1.- Eje de trazo
- 2.- Terreno natural
- 3.- Terraplén
- 4.- Corte
- 5.- Capa de sublasto
- 6.- Balasto y vía
- 7.- Cuneta
- 8.- Gálibo

A.- Corona de terraplén	11.60 m
B.- Cama de corte	13.60
C.- Entreje de vías	5.00
D.- Entreje de trazo	2.50
E.- Distancia de tangente	3.30
F.- En tangente	4.30
G.- Distancia en curva	2.80
H.- En curva	4.80

Enquema 3.a

3.2.1 Obras de drenaje.

Los drenajes son necesarios para conservar en buen estado a la vía, su presencia da cauce a las aguas corrientes y pluviales, que bajo determinadas circunstancias pueden afectar sensiblemente la capacidad de carga de las terracerías, puesto que la excesiva humedad ocasiona inestabilidad en los taludes, y consecuentemente, en la formación del balasto.

El diseño de las obras de drenaje se fundó en el gasto propio de la corriente, considerando su máxima afluencia posible y el grado de humedad del terreno, así como su permeabilidad, compactación y coeficiente de escurrimiento.

Las obras de drenaje se realizan antes de los trabajos de terracerías, razón por la cual se deben de arropar.

Los drenajes suelen clasificarse en longitudinales y transversales:

Los drenajes longitudinales son construidos para el desalojo de agua pluvial, mientras que los transversales dan cauce a corrientes de agua.

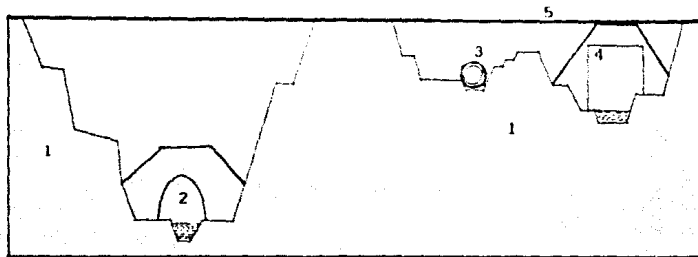
Según las condiciones específicas, que se encontraron a lo largo de la vía se construyeron diversos tipos de drenajes --- transversales tales como:

- Losas de cajón de concreto armado: Este se debió a las ventajas que presenta cuando existe el caso de rasantes poco elevadas en relación con el terreno natural de la vertiente.
- Bóvedas de punto medio, mampostería ó concreto: Este recurso se emplea cuando las obras de drenaje tienen que soportar el peso de terraplenes grandes.
- Sifones de concreto: Este tipo de drenaje se utilizó para salvar el encuentro con cauces, por encima de la rasante. (véase esquema 3.b)

3.3 OBRAS DE ARTE.

Como todas las vías de comunicación la vía México - Querétaro, exhibe un sin número de obras de arte localizadas a lo largo de la ruta. Se construyeron con el doble fin de conseguir las condiciones geométricas deseadas e incrementar al máximo la seguridad de la línea.

OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL



- 1.- Terreno natural
- 2.- Bóveda de medio punto
- 3.- Tubo de concreto
- 4.- Losa plana de concreto
- 5.- Vía

Esquema 3. b

Las obras de arte están compuestas por: Túneles, puentes viaductos y pasos a desnivel.

3.3.1 Túneles.

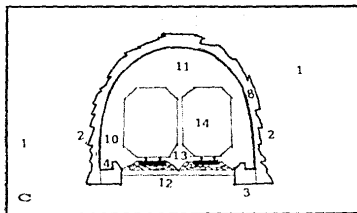
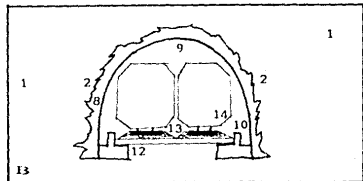
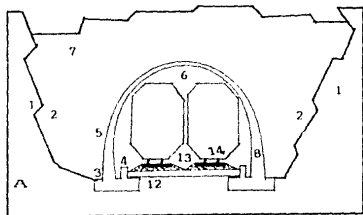
Los túneles son estructuras que permiten a la vía férrea salvar obstáculos que surgen de la interferencia con algún tipo de construcción.

En el diseño se tomaron en cuenta los esfuerzos que se presentarían por carga y sismo. de igual forma se considero el galibo necesario para aceptar dentro de el túnel, el tráfico simultáneo del equipo rodante de mayores dimensiones sobre la vía.

A lo largo de la vía México - Querétaro se encuentran 11 túneles de los cuales 9 son túneles de los denominados falsos y el resto conocidos como perforados.

El procedimiento constructivo de los túneles falsos se inicio con el trazo de la línea y la ejecución del corte. Conseguido el nivel de subrasante se procedió a excavar a los costados de la cama del corte, una capa para abrigar las zapatas de cimentación, sobre estas se colaron los muros. El colado de la bóveda se realizo también con cimbra metálica. El último paso consistió en arropar el túnel para protegerlo de posibles derrumbes.

SECCIONES TRANSVERSALES DE TUNELES



A.- TUNELES FALSOS
 B.- TUNEL PALMILLAS
 C.- TUNEL BARRIENTOS

- 1.- Terreno natural
- 2.- Corte en el terreno
- 3.- Zapata de concreto
- 4.- Canal lateral
- 5.- Muro lateral
- 6.- Bóveda de concreto armado
- 7.- Material de arriope
- 8.- Revestimiento de concreto
- 9.- Bóveda revestida de concreto
- 10.- Sección media inferior
- 11.- Sección media superior
- 12.- Capa de subalasto
- 13.- Balasto y vía
- 14.- Gálibo

Esquema 3.c

Para ilustrar el procedimiento de construcción de un túnel perforado nos referiremos al Túnel Barrientos, este túnel permitió la continuidad del trazo férreo a través de un pequeño cerro cuya superficie esta ocupada por asentamientos humanos irregulares y algunas líneas de conducción pertenecientes a diversos servicios públicos.

Este túnel se ubica en el kilómetro 17.540, su longitud es de 460 metros, la sección transversal destaca por su forma de herradura, se trata de un arco constante en el que no se aprecian trazos rectos, tiene una altura interior máxima de 9.15 metros y un ancho de 12.20 metros; la base sin contar los canales laterales es de 9.84 metros.

La construcción de esta obra se llevó a cabo en 2 etapas

La primera abarcó la mitad superior de la sección, mientras que la segunda comprendió la parte inferior, incluyendo la cimentación.

Todo el proceso constructivo se inició con el alineamiento horizontal, que permitió perforar, en tramos de 15 metros, un túnel piloto de 2.5 metros de ancho.

El siguiente paso fue la colocación de los marcos metálicos a los cuales se les soldaron anclas, en las partes donde se presentaron fracturas, grietas ó alguna irregularidad, se lanzó -- concreto hidráulico para conseguir una resistencia notable a la -- caída ó afloramiento del techo del túnel. En seguida se coló, con el empleo de cimbra metálica, la parte correspondiente a la bóveda de 0.6 metros de espesor. En la siguiente etapa se comenzó con la excavación y retiro del material, el portal de acceso fue el primer elemento que se coló, después se colaron las zapatas y los muros finalmente, se construyeron muros de contención en los exteriores del túnel.

Los túneles que se encuentran a lo largo de la vía México - Querétaron son los que se enlistan a continuación:

RELACION DE TUNELES			
NOMBRE	KILOMETRO INICIAL	LONGITUD EN MTS.	TIPO
Barrientos	17.540	460	Perforado
El Salto	62.373	330	Falso
Conejos	63.442	220	Falso
Conejos II	64.119	800	Falso
Caleras	66.178	440	Falso
Tula	78.940	180	Falso
La Cueva	161.794	51	Falso
Palmillas	168.809	464	Perforado
Hércules	236.723	330	Falso
Sansón	239.334	61	Falso
Dalila	239.454	100	Falso

... (7)

3.3.2 Puentes.

Los puentes son aquellas obras que permiten la continuidad del trazo por encima de ríos, arroyos permanentes, canales de irrigación y distribución, etc.

Uno de los puentes más relevantes que existe dentro de la

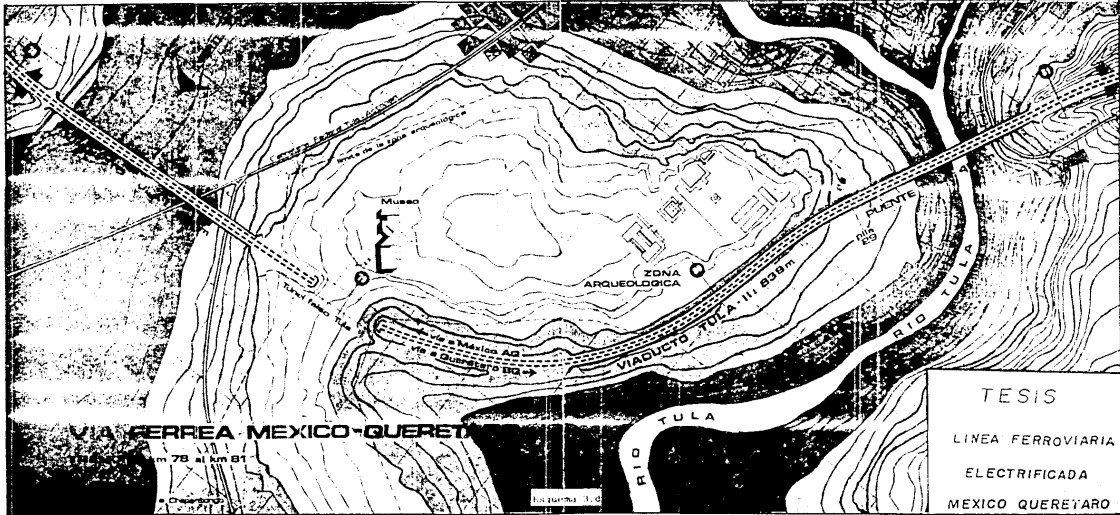
vía México - Querétaro, es el puente Tula.

Este puente se ubica en el km. 80 + 407, dentro del tramo donde se agrupan los Viaductos Tula I y II. (véase esquema 3.d)

Su construcción surgió de la necesidad de salvar el cruce de la vía férrea sobre el río del mismo nombre. Posee una longitud total de 496 mts., dividida en 10 claros: 8 intermedios de 52 mts. - cada uno, y 2 extremos de 40 mts. (véase esquema 3.e)

De acuerdo a los estudios estatigráficos que se realizaron, se pudo determinar la naturaleza del subsuelo, en la zona donde se apoya la cimentación, siendo resuelta está con zapatas aisladas de concreto. Sobre la cimentación se apoyaron las pilas. Estas son de sección rectangular hueca, se construyeron utilizando una -- cimbra metálica deslizante; la altura de estos elementos varía desde los 14 mts. (pila 30) hasta los 35 mts. (pila 34), considerando la distancia entre la corona del cimiento y la parte superior del cabezal.

Los cabezales que rematan la parte superior de cada pila son elementos prefabricados de sección maciza, creciente hacia la parte alta, donde se apoya la superestructura. Su altura de 5 mts., y su peso de 90 ton. hicieron necesario el empleo simultáneo de 2 - grúas, a fin de efectuar su colocación.



VIA FERREA MEXICO-QUERETARO

km 78 al km 81

Chaparral

Escala 1:0

TESIS
 LINEA FERROVIARIA
 ELECTRIFICADA
 MEXICO QUERETARO



VIADUCTO TULA I



VIADUCTO TULA II



FUENTE TULA

ALZADOS GENERALES

1. Longitud total del viaducto: 1.200 metros.
 2. Ancho de vía: 1.50 metros.
 3. Altura máxima de los pilares: 15 metros.
 4. Tipo de estructura: Viga de hormigón armado.
 5. Material de construcción: Cemento Portland y acero.
 6. Vida útil proyectada: 50 años.
 7. Tipo de mantenimiento: Periódico.
 8. Tipo de drenaje: Alcantarillas.
 9. Tipo de señalización: Señales de tránsito.
 10. Tipo de iluminación: Lámparas de sodio.



1. Longitud total del viaducto: 1.200 metros.
 2. Ancho de vía: 1.50 metros.
 3. Altura máxima de los pilares: 15 metros.
 4. Tipo de estructura: Viga de hormigón armado.
 5. Material de construcción: Cemento Portland y acero.
 6. Vida útil proyectada: 50 años.
 7. Tipo de mantenimiento: Periódico.
 8. Tipo de drenaje: Alcantarillas.
 9. Tipo de señalización: Señales de tránsito.
 10. Tipo de iluminación: Lámparas de sodio.

1. Longitud total del viaducto: 1.200 metros.
 2. Ancho de vía: 1.50 metros.
 3. Altura máxima de los pilares: 15 metros.
 4. Tipo de estructura: Viga de hormigón armado.
 5. Material de construcción: Cemento Portland y acero.
 6. Vida útil proyectada: 50 años.
 7. Tipo de mantenimiento: Periódico.
 8. Tipo de drenaje: Alcantarillas.
 9. Tipo de señalización: Señales de tránsito.
 10. Tipo de iluminación: Lámparas de sodio.



TESIS
 LINEA
 FERROVIARIA
 ELECTRIFICADA
 MEXICO
 QUERETARO

La superestructura es simétrica, tanto en su sección transversal como en su sentido longitudinal. Esta constituida por 2 trabes continuas, fabricadas en concreto, la sección de éstas es de 4 metros de peralte, rectangular y hueca; salvo en los tramos de apoyo, donde se vació concreto hasta conseguir una sección maciza, postensada transversalmente y que recibe la denominación de diafragma, capaz de soportar los esfuerzos cortantes. Ambas trabes se tienden paralelas sobre las pilas separadas entre sí 20 cms., fueron ejecutadas de manera conjunta, siguiendo el innovador procedimiento de " lanzado - empujado ".

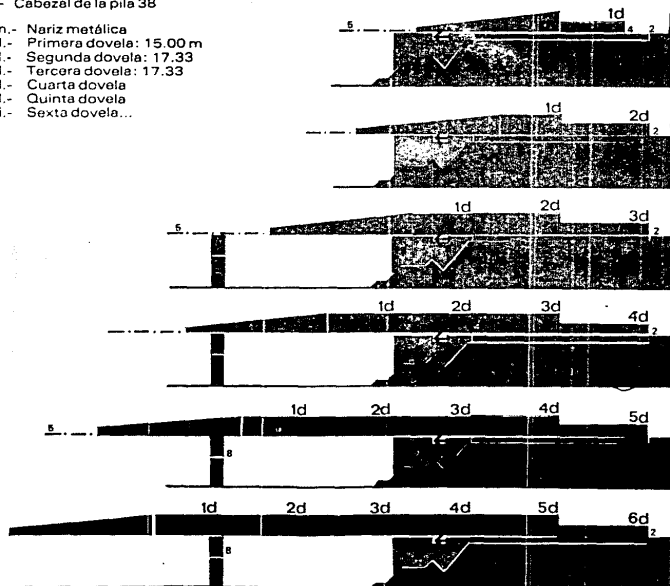
El procedimiento constructivo denominado " lanzado - empujado " tiene como principal característica permitir la construcción de la superestructura en un patio de fabricación, que en este caso fue de 130 mts., de largo por 50 mts. de ancho, desde el cual es lanzada hacia el vacío hasta cubrir paulatinamente la totalidad de los claros. (véase esquema 3.f)

" Este proceso se inicia con el armado de la nariz metálica en el patio de fabricación, habilitado en este caso inmediato al estribo 2. Esta nariz es una estructura de 29 mts., de largo que antecede a la primera dóvela, a la cual se ancla mediante cables de presfuerzo, su función primordial es disminuir los esfuerzos que debe soportar la superestructura, conforme es lanzada al vacío, ya que la magnitud de aquellos depende el tamaño final de su sección.

- 1.- Terreno natural
- 2.- Patio de fabricación
- 3.- Estribo 2
- 4.- Cimbra permanente
- 5.- Alineamiento horizontal
- 6.- Gatos hidráulicos para empuje
- 7.- Pila 38
- 8.- Cabezal de la pila 38

- nm.- Nariz metálica
 1d.- Primera dovela: 15.00 m
 2d.- Segunda dovela: 17.33
 3d.- Tercera dovela: 17.33
 4d.- Cuarta dovela
 5d.- Quinta dovela
 6d.- Sexta dovela...

DESPLIZADO SUPERESTRUCTURA sistema de lanzado - empujado



T E S I S

L I N E A

F E R R O V I A R I A
E L E C T R I F I C A D A

M E X I C O
Q U E R E T A R O

Esquema 3. f

Lo anterior se cumple en 2 formas: Por una parte acortamos el claro que debe salvar la trabe, al brindar apoyo provisional antes de que esta se asiente sobre la pila; y por otro lado se aminora el momento flexionante de la superestructura, en tanto se encuentra en voladizo, ya que su peso por metro lineal, es de aproximadamente 2 ton., que es mucho menor que la correspondientes a la trabe de concreto.

La fabricación de las trabes se efectuó en tramos de 17.33 mts., salvo en los 2 extremos que miden 15 mts. Estos segmentos de superestructura se llaman dovelas. Su colado se realizó en 2 etapas, utilizando una cimbra metálica permanente, accionada por gatos hidráulicos que facilitaron su manejo. En un principio se coló la losa inferior de la primera dovela. Enseguida se deslizó mediante un sistema de empuje compuesto por 2 gatos hidráulicos horizontales de 200 ton. cada uno, y 2 verticales de 500 ton. Una vez desalojada esta parte del patio de fabricación, fue posible colar simultáneamente la parte superior de la primera dovela y la inferior de la segunda. Esta acción se repitió tantas veces como dovelas existen. Las 2 partes de cada dovela se unieron entre sí siguiendo el mismo sistema de cables postensados, el cual da a la trabe unidad monolítica y mayor resistencia.

El deslizado de la superestructura sobre las pilas fue --
 facilitado por el empleo de láminas de neopreno - teflón asentadas --
 sobre placas de acero inoxidable. Una vez efectuado el último empu-
 je, se retiraron estos elementos y quedaron sólo las placas de ace-
 ro que permiten el apoyo libre de la superestructura sobre las pi -
 las.

Finalmente se colocaron sobre las traveses las banquetas --
 prefabricadas de concreto armado y los parapetos metálicos. Con la
 construcción de la doble vía, se concluyeron los trabajos y la es -
 tructura quedó dispuesta para la operación de los ferrocarriles."

.....(8)

3.3.3 Viaductos.

Los viaductos son estructuras que sortean los inconve ---
 nientes, ocasionados por grandes accidentes topográficos, razón por
 la cual siempre son de dimensiones notables.

En el km. 78 + 139 existe el viaducto Tula I que es uno -
 de los 2 que tiene la vía. El viaducto Tula I permitió a la vía fé-
 rrea, salvar una depresión de 15 mts. de profundidad, extendida a -
 lo largo de 616 mts., además de dar continuidad a la vía evitando -
 los cruces con la vía del ferrocarril, que corre rumbo a Pachuca, -
 así como con las carreteras a Actopan y Chapatongo y de un canal de

aguas negras. (véase esquema 3.d)

La subestructura del viaducto se compone de cimentación, pilas y estribos. La primera fue resuelta con zapatas aisladas, --- apoyadas sobre pilotes, colados en el lugar. Las pilas son elementos de sección maciza y altura variable; están coronadas por cabezales prefabricados sujetos mediante cables de presfuerzo tipo roca

Los estribos son los apoyos extremos del viaducto y al -- igual que los elementos citados, fueron construidos en concreto.

La superestructura ó parte superior del viaducto, com --- prende las vigas. Estas son elementos prefabricados de concreto --- presforzado que cubren la totalidad de los claros; salvo el primero cubierto por una losa, nervada. Sobre las vigas se apoyan losas --- prefabricadas. Encima de éstas se cuela una segunda losa que recibe a su vez, las banquetas, los parapetos y la vía, (véase esquema -- 3.e)

El viaducto Tula II, se localiza en el km. 79 + 568, próximo al portal de salida de un túnel falso que, junto con 2 tramos en terracerías, lo separa del viaducto Tula I, presenta una longitud total de 839 mts.

La solución constructiva es similar a la explicada en el viaducto I, esta soportado por 27 pilas, las mismas que reciben los cabezales de concreto prefabricado, sujetos por medio de cables de presfuerzo.

La superestructura se divide en 2 claros extremos de --- 29.37 mts. y en 26 claros centrales de 30 mts., cada uno. Se construyó con traveses prefabricados de apoyo libre en un extremo y fijo en el otro. Sobre estas 4 traveses, 2 por vía, se apoyaron losas prefabricadas que a su vez sirvieron como cimbra para colar en el lugar otras losas, sobre las cuales se construyó la vía. (véase esquema 3.e)

3.3.4 Pasos a desnivel.

Los pasos a desnivel se clasifican en superiores y en inferiores de acuerdo a su posición y son los casos más frecuentes en la línea. Sirven para solucionar el cruce con otra vía de comunicación.

Para cumplir la premisa de lograr el curso continuo y seguro fue necesario construir una considerable cantidad de pasos a desnivel.

La forma en que comúnmente se realizaron los trabajos fue

la siguiente:

"Primero se construyeron los devíos necesarios para liberar el tramo preciso donde se efectuaría la intersección; después se procedió a realizar el paso a desnivel, siguiendo la técnica más adecuada.

En los encuentros con carreteras secundarias son frecuentes los pasos inferiores constituidos por vigas de concreto en forma de T. Estas vigas son elementos presforzadas, cuya colocación definitiva requirió del empleo de grúas de alto tonelaje.

Una situación distinta prevaleció en los puntos donde la dificultad a vencer consistía en caminos vecinales, pero el escaso flujo que se observa, determinó la aplicación de procesos constructivos más sencillos casi siempre a base de cimbras y colados en sitio. Ocurrió algo similar cuando dichos caminos coincidieron con zonas de corte, pues la presencia de los macizos naturales evitó la construcción de terraplenes que, en otras circunstancias, serían necesarios para acceder al paso a desnivel.

Tanto en el proyecto como en la construcción de los pasos inferiores, se verificó que la altura libre existente entre el fondo de la vía y la superestructura cumpliera con los requisitos impuestos por el tamaño del equipo rodante, más el espacio necesario

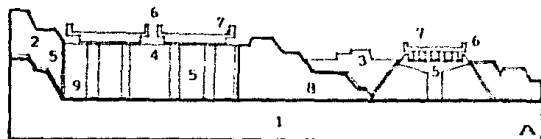
para alojar los componentes aéreos de la electrificación.".....(9)

Se trata generalmente de estructuras de considerables dimensiones, cuya función implica soportar enormes cargas. En algunos casos, la magnitud de las construcciones aumentó, debido a la necesidad de dar cabida a más de 2 vías, como sucede cuando existen laderos y desvíos. En otros casos se construyeron con la suficiente amplitud como para aceptar futuras ampliaciones a las carreteras -- sobre las cuales se atravesaba.(véase esquema 3.g)

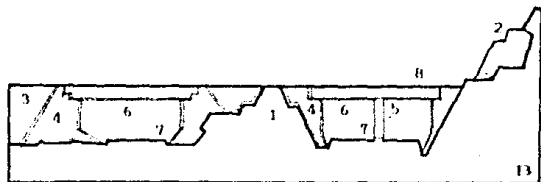
3.4 VIA.

La vía se compone de rieles, durmientes, elementos de sujeción, accesorios de hule y casquillos aislantes. Los rieles, de fabricación canadiense, tienen un peso de 115 lbs. / yda. En su sección se advierten 3 partes: La superior, llamada hongo o cabeza, soporta las ruedas de los trenes que siempre se mantienen perpendiculares a los ejes de los rieles; la media se denomina alma; y la inferior se conoce como patín. Por su construcción metálica, y por su geometría, los rieles poseen resistencia y elasticidad. Los esfuerzos que soportan son transmitidos a los durmientes. Estos pueden ser de madera o concreto. Los primeros se utilizan en patios, laderos y en los lugares donde es necesario instalar algún juego de agujas; los segundos, en el resto del trayecto. La función de los durmientes se efectúa, por una parte, en la distribución equitativa

PASOS A DESNIVEL



A.- Pasos inferiores
B.- Pasos superiores



1.- Terreno natural
2.- Corte
3.- Terrapién
4.- Estribo
5.- Apoyo o pila
6.- Superestructura
7.- Via de comunicación
8.- Via

Esquema 3.9

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

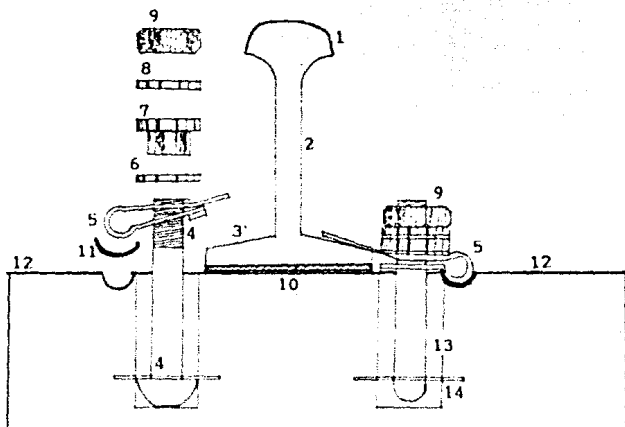
sobre el balasto, de la carga que reciben de los rieles, por otra parte, sirven como marco para la rigidización. Con este fin se emplean, distintos adminículos de acero, en combinación con accesorios de hule que, a su vez, actúan como amortiguadores. Finalmente los casquillos aislantes son los componentes de la vía que evitarán las pérdidas de energía, una vez instalada la electrificación.

3.4.1 Tendido y armado.

El procedimiento para el tendido y armado de la vía fue el siguiente: Inicialmente se distribuyeron los durmientes a una distancia de 60 cms. entre ejes. Encima se depositaron los rieles, procurando una posición similar a la que finalmente guardarían. -- Estos se soldaron entre si hasta formar tramos de una longitud --- previamente determinada. Después se procedió a fijar dichos tramos de riel contra los durmientes, utilizando pernos de anclaje ó tornillos tirafondo.

La técnica adoptada para este fin, llamada aluminotermia se basa en la combustión del aluminio como medio para producir la elevada temperatura a la que se funde el acero de los rieles. Esta soldadura es una mezcla pulverulenta de aluminio con óxido de hierro, que se coloca dentro de un molde situado justo sobre la unión pretendida. La inflamación se provoca con la acción del magnesio - sobre la soldadura. La energía calorífica emanada de este fenómeno

ARMADO DE VIA



RIEL

- 1.- Ilongo
- 2.- Alma
- 3.- Patin

ELEMENTOS DE SUJECION

- 4.- Perno de anclaje
- 5.- Grapa de resorte
- 6.- Placa de acero
- 7.- Casquillo aislante
- 8.- Arandela de acero
- 9.- Tuerca

ACCESORIOS DE HULE

- 10.- Placa de asiento

- 11.- Cojinete amortiguador

DURMIENTE DE CONCRETO

- 12.- Cuerpo
- 13.- Chimenea
- 14.- Refuerzo

Esquema 3.h

es tanta, que los extremos de los rieles quedan sólidamente unidos. Ya fría, es posible esmerilar las soldaduras hasta obtener una superficie continua y libre de imperfecciones, en la parte superior del hongo de los rieles. (véase esquema 3.h)

3.4.2 Nivelación y alineamiento.

La nivelación es la tarea de corregir en sentido vertical toda imperfección de la vía, ya que la ausencia total de las llamadas jorobas, es requisito indispensable para la operación ferroviaria; además de esto la nivelación abarca a las denominadas sobreelevaciones. Estas son las correcciones que se efectúan en los tramos curvos de la vía, con el objeto de contrarrestar los efectos de la fuerza centrífuga manifestada sobre los ferrocarriles, cuando transita a una velocidad considerable. La magnitud de la sobreelevación depende de las condiciones de velocidad previstas para cada uno de los tipos de tren que circulan y, por supuesto, del grado de curvatura que presenta la vía.

Se conoce como alineamiento al trabajo ejecutado con el propósito de subsanar las desviaciones de los rieles en sentido horizontal, procurando el paralelismo perfecto, con el que se elimina la sensación de vaivén, patente en los vagones.

Para llevar a cabo estas labores se requiere, de 2 ele -

mentos que son el balasto y maquinaria especializada. El primero es una piedra dura, con características mecánicas y geológicas particulares, cuya trituración se realiza hasta conseguir una granulometría controlada. Sirve de asiento y confina a los durmientes, oponiéndose a su desplazamiento generalmente inducido por el frenado, la tracción y el cabeceo, o bien por los esfuerzos de alargamiento y contracción que sufren los rieles por los cambios de temperatura. Al mismo tiempo, y de manera uniforme, el balasto transmite a las terracerías las cargas que soporta la vía, amén de construir un elemento fundamental para el drenado de la superestructura ferroviaria, sin que por ello propicie el crecimiento y proliferación de organismos vegetales, indeseables, dentro de la vía.

La maquinaria utilizada en esta etapa fue: Trenes de trabajo, reguladoras y compactadoras de balasto así como multicalzadoras.

La vía quedó sustentada por una capa de balasto de 30 cms de espesor, conseguida mediante la secuencia de distribución, conformación, levante, compactación y secuencia que fue repetida 4 veces con el fin de alcanzar el alto nivel de precisión que caracteriza esta tarea.

3.4.3 Laderos y cortavías.

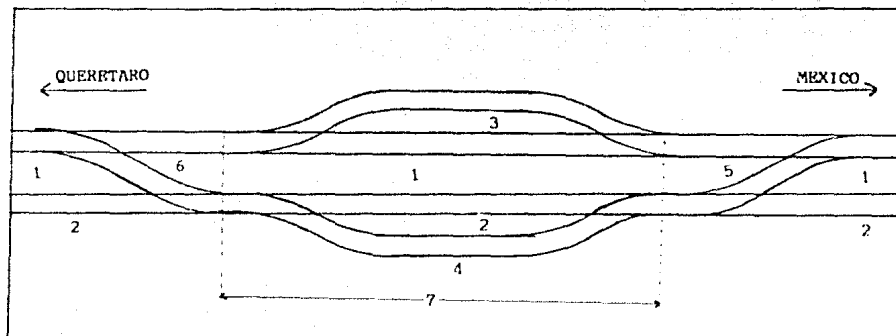
Se denomina ladero a la vía auxiliar que generalmente corre paralela a la troncal a la cual une sus extremos mediante juegos de agujas que facilitan el rápido acceso y la salida de los equipos ferroviarios.

La ubicación y diseño de laderos obedece a las necesidades de todo el sistema. Fue así como se estipuló la distancia de 20 kms., como la máxima entre laderos, justamente para evitar cualquier contratiempo que pudiera surgir por la aproximación entre ferrocarriles que circulan a distinta velocidad. También se localizaron laderos en sitios donde es necesaria la estadia de convoyes para carga y descarga.

Se planearon laderos típicos con una longitud de 2,400 mts., en los cuales es posible albergar 122 unidades rodantes. La realización de estas vías no difirió de la troncal; salvo en la fijación de los rieles, llevada a cabo con tornillos tirafondo. En los laderos, es regla emplear durmientes de madera kerosetada, debido a que sus propiedades elásticas superan las de otros materiales.

Los cortavías consisten en un par de agujas colocadas en cada una de las vías que forman la troncal, y de esta manera permiten el paso a los trenes entre ellas. Por su función, estrechamente ligada a la de los laderos, se localizan en las proximidades de estos. Para la denominación de las cortavías se toma en cuenta el nombre de las vías que une (AQ, BQ, A, B, etc.), y el sentido en que se realiza la incorporación (norte - sur, sur - norte). En cuanto a su construcción, siempre se ejecuta sobre durmientes de madera.

LADEROS EN DOBLE VIA



- 1.- Via troncal BQ
- 2.- Via troncal AQ
- 3.- Ladero derecho
- 4.- Ladero izquierdo
- 5.- Cortavía BQ - AQ
- 6.- Cortavía AQ - BQ
- 7.- Longitud tipo: 2,400 m

Esquema 3.1

3.5 EDIFICACION.

La electrificación de la vía férrea genera una serie de requerimientos que por ende, se traduce en edificaciones.

"La secuencia de realización de las edificaciones inició con la etapa de planificación. Durante esta se identificaron las necesidades de espacio, impuestas por los aspectos funcionales; -- las características generales que debían presentar los inmuebles -- según las determinantes económicas, técnicas y las posibles am --- plificaciones, de acuerdo con los incrementos de demanda previstos -- para plazos futuros."(10)

La suma de requerimientos posibilitó las primeras pro -- puestas concretas en cuanto a una distribución de espacios, elec -- ción de materiales y procedimientos constructivos y además la ubi -- cación con respecto a otra clase de construcciones. Posteriormente se desarrollaron los proyectos ejecutivos de cada edificación.

3.5.1 Edificios para C.T.C.

Son 2 edificios del C.T.C., con los que operará la línea el del Valle de México y Querétaro. Ambos inmuebles fueron diseña-

dos para dar cabida a los subsistemas de reporte y operación integrantes del C.T.C., así como a los puestos de telemando pertenecientes a los sistemas de supervisión y control de la alimentación eléctrica.

La estructuración de estos edificios es a base de losa plana de cimentación, de concreto armado con contratraveses de ligadura para formar la red de cimentación, la cual recibe en cada cruce de ejes la columna correspondiente de concreto armado formando la estructuración mediante traveses y losas, que constituyen el primer y segundo nivel. Tiene en la parte central de área, una estructura a base de cimentación, columnas, traveses y muros de carga, que aloja baños, servicios, cubos de elevadores y en la parte exterior del lado de la puerta principal, se apoyan las escaleras formadas a base de alfaridas y escalones de perfiles estructurales metálicos descargando y ligando estructuralmente en losa y traveses en cada nivel.

En sí las actividades que se llevaron a cabo para la realización de estos edificios fueron:

- a) Trazo y nivelación
- b) Despalme y excavación a mano
- c) Colado de plantillas
- d) Armado, cimbrado y colado

- e) Columnas de entrepiso
- f) Trabes de entrepiso
- g) Losas de entrepiso
- h) trabes de azotea
- i) Losa de azotea

Las fachadas se hicieron a base de precolados, fabricados en planta con acabados exteriores de gravilla y montados con grúa se fijan a la estructura por medio de placas metálicas de anclaje delgadas en las columnas y apoyados, por medio de soldadura en largueros de perfil estructural soldados a las placas.

3.5.2 Subestaciones, puestos de seccionamiento y de subseccionamiento.

Las etapas básicas del proceso constructivo de las subestaciones, puestos de seccionamiento y de subseccionamiento son las siguientes:

- a) Trazo y nivelación
- b) Excavación
- c) Formación y compactación de terraplén
- d) Excavación para alojar diversas estructuras como registros, trincheras, drenajes, registros para un transformador de tracción de 20 MVA y para depósito de

aceite.

e) Cimbrao, armado y colado.

En la cimbra se especifico acabado aparente, los costados se fabricaron de madera de triplay de 3/4 o impregnado superficial de grasa.

En lo que se refiere al armado se utilizó varrilla corrugada de 3/8", 1/2" y 5/8" y acero de refuerzo de $F_y = 4000 \text{ Kg/cm}^2$.

En cuanto al colado fue realizado con concreto premezclado, de $F'c = 100, 150, 210$ y 250 Kg/cm^2 según fuera plantilla de desplante, registros, trincheras o cimentamientos para estructuras con agregado grueso de tamaño máximo de $1\frac{1}{2}$ " y un revendimiento de 8 a 10 cm.

Los curados de concreto se realizaron con agua; haciendo el descimbrao con 24 horas de espera.

Todas las bases de cimentación llevan anclas para la fijación de piezas estructurales, dichas anclas prefabricadas y encamisadas con luto, eran fijadas tanto a las varillas como a la cimbra, chequeando constantemente durante el colado, su alineamiento y nivel.

De la misma manera son colocadas las placas de anclaje al colar las traveses de la vía de maniobras, sobre las cuales se fijan los rieles correspondientes.

- f) Rellenos compactados a mano y acarrees en carretillas de material sobrante una vez avanzados los colados y reellenos, se inician los montajes de los equipos, las estructuras metálicas, tapas, etc., mismas que han sido fabricadas con anterioridad, clasificadas y acarreadas al lugar, colocando así mismo el mortero de ajuste.

3.5.3 Casa de máquinas.

La edificación de la casa de máquinas es de tipo industrial de 36 * 64 * 13 mts., de altura encumbrera, constituidos por 2 naves que alojan:

3 carriles interiores 1) revisiones anuales

2) revisiones y mantenimiento corriente.

Esta cimentada con zapatas aisladas con traveses de liga y muro perimetral, rigidizante de concreto armado, esta estructurada con columnas de sección rectangular de concreto armado en los ejes central y oriente dichas columnas tienen ménsula, donde se anclan los rieles de traslado de la grúa viajera. En cuanto a la techumbre es una estructura metálica a base de armaduras con larguero, --

los rieles de traslado de la grúa viajera. En cuanto a la techumbre es una estructura metálica a base de armaduras con larguero, diagonales y tensores de rigidización, fijándose en la parte superior las piezas de lámina metálica acanalada.

La fachada son piezas de lámina metálica acanalada, fijada a las columnas de concreto y en la estructura metálica.

Las actividades de construcción que se realizan son:

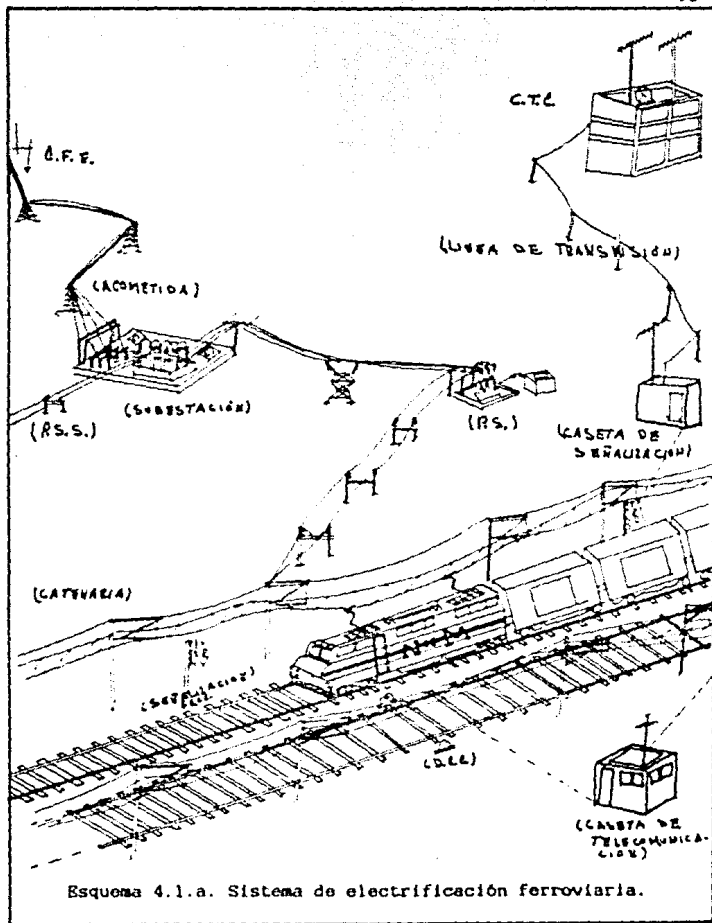
- Trazo y nivelación
- Despalle
- Excavación
- Capa de desplante con tepetate compactado
- Armado, cimbrado y colado de cimentación
- Armado, cimbrado y colado de columnas
- Montaje de estructura para techumbre
- Colocación de piezas de lámina metálica acanalada en techos y fachadas.

CAPITULO 4

ELECTRIFICACION

El hecho de que el petróleo sea una fuente de energía no-renovable, y el aumento en los costos de producción de combustible-diesel, ha propiciado que los Ferrocarriles Nacionales de México -- consideren necesaria la electrificación de sus principales líneas, - prueba de ello es la electrificación de 245 kilómetros de la doble-vía del ferrocarril México - Querétaro, la cual constará para su -- buen funcionamiento, de los siguientes subsistemas:

- 1.- Catenaria
- 2.- Subestaciones
- 3.- Señalización
- 4.- Telecomunicaciones

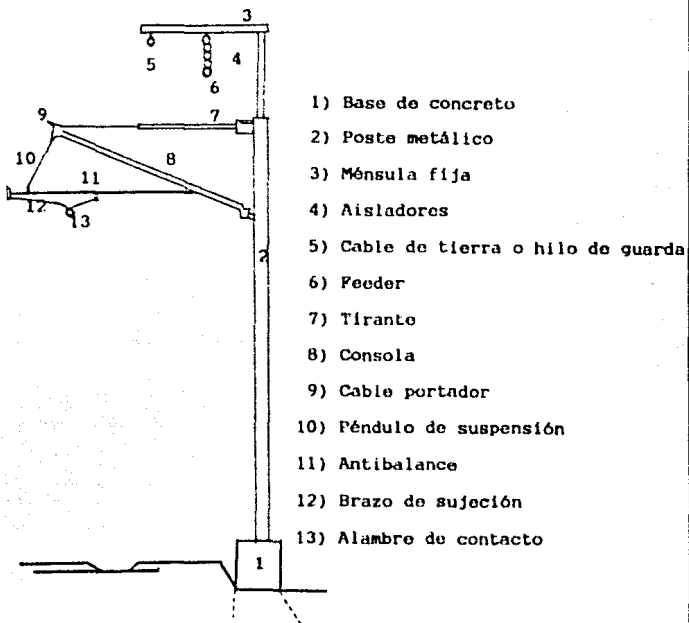


4.1 CATENARIA.

Es el sistema formado por elementos electromecánicos necesarios para poder energizar a la línea y permitir que: Mediante un medio de transmisión denominado línea de contacto, la locomotora a través de el pantógrafo tome la corriente necesaria para su funcionamiento.

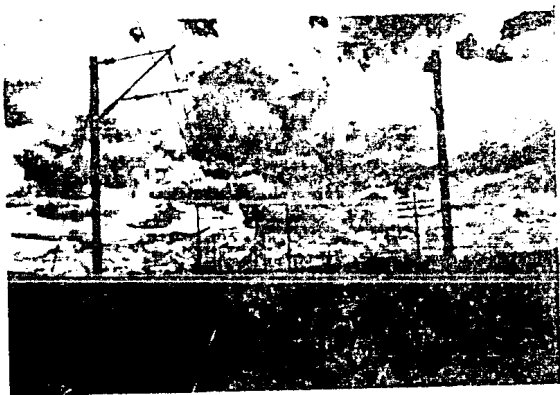
Este sistema corre a lo largo de los 245 kilómetros que separan la Ciudad de México de Querétaro, y esta dividido por zonas de tracción, las que a su vez se dividen en secciones, de manera -- que se pueda operar el sistema aislando y enlazando sus respectivas secciones o zonas de tracción con puestos de seccionamiento y subseccionamiento, estratégicamente localizados a lo largo de la doble vía. (véase párrafo 4.2)

4.1.1 Descripción y funcionamiento de sus componentes.



- 1) Base de concreto
- 2) Poste metálico
- 3) Ménsula fija
- 4) Aisladores
- 5) Cable de tierra o hilo de guarda
- 6) Feeder
- 7) Tirante
- 8) Consola
- 9) Cable portador
- 10) Péndulo de suspensión
- 11) Antibalace
- 12) Brazo de sujeción
- 13) Alambre de contacto

Esquema 4.1.b. Configuración de la catenaria



Vista panorámica del sistema catenaria.

4.1.1.1 Base de concreto.

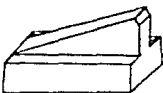
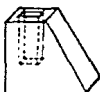

Las bases de concreto servirán como cimentación y anclaje, a todo lo largo de la línea férrea se utilizaron, 3 tipos diferentes de cimentación o bases de concreto, esto será dependiendo de las características predominantes del suelo. (véase esquema 4.1.c)

El punto exacto donde se han de colocar dependerá de factores tales como: El gálibo del material rodante ó de construcción, indicaciones ó señalamientos, etc., los cuales habrán de ser analizados anteriormente, vaciando los datos obtenidos en un plano denominado de " piquetaje " auxiliándose además por un escantillón graduado en forma de " T " de 2.40 * 1.80, se colocará el centro de este, a la distancia del riel que marcará el plano de " piquetaje " (véase esquema 4.1.d)

4.1.1.2 Poste metálico.

Este servirá como soporte y como medio para transmitir los esfuerzos originados por el sistema, a la cimentación y al suelo.

- Será de tipo " H " estructural, de hierro fundido.

DIFERENTES TIPOS DE CIMENTACION O BASE.	
TIPO DE MACIZOS	TIPO DE TERRENO
 <p>Típico ó normal</p>	Plano ó corte
 <p>Con escarpio y cimbra</p>	Terraplén
 <p>Con refuerzo sin cimbra.</p>	Roca

Esquema 4.1.c.

- Se encontrará sellado dentro del bloque de cimentación-empotrado normalmente a 1.20 metros en la cimentación.
- La distancia normal de colocación de este con relación al eje de la vía, no deberá de ser menor a 2.44 metros- y a 1.70 metros del borde exterior del riel, la distancia interpostal máxima será de 63 metros, normal a las tangentes, en curva, cambios y desvíos, se reducirá en función del radio, de manera que el centramiento entre postes no sobrepase en este caso, los valores admisibles (\geq 63 metros).

4.1.1.3 Ménsula fija.

En cada poste existirán dos tipos de ménsulas, estarán -- colocadas en la parte superior del poste debidamente aisladas.

- Ménsula fija.- Sostendrá al hilo de guarda y al feeder.
- Ménsula móvil.- servirá de soporte para el alambre portador y al de contacto y permitirá movimientos articulados al conjunto formado por el tirante y la consola.

4.1.1.4 Aisladores.

Servirán para aislar las partes que se encuentran bajo -- tensión en relación al cuerpo de la vía. Existirán 2 diferentes tipos de aisladores:

- Aisladores de vastágo y capot: Serán para los elementos sometidos a esfuerzos de tracción (aisladores de anclaje, suspensión, catenaria y feeder).
- Aisladores de caja maciza: Para los elementos sometidos a esfuerzos de tracción ó de compresión y de flexión -- (aisladores de consola y de tirante).

4.1.1.5 Cable de tierra o hilo de guarda.

Es un cable de aluminio acerado, de 19 hilos; de los cuales los 7 hilos centrales son acerados, presentando una sección total de 93.3 mm^2 .

Su función es la de evitar accidentes en caso de corto -- circuito ocasionado por rupturas de algunos cables de alta tensión, sirve también para anular corriente introducida por la catenaria, -- protegerá al sistema contra rayos.

Este se localizará por encima de los demás conductores, -- en el soporte más alto de el poste, al extremo exterior de la ménsula; y se forma de una abrazadera acoplada a la ménsula, deberá de

tener movimiento libre. Estará aterrizado a cada 900 mts., por definiciones de proyecto, y en cada poste se colocarán las " colas " de tierra, del cable a la ménsula del poste, para que de esta forma cada una sirva como aterrizaje.

4.1.1.6 Feeder.

Servirá para absorber los efectos de calentamiento, originado por el exceso de circulación de trenes, dentro de un sector correspondiente a una subestación eléctrica.

Es un cable duro de cobre de 37 hilos, con una sección de 152 mm^2 . Estará tendido a cada 4 kilómetros, a cada lado de las subestaciones.

4.1.1.7 Tirante.

4.1.1.8 Consola.

Ambos tienen la función de mantener en equilibrio al conjunto formado por el antibalace, brazo de sujección, hilo de contacto y péndulo de suspensión, permitiéndoles movimientos (al paso de la locomotora), al rozar el pantógrafo con estos.

El tirante es un elemento de hierro fundido de 2.54×150 centímetros.

La consola esta constituida de el mismo material, sus dimensiones son de 2.54 * 2.20 centímetros.

Ambos se encuentran ligados por un extremo al poste (con una separación existente entre los dos de 170 centímetros), en forma conjunta con aisladores de caja maciza y ménsulas móviles, estas tendrán una doble función, unir al tirante y la consola al poste y mantenerlos en equilibrio en sentido horizontal y vertical, en el extremo opuesto ambos elementos se unirán formando un conjunto articulado, la consola en este extremo tendrá un espacio libre de 20 centímetros de longitud, para permitir el anclaje de el cable portador.

4.1.1.9 Cable portador.

Este cable transportará la energía eléctrica a través de la línea y transmitirá a lo largo del péndulo de suspensión a el hilo de contacto.

Es un cable conductor de cobre duro, consta de 19 alambres y una sección total de 78.94 mm². Estará fijado en el espacio libre de la consola entre esta y el tirante.

El punto medio de el cable portador deberá de ser inmovizado, mediante un cable auxiliar llamado anti - deslizante.

4.1.1.10 Péndulo de suspensión.

Tiene como función principal mantener en posición adecuada al hilo de contacto, al paso de la locomotora debido a los efectos producidos por el pantógrafo tendiendo a levantar la línea de contacto.

Es un cable de cobre duro de 37 hilos, con una sección total de 33.63 mm²., además es de suspensión " Y ". Se encuentra sujeto en su parte superior al conjunto articulado de la ménsula formado por el tirante y la consola, bajo el cable portador.

La distancia máxima permitida entre péndulos será de 9 metros.

4.1.1.11 Antibalance.

El antibalance permitirá establecer un equilibrio de balance, tanto en sentido horizontal como vertical, debido al movimiento vertical al paso del pantógrafo en el péndulo de suspensión y en el sentido horizontal de la consola provocado por el roce del pantógrafo y la línea de contacto.

Presenta una sección circular de 2.54 * 180 cms., es de hierro fundido, maleable de corazón negro. Estará sujeto por su centro al péndulo de suspensión de un extremo a la consola, por otra parte sujetará mediante una pieza articulada, al brazo de sujeción de un extremo, y del otro a un nivel de contacto que servirá para darle exactamente la altura deseada a el alambre de contacto.

4.1.1.12 Brazo de sujeción.

Sirve para darle la distancia requerida al alambre de contacto entre el poste y el eje de el pantógrafo, además de darle la altura deseada en cada tramo o sección mediante un nivel de control.

Es el tipo de brazo atirantado, de 2.75 * 50 cms., de el mismo material que el antibalanco. Este brazo tendrá movimientos articulados, controlados tanto en sentido horizontal como vertical mediante el nivel de control por un extremo, y por otro por una ménsula móvil, con el fin de evitar problemas entre el pantógrafo y el alambre de contacto.

4.1.1.13 Alambre de contacto.

Su finalidad primordial es la de transmitir la energía -- mediante el contacto con el pantógrafo a través de toda la línea.

Es un alambre de cobre duro, con una sección total de 107 mm², la alimentación de este, será por medio de 7 subestaciones --- distribuidas a lo largo de la línea; con corriente alterna de 25 Kv a 60 Hertz.

"En vía normal, la altura del plano de contacto deberá --- permitir que se reserve una distancia suficiente con relación al -- gálibo del material rodante (5.48 mts.). Tomando en cuenta las -- oscilaciones de la catenaria, sus variaciones de altura con la temperatura, el margen de aislamiento y el margen de seguridad, que se debiera de reservar, por el levantamiento de la vía (por manteni -- miento de la vía)."

.....(11)

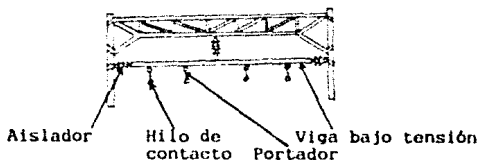
Esta altura será normalmente de 6.40 mts. en los puntos - de suspensión. El alambre de contacto estará pendulado sobre el --- portador y el péndulo de suspensión " Y " de manera que en posición estática el plano de contacto tenga dentro de la distancia entre -- postes una flecha igual a 1 / 1000.

4.1.2 Aspectos importantes del sistema.

Para las vías principales, la catenaria será del tipo regulado con " Y ", con velocidades hasta 160 kms. / Hrs.

En las estaciones para las vías cercanas a las líneas --- principales, la catenaria estará regulada sin la " Y ", con velocidades de hasta 120 kms. / hrs.

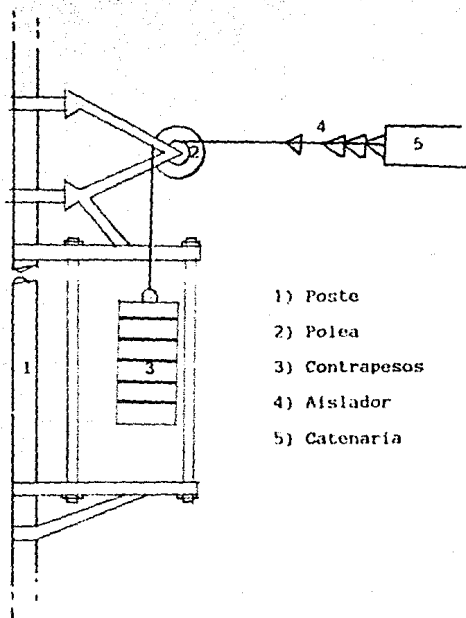
Para todos los patios y otros lugares donde haya muchas - vías, la catenaria será del tipo no regulable, es decir el alambre de contacto y el cable portador estarán sostenidos a través de aisladores por vigas o pórticos, de esta manera la viga de que cuelgan los alambres estará bajo la misma tensión de estos, por lo que se llama " viga bajo tensión ".



Esquema 4.1.e. Viga bajo tensión

Como la catenaria se dilata y se contrae, debido al cambio de temperatura atmosférica y por la corriente de carga; y si no se mantiene la tensión constante regulando la expansión, puede afectar en varias formas la fricción del pantógrafo. Por consiguiente resulta necesario en este caso regular automáticamente la catenaria ó alambre de contacto, en la vía principal y laterales.

Para este efecto se utilizará un aparato regulador de tensión que actúa por contrapesos; apropiado a las condiciones de uso, tales como los límites del cambio de temperatura por región, distancia de regulación, etc; instalándose y regulándose de acuerdo a la temperatura existente en el momento de su instalación, de manera que el contrapeso se ubique en el centro de los límites de su movimiento a la temperatura normal, es decir al centro de ambos límites de anclaje según la longitud de la misma.



- 1) Poste
- 2) Polea
- 3) Contrapesos
- 4) Aislador
- 5) Catenaria

Esquema 4.1.f. Regulación de tensión de contrapesos.

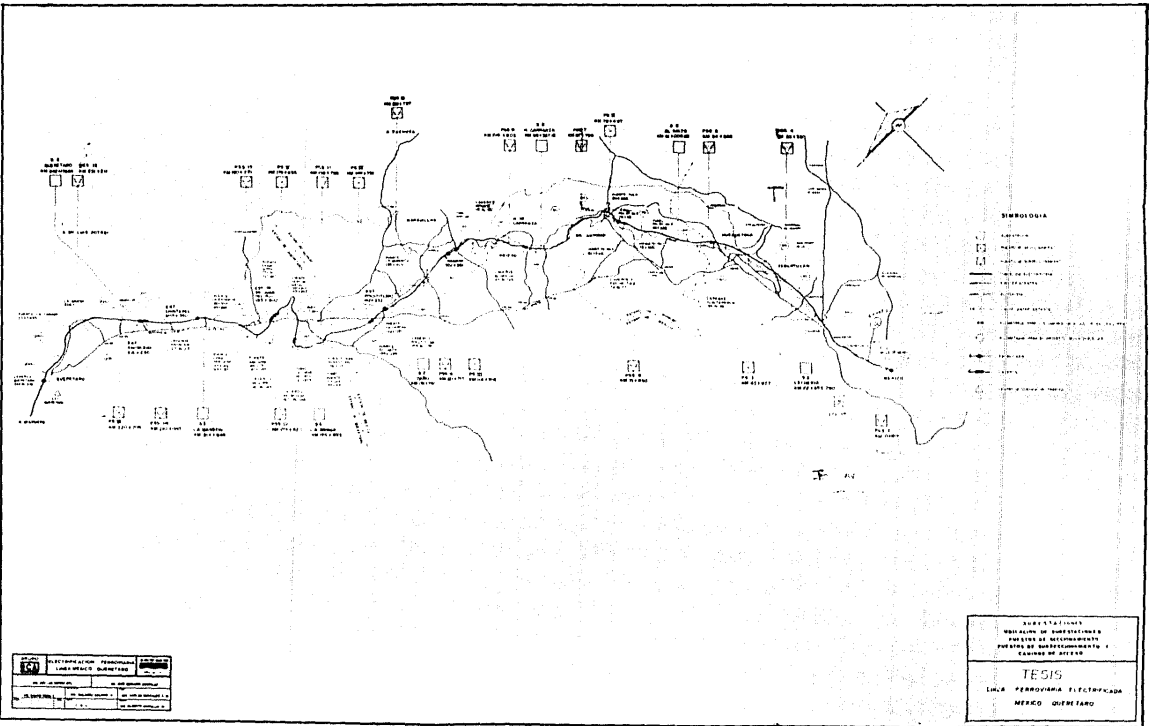
4.2 SUBESTACIONES.

Las subestaciones son el elemento principal dentro de un sistema de tracción eléctrica, en ellas se transforma, regula y --- protege la alimentación a la catenaria y debido a su gran importancia son previstas para ser telemandadas desde un puesto central de control donde se verifica el estado de funcionamiento de sus componentes principales.

Su tarea principal consiste en tomar los 230 Kv. de la -- red de alta tensión, suministrada por la C.F.E., y reducirlos a 25-Kv.; tensión con la que operará el ferrocarril, también aportará la energía auxiliar necesaria para el funcionamiento de la señaliza -- ción y la telecomunicación. (veanse las figs. 4.2.a, 4.2.b, 4.2.c)

A lo largo de la línea se ubicaran 7 subestaciones, las -- mismas que habrán de operar en óptimas condiciones.

Para evitar fallas de alimentación, se diseñaron dispositivos de intercomunicación (seccionamientos y subseccionamientos), entre las subestaciones, de tal forma que en el remoto caso de fa -- lla en una de ellas, las dos contiguas alimentarán el tramo sin --- energía y se evite el perjuicio en el tráfico de los trenes. Que -- dando como se aprecia en el plano siguiente.



- SIMBOLOGIA**
- Estación
 - Estación de Subestación
 - Estación de Mantenimiento
 - Estación de Subestación y Estación de Aterrizaje
 - Línea principal
 - Línea secundaria
 - Línea de conexión
 - Línea de paso
 - Línea de cruce
 - Línea de cruce con vía férrea
 - Línea de cruce con carretera
 - Línea de cruce con río
 - Línea de cruce con canal
 - Línea de cruce con línea aérea
 - Línea de cruce con línea telefónica
 - Línea de cruce con línea de energía
 - Línea de cruce con línea de agua
 - Línea de cruce con línea de gas
 - Línea de cruce con línea de cable
 - Línea de cruce con línea de fibra óptica
 - Línea de cruce con línea de televisión
 - Línea de cruce con línea de radio
 - Línea de cruce con línea de satélite
 - Línea de cruce con línea de internet
 - Línea de cruce con línea de telefonía móvil
 - Línea de cruce con línea de televisión por cable
 - Línea de cruce con línea de internet por cable
 - Línea de cruce con línea de telefonía fija
 - Línea de cruce con línea de telefonía móvil por satélite
 - Línea de cruce con línea de televisión por satélite
 - Línea de cruce con línea de internet por satélite
 - Línea de cruce con línea de telefonía móvil por satélite y televisión por satélite
 - Línea de cruce con línea de internet por satélite y telefonía móvil por satélite
 - Línea de cruce con línea de televisión por satélite y internet por satélite
 - Línea de cruce con línea de telefonía móvil por satélite, televisión por satélite e internet por satélite

16	ELECTRICIDAD FERROVIARIA	16
LÍNEA MEXCO-QUERÉTARO		
Escala: 1:50,000		
Elaborado por:	Fecha:	Revisado por:
Revisado por:	Fecha:	Revisado por:

SUBESTACIONES
 ESTACIONES DE SUBESTACIONES
 PUESTOS DE MANTENIMIENTO
 PUESTOS DE SUBESTACIONES Y
 ESTACIONES DE ATERRIZAJE

TESIS
 LÍNEA FERROVIARIA ELECTRIFICADA
 MEXCO-QUERÉTARO

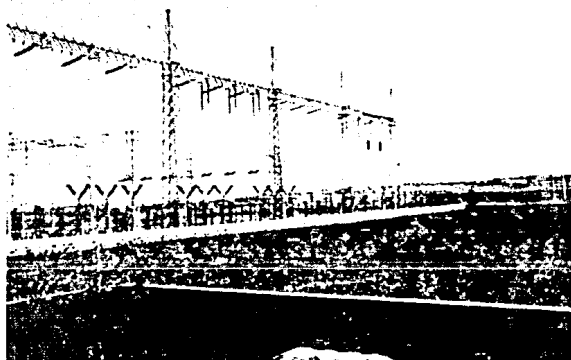


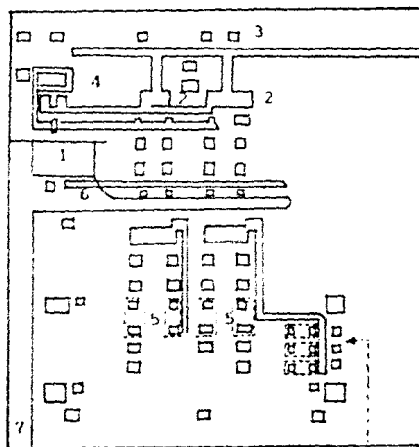
Fig. 4.2.a. Acometida principal de la C.F.E.



Fig. 4.2.b. Subestación eléctrica.

PLANTA GENERAL DE UNA SUBESTACION

Acometida
a catenaria
27.5 K.V



- 1.- Cuarto de control.
- 2.- Transformadores.
- 3.- Vía de maniobra.
- 4.- Zona de 27.5 KV.
- 5.- Zona de 230 KV.
- 6.- Explanada de concreto.
- 7.- Acceso a subestación.

Acometida
C.P.E.
230 KV.

Esquema 4.2.c

4.2.2 Componentes y características de los puestos de tracción.

Por razones de aprovechamiento y mantenimiento, es necesario seccionar la catenaria en ciertos tramos para que puedan quedar aislados eléctricamente los unos de los otros, sobre todo cuando se presentan incidentes o averías.

Este tipo de seccionamiento es realizado por interruptores de línea, puestos de seccionamiento, puestos de subseccionamiento y al igual que las subestaciones son previstos sus componentes para ser telemandados desde un puesto central de control.

4.2.2.1 Puestos de seccionamiento.

Estos se encuentran colocados generalmente entre los tramos alimentados por 2 subestaciones (aproximadamente a la mitad) y permite a través de sus componentes el paralelo de cada tramo, pero impide la conexión eléctrica de ambos tramos por medio de interbloques y del tramo neutro de catenaria.

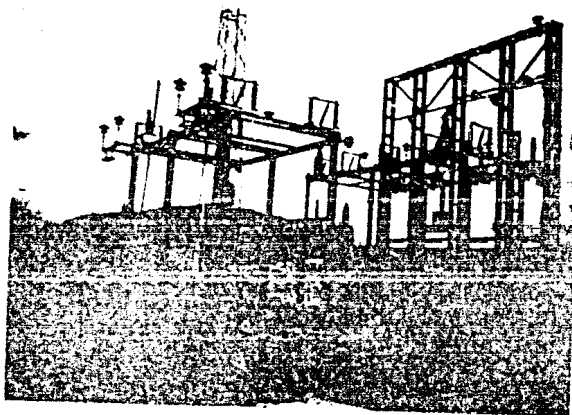


Fig. 4. E.d. Vista parcial de un puesto de seccionamiento.



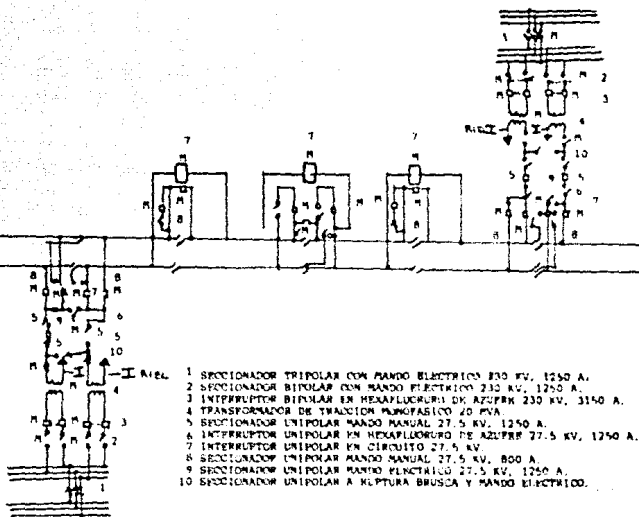
Fig. 4.2.e. Puesto de subseccionamiento.



4.2.2.2 Puestos de subseccionamiento.

Estos se localizan entre una subestación y un puesto de -
seccionamiento y a través de sus componentes permiten seccionar y -
poner en paralelo tramos de catenaria para de ésta manera reducir -
las caídas de tensión.

TRACCION ELECTICA ENTRE SUBESTACIONES



Esquema 4.2.f

4.3 SEÑALIZACION.

Es el sistema que constituye el medio para transmitir en forma rápida y confiable las ordenes, indicaciones y avisos hacia un receptor, mediante: Señales, señas e indicadores. Contando cada uno de estos con códigos particulares previamente establecidos para un uso común.

Este sistema proporcionará en la electrificación de la línea, los medios necesarios para centralizar el control de tráfico de trenes, máquinas de cambio, semáforos, circuitos de vía, etc; que son los equipos y dispositivos instalados en los trayectos que forman la vía. También de los elementos necesarios para centralizar el control del sistema de alimentación eléctrica en los puestos de tracción ó subestaciones.

El objetivo principal de este sistema será el de proteger y operar con seguridad los trenes, elevar la eficiencia del tráfico a medida que se vaya aumentando la frecuencia de los mismos, estando previstos para controlar la circulación de estos sobre la vía, ya sea en sentido de la circulación normal o bien en contrasentido para casos de emergencia; todo lo anterior será posible, mediante las instalaciones de señalización refiriéndonos con esto a: Dispositivos de señales, bloqueo, enclavamientos, etc.

- a) Dispositivos de señales: Se entiende por dispositivos de señales a aquellos que en un momento dado indican o expresan las intenciones de una persona encargada de las operaciones ó la situación que priva en cierto lugar, transmitiendo ciertas formas, signos ó códigos -- preestablecidos que requieren de la vista (formas y colores), el oído (sonido), etc. sin utilizar palabras o letras.
- b) Tramos y dispositivos de bloqueo: Si se subdivide un tramo de vía y en él circula un sólo tren se realiza un tramo de bloqueo. si se instala a la entrada de este tramo un bloqueo con la finalidad de asegurar la operación de un tren, se tiene formado un dispositivo de bloqueo.
- c) Juegos de cambio: Es la parte donde se deriva una vía respecto a otra, comprendiendo con esto a los equipos relacionados con la vía (sapos, guías y agujas).
- d) Dispositivos de enclavamiento: Son aquellos que establecen las relaciones entre señales y juegos de cambio de manera que todos estén dispuestos en una dirección para dar paso a un tren, de manera que no haya conflicto con otro tren en movimiento.

- e) Equipos para pasos a nivel: Son dispositivos utilizados para proteger vehículos y personas que crucen por los pasos a nivel, ya sean superiores ó inferiores.
- f) Relevadores para sentido de circulación: Son dispositivos electrónicos instalados en los sistemas de block automático para suministrar energía a las señales automáticas intermedias y a los dispositivos del circuito de vía en dirección al tren en circulación.
- g) Circuito de vía: Es un circuito electrónico del cual forman parte los rieles de una sección de vía, a fin de detectar la presencia de un tren ó carro de ferrocarril, cuando sus ejes o sus ruedas ponen en corto -- circuito a la vía: estos rieles también sirven como un circuito que puede transmitir informaciones al tren -- que este en una sección de vía".... (12)

Para permitir y controlar la circulación de trenes, el sistema de señalización en términos generales, se divide en los siguientes componentes:

- e) Equipos para pasos a nivel: Son dispositivos utilizados para proteger vehículos y personas que crucen por los pasos a nivel, ya sean superiores ó inferiores.
- f) Relevadores para sentido de circulación: Son dispositivos electrónicos instalados en los sistemas de block automático para suministrar energía a las señales automáticas intermedias y a los dispositivos del circuito de vía en dirección al tren en circulación.
- g) Circuito de vía: Es un circuito electrónico del cual forman parte los rieles de una sección de vía, a fin de detectar la presencia de un tren ó carro de ferrocarril, cuando sus ejes o sus ruedas ponen en corto circuito a la vía; estos rieles también sirven como un circuito que puede transmitir informaciones al tren que este en una sección de vía".... (12)

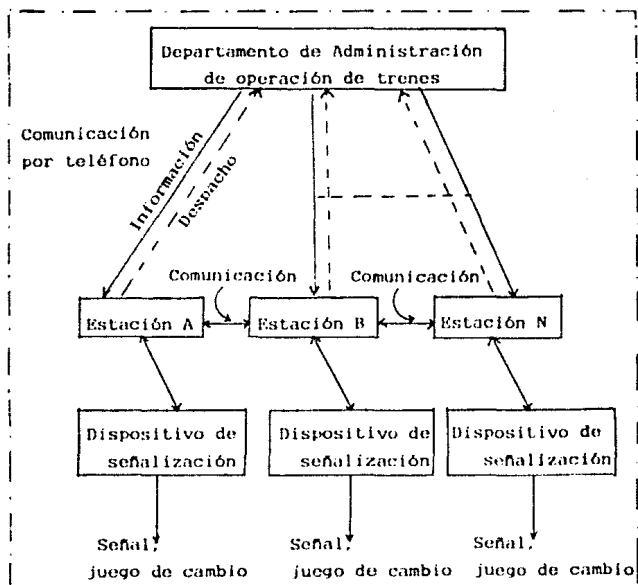
Para permitir y controlar la circulación de trenes, el sistema de señalización en terminos generales, se divide en los siguientes subsistemas propios:

- 1) Control de tráfico centralizado (C.T.C).
- 2) Equipo de campo para señales.
- 3) Sistema de supervisión y control de alimentación eléctrica.
- 4) Sistema detector de cajas calientes.
- 5) Cruceros a nivel.

4.3.1 Control de tráfico centralizado.

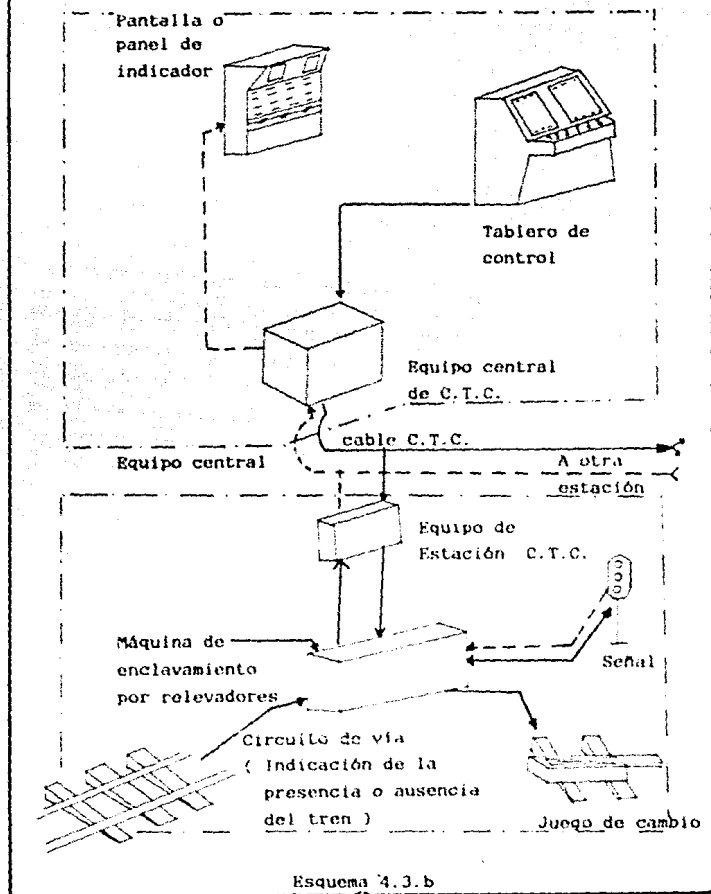
El método de controlar a distancia varias señales que están ubicadas en un tramo de línea extensiva dentro de un territorio desde un lugar de despacho (centro de control), y dando instrucciones para la operación de los trenes, se le denomina sistema de control de tráfico centralizado y los dispositivos que lo configuran se llamaran dispositivos de tráfico centralizado. En forma breve, el método tradicional de control de una ruta y un sistema C.T.C constan de lo siguiente.

METODO TRADICIONAL



Esquema 4.3.a

SISTEMA C.T.C.



- a) Método tradicional: En este método el tren da la información a la oficina de administración de ferrocarriles, que almacena los tiempos de salida y llegada de los trenes desde sus respectivas estaciones, comparándolos con el diagrama de trenes y dando instrucciones necesarias para cambios de operación, etc; de los trenes a las estaciones.
- b) Sistema C.T.C.: En el C.T.C. están los encargados del despacho de control que operan las señales en las respectivas estaciones y controlan la operación de trenes al utilizar un indicador de posición de trenes (panel de indicación), siendo posible ajustar la operación de trenes, como mejor convenga; mantener detenidos algunos trenes para permitir el paso de otros ó modificar rápidamente la situación adecuada cuando el tráfico está desordenado.

Siendo el C.T.C. un dispositivo empleado para mejorar la eficiencia de operación de trenes necesitando pocos encargados operando a control remoto, juegos de cambio y señales de cada estación mediante operaciones desde la central. Permitirá dirigir el movimiento de los trenes a través de indicaciones dadas por señales telecontroladas, que se encontrarán instaladas lateralmente a las vías en los 28 enclavamientos previstos a lo largo de los 245 kms.

Para el control de esta línea se encuentran instalados 2- edificios de C.T.C. trabajando cada uno de estos, en tramos como -- sigue:

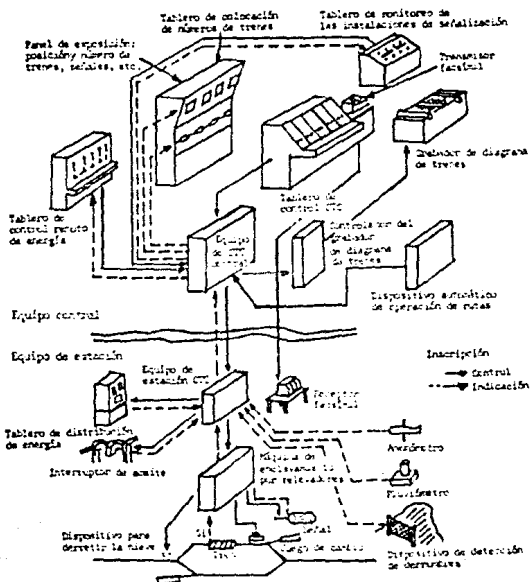
- 1.- C.T.C. con puesto de control en terminal Valle de Mé- xico. Para la supervisión y control del movimiento de -- trenes entre Buenavista y La Griega, incluyendo los -- subsistemas de reporte de operación y la descripción - de trenes, mediante 17 puntos de enclavamiento.
- 2.- C.T.C. con puesto de control en Querétaro. Para la -- supervisión y control del movimiento de trenes entre - la griega y Querétaro, incluyendo los subsistemas de - reporte de operación y de descripción de trenes, me -- diante 11 estaciones de enclavamiento.

Cualquier tipo de movimiento que se genere en la vía fé - rrea, será dirigido desde los C.T.C., dependiendo del último tramo- en que se encuentre.

4.3.1.1 Composición de los equipos C.T.C.

Como se indica en el esquema (4.3.c), el despacho de -- control tiene un tablero capaz de controlar las señales de sus res- pectivas estaciones y tiene también un equipo central (bastidor de lógica), que permite codificar y transmitir las condiciones, lo --

COMPOSICION DE LOS EQUIPOS DE C.T.C.



Esquema 4.3.c

mismo a las estaciones ó interpretar los códigos indicados, recibidos desde las estaciones. Además, posee un adecuado panel de exposición (pantallas de video), capaz de exponer condiciones de los dispositivos de señales de las estaciones, posiciones y número de trenes en estaciones, y entre ellas mismas.

El equipo de estación incluye un equipo de estación C.T.C el cual permite recibir, interpretar y almacenar los códigos de control, transmitidos desde el despacho de control y codificar las condiciones de indicación de las señales en la estación (bastidor-principal). Este está conectado a la máquina de enclavamiento por relevadores, para controlar las señales al transmitir la conducción de presencia ó ausencia de trenes, a través de las máquinas de enclavamiento para mantener específicamente C.T.C., se han instalado en adición al equipo: Un indicador de número de trenes, de tiempo de operación de trenes, dispositivos de selección automática de ruta, etc.

Cualquier tipo de movimiento que se genere en la vía será gobernado desde el centro de control. Quedando con otros sistemas tales como el sistema de pantalla, de transmisión de datos y de descripción de trenes.

4.3.1.2 Puesto de control.

Este puesto de control, contará con el equipo necesario - para el control total del tramo, y consistirá principalmente de lo siguiente:

CANTIDAD		DESCRIPCION
QUERETARO	MEXICO	
1	2	- Consolas de control que integran el gabinete panorámico con cantidad de pantallas de video a color necesarias y teclado.
2	2	- Computadoras.
2	2	- Impresoras de línea.
2	2	- Equipos de código con modems de datos (número y tipo de trenes, indicador de tiempo y velocidad, etc.).
1	1	- Bastidor con equipo de alimentación - y distribución.
1	5	- Equipos para el sistema de reporte de operaciones.
1	1	- Terminal para mantenimiento.
1	1	- Equipo detector de alarmas.

Este equipo será manejado con subsistemas propios de operación, siendo los más destacados los que se mencionan a continuación

a) Sistema de pantallas de video a color:

Serán manejados por un despachador, mediante un teclado, con funciones específicas. El sistema dará una visión unifilar continua del tramo de vía bajo su control, por medio de distintos colores fijos o destellantes. El cual es continuamente actualizado, según las indicaciones recibidas desde el campo y los controles enviados por el despachador.

b) Sistema de descripción de trenes.

Permitirá observar al despachador todo tipo de movimiento generado en la vía, dentro del territorio bajo su control (localización exacta, tipo de tren, velocidad, dirección, etc.).

c) Sistema de transmisión de datos:

Servirá para satisfacer las múltiples necesidades, a través de los siguientes modos de operación:

- 1.- Rastro: Servirá para rastrear las unidades en el campo, actualizar la información.
- 2.- Control: Cuando un código de control sea ordenado se interrumpirá la señal de muestreo al campo.

- 3.- Maestro: En intervalos fijos, así como durante las condiciones de error, un mando maestro es transmitido para solicitar a la unidad seleccionada en el campo una contestación, con todas las indicaciones actualizadas.
- 4.- Prioridad: Esta característica asegurará que todas las vías ocupadas estén bien indicadas en el centro de control.

La unidad de código en el campo funciona bajo las siguientes condiciones:

- Sincronización exacta.
- Paridad exacta.
- Dirección de localidad correcta.
- Formato exacto.

d) Alarmas y mensajes.

Se tendrán 2 categorías de alarmas:

- 1.- Críticas: Serán presentadas sobre la primera línea de alarmas de la pantalla de video a color más cercana al despachador, esta alarma deberá de ser contestada por el despachador, en forma inmediata procediendo a accionar alarmas acústicas.

2.- Informativas: Serán presentadas sobre la segunda línea de alarmas de la pantalla arriba mencionada y no requerirá de una acción por parte de el despachador.

4.3.2 Equipos de campo para señales.

4.3.2.1 Dispositivos de enclavamiento.

El control existente entre la relación de señales y juegos de cambio, deberá de ser de tal forma que no existan problemas de sincronización al moverse un tren dentro de un tramo controlado por medio de los dispositivos de enclavamiento.

Cada localidad que tiene un puesto de enclavamiento, contiene el equipo y lógica de seguridad necesario para controlar e indicar todas las funciones de señalización, las composiciones de itinerarios y solicitud de exhibición de señales, que pueden ser asociadas desde el puesto de control ó desde el panel de mando local.

Cuando los itinerarios son aceptados por el tren, los enclavamientos del detector, el cambio de rutas y el tráfico, se mantienen durante el movimiento del tren. Cuando la cola del tren pasa sobre los cambios garantizando un espacio de libramiento, la liberación seccional de la ruta es obtenida y por lo tanto permite el

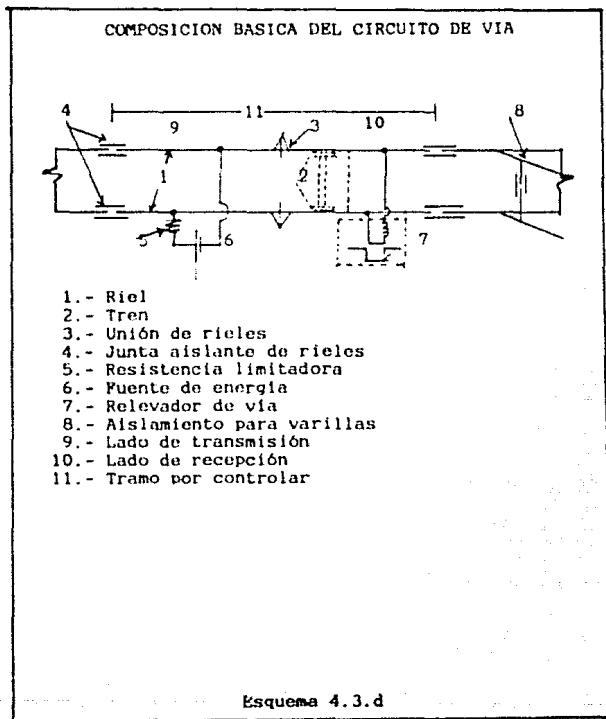
establecimiento de otras rutas. Además, cuando el tren toma las -- señales y ocupa los circuitos de vía enclavados, un código de mando de señal de cabina es sucesivamente aplicado en cada circuito - de vía implicado. La situación del enclavamiento incluyendo el --- progreso del movimiento del tren a través del mismo, es permanente transmitiendo al puesto de control y al panel de mando local.

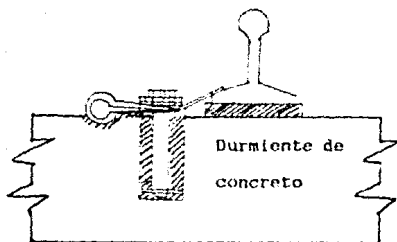
4.3.2.2 Circuito de vía.

El circuito de vía es un circuito eléctrico del cual --- forman parte los rieles de una sección de vía, a fin de detectar - la presencia de un tren, o carro de ferrocarril, cuando sus ejes o ruedas ponen en corto circuito estos rieles, también es un circui- to que puede transmitir informaciones al tren que este en una sec- ción de vía, utilizando una corriente eléctrica por los rieles. Los utilizados en las diferentes zonas de enclavamiento serán del- tipo de selección de fase, sus características principales son: Operan con una frecuencia de transmisión de 100 Hz., para la ---- transmisión de la información son inmunes a las interferencias de- las corrientes de retorno del sistema de 27.5 Kv. a 60 Hz.

Usarán para ello cajas de impedancias dobles en cada ex- tremo de los circuitos de vía por medio de los cuales se pondrán - detectar partes de algún riel roto. Tendrán separaciones entre cig

cuito y circuito de 1800 a 2300 mts., deberán de estar separados - por juntas aislantes entre cada riel. véase el esquema (4.3.d). También se tendrán aislamientos entre riel y durmiente, véase es - quema (4.3.e).



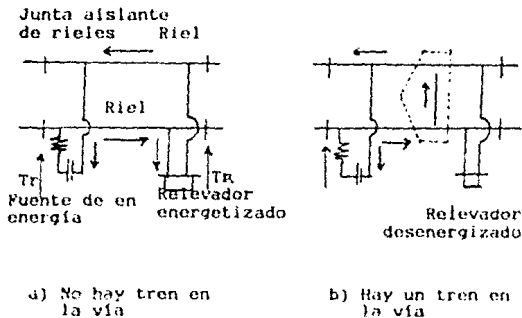


▨ Indica aislamiento

FORMA DE FIJACION ENTRE RIEL Y DURMIENTE

Esquema 4.3.e

CORRIENTE DE SEÑAL EN EL CIRCUITO DE VIA



Esquema 4.3.f

En el esquema (4.3.f), se indica la corriente eléctrica del circuito de vía del esquema (4.3.d). se usan ambos rieles como parte del circuito eléctrico, para la corriente de señal, de ida y de retorno.

Cuando hay un tren la corriente de señal circula por la fuente de:

Energía - Riel - Relovador - Riel - Fuente de energía.

Cuando un tren ocupe el circuito de vía, la corriente de señal circula por la fuente:

Energía - Riel - Ejes del tren - Riel - Fuente de energía

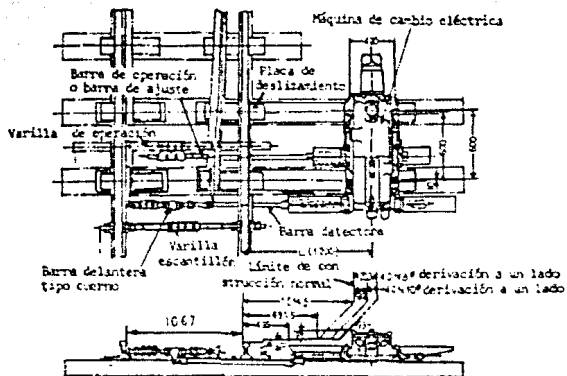
Haciendo un corto circuito entre los dos rieles, debido a los ejes del tren, haciendo que el relevador de vía se desactive -- por la falta de la corriente eléctrica. (véase el esquema 4.3.f).

4.3.2.3 Máquinas de cambio.

Estas máquinas contarán con dispositivos de doble control para operación remota y manual. Con un motor alimentado por corriente continua de 24 volts, se colocará a una distancia de 1.20 mts., - a partir del eje del riel exterior, al eje de la máquina en cuestión. Contarán con dispositivos de transmisión para cambio de agujas, por medio del accionamiento de una palanca de cambio, a la po-

sición normal o reversa que le permitirá el ajuste y juntéo perfecto al riel principal. (véase esquema 4.3.g)

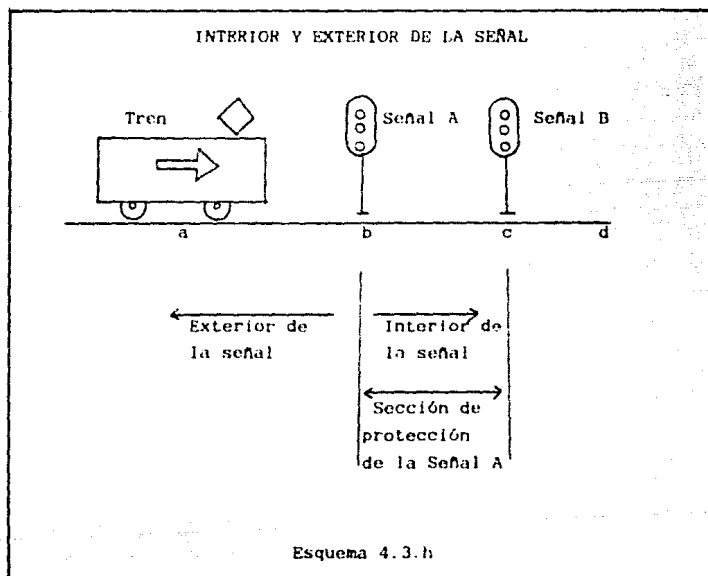
INSTALACION DE LA MAQUINA DE CAMBIO ELECTRICA EN UN RIEL



Esquema 4.3.g

4.3.2.4 Señales de vía.

Las señales de vía serán del tipo luminoso y se montarán en postes tabulares de 5.5 mts., de altura aproximadamente, para -- ser colocados lateralmente a la vía los cuales operarán automáticamente al paso de los trenes, su funcionamiento es como sigue:



4.3.2.4.1 Interior y exterior de la señal.

Con referencia al esquema anterior, la señal A está prevista con el fin de indicar y transmitir la construcción de como el tren opera entre los puntos " b y c " y es instalada en la entrada de la sección, y la sección b y c es llamada " área de protección " de la señal A, y con respecto al punto b. el área de protección a la derecha de la señal A es llamado interior de la señal A, y el lado de aproximación del tren es llamado exterior de la señal A.

4.3.2.4.2 Sistema de señal de ruta y sistema de señal de velocidad.

"Las señales básicas que indican la condición de operación son: Señal de " alto " y señal de " proseguir ". El método de condición de señales para cada ruta que emplea estas dos indicaciones es llamado sistema de señal de ruta por otra parte, el método para incrementar las indicaciones de la señal de " precaución ", señal de velocidad " restringida " y señal de velocidad " reducida " en adición a la señal de " alto " y señal de " proseguir " se emplea para instruir la velocidad de aproximación a la sección a proteger por la señal, este es llamado sistema de señal de velocidad."..(13)

4.3.2.4.3 Señal absoluta y señal permisiva.

La señal de indicación absoluta y exclusivamente absoluta no permite entrar al interior de la señal aún cuando la señal está descompuesta (tiene falla) ya que mantienen en " alto ", esta es llamada señal absoluta y la señal que permite entrar al interior de la señal después de un cierto lapso de tiempo, aún cuando las demás están en posición " alto ", es llamada señal permisiva. (véase es - quema 4.3.i)

4.3.2.5 Impedancias de unión.

Estarán colocadas en todos los circuitos de vía, que se encuentren dentro de los límites de los puestos de enclavamiento, estas impedancias de unión permitirán el paso de la corriente de -- retorno de tracción de un circuito de vía a otro, y servirán para el funcionamiento de los circuitos de vía.

Serán montadas sobre los durmientes de madera instalados para este propósito y entre los rieles, abajo de la línea de rodamiento.

Son esencialmente, un autotransformador con derivación -- central para proveer una trayectoria de baja impedancia, para las -- corrientes de retorno de tracción y una impedancia suficientemente alta para las corrientes de señales.

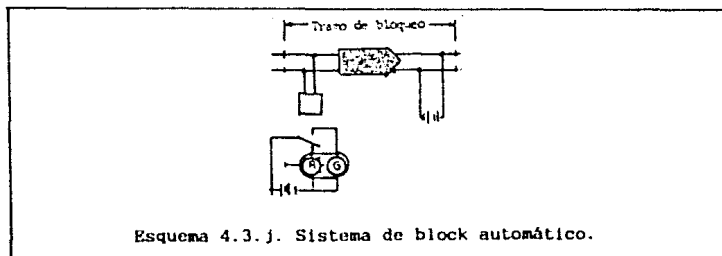
4.3.2.6 Block automático.

Se conoce como block automático a aquel sistema que bloquea un tramo (previamente establecido) de vía y activa una señal en forma automática, por la acción misma del tren, utilizando circuitos de vía instalados en la sección de bloqueo, con el propósito de tener una operación de manera rápida y correcta del tren, de un tramo a otro.

4.3.2.6.1 Descripción.

Este es un sistema por el cual se une la señal y el bloqueo. La señal de bloqueo esta instalada a la entrada de la sección de bloqueo.

El esquema (4.3.j) muestra un sistema de block automático. Señal de bloqueo.



en 24 canales telegráficos. Este sistema incluirá los siguientes canales:

- 1).- 6 canales telegráficos en dirección de la división-Pacífico.
- 2).- 7 canales telegráficos en dirección de la división-Mexicano.
- 3).- 3 canales telegráficos en dirección de la subdivisión Hidalgo.

Estos serán transmitidos en su totalidad por cable enterrado protegido contra las inducciones, prolongando 1 kilómetro el punto de derivación desde la vía principal hasta conectar el otro extremo a la línea aérea.

TIPOS Y FIGURAS DE ASPECTOS.
SEÑAS O MARCAS, INDICADORES, TABLEROS.

Señal principal					
Nombre	Señal de entrada, señal de salida y señal de bloqueo				
Aspecto de señal	Señal en "ALTO"	Señal "PARE" "ROJO"	Señal de "PRE CAUCION"	Señal "ADUCEDA"	Señal de "PRESEGUIR"
Los aspectos (para señales de salida sola y señales de entrada que efectúa una función de la señal de salida)					
Tres aspectos					
Cuatro aspectos					
Cinco aspectos					

Nota: La señal de bloqueo posee el indicador de identificación de la señal automática.

R: Rojo
A: Amarillo
V: Verde
B: Blanco
N: Negro
P: Púrpura
Az: Azul

Esquema 4.3.1

Con referencia al esquema anterior se ve que:

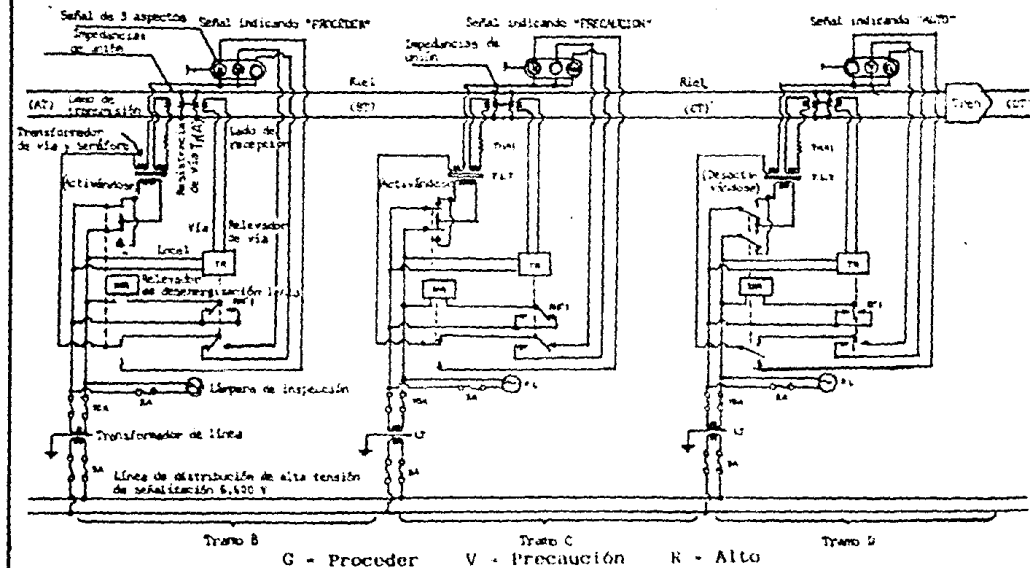
- Cuando el tren se encuentre en la sección se mostrará un aspecto de ALTO.
- Cuando no hay tren en la sección y tiene tiempo que se aleje se muestran aspectos de MARCHA ó PROSEGUIR.
- Cuando acaba de salir el tren se muestra el aspecto de PRECAUCION.
- Si un gran número de señales es instalado entre estas secciones, la sección de bloqueo puede ser dividida en secciones cortas, en este caso se ha seccionado a cada 2 kms., aproximadamente.

4.3.2.6.2 Dispositivos de señal de bloqueo automático.

Se basa en circuitos de vía donde al paso del tren se controla automáticamente el bloqueo y el aspecto de señal.

Existen 2 tipos de dispositivos: Uno de ellos es el de doble vía. Donde el tren recorre una dirección única, el otro caso es el de vía sencilla, donde la dirección de operación del tren puede cambiar, siendo el primero que se utilizará en esta línea, sólo que se adaptará para que pueda operar en doble sentido, en casos de emergencia, mantenimiento y otros.

INSTRUMENTO DE BLOQUEO AUTOMÁTICO DE TRES ASPECTOS



Esquema 4.3.k

En el esquema (4.3.k), se muestra el principio de operación de tres aspectos de la lámpara de color de un sistema de este tipo.

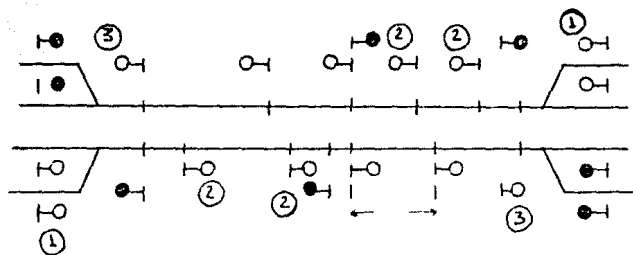
En este esquema:

- La sección de bloqueo se divide en un número apropiado de secciones y cada una de ellas tiene un circuito de vía.
- Los relevadores de vía activan los mecanismos de bloqueo, de acuerdo a la existencia ó no de trenes en la sección de bloqueo.
- Cuando la sección esta libre de trenes, el relevador de vía forma un circuito para indicar el aspecto " proseguir " ó " precaución ".
- Cuando la sección esta bloqueada u ocupada, forma un circuito para que indique el aspecto " alto " que prohíbe al tren introducirse a la sección.

4.3.2.6.3 Ubicación del sistema instalado en la línea.

Como se muestra en el esquema (4.3.l). El intervalo de las señales implantadas en la México - Querétaro, para operar en dirección normal es de aproximadamente de 2 kms., y se ubica una señal entre estaciones para la dirección contrario ó contrasentido.

UBICACION DE LAS SEÑALES ENTRE ESTACIONES



Ubicación de las señales que operan en sentido normal.

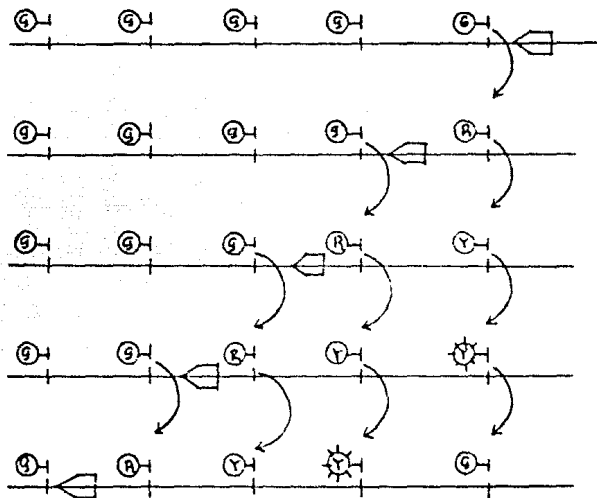


Ubicación de las señales que operan en sentido contrario. (contra - sentido)

- ① Señal de salida.
- ② Señal de entrada.
- ③ Señal de bloqueo.

Esquema 4.3.1

4.3.2.6.4 Sistema de aspectos de señales.



R - Rojo
 Y - Amarillo
 Y - Amarillo
 intermitente
 G - Verde

Esquema 4.3.m

Como se muestra en el esquema anterior, las señales que se encuentran antes del paso del tren estarán indicando vía libre, mediante un color verde (G) en el semáforo.

Al paso del tren la señal cambiará automáticamente de verde (G) a rojo (R) que indica parada absoluta a otro tren que marcha atrás del primero.

Conforme el avance del primer tren, los cambios de las señales se realizarán automáticamente de rojo (R) a amarillo (Y) que indica velocidad restringida.

Luego cambiará la señal de amarillo (Y) a amarillo intermitente (Y) ó flash, que indica velocidad media.

Por último cambiará de amarillo intermitente a verde (G), vía libre para dar paso al segundo tren en una operación normal como se indicó al principio.

El aseguramiento de un eficaz trabajo realizado por este sistema será llevado a cabo mediante impedancias de unión, mencionadas en el párrafo (4.3.2.5).

4.3.3 Sistema de supervisión y control de alimentación eléctrica (S.S.C.A.E).

Para un buen mantenimiento y operación de la línea se suministrará y controlará la corriente mediante subestaciones, puestos de seccionamiento, puestos de subseccionamiento y enclavamientos ya mencionados. Este sistema se encargará de controlar y supervisar la energía eléctrica mediante dos puestos de control.

4.3.3.1 Puestos de control de Valle de México y Querétaro

Este sistema se controlará mediante un dispositivo instalado en el equipo del tablero de C.T.C. (véase párrafo 4.3.1.1)

Para cada uno de los puestos mencionados anteriormente el S.S.C.A.E., proporcionará las salidas para los puntos de mando. Todas las salidas de los puestos de mando de control, desde el puesto de control del Valle de México serán procesados de un modo denominado " selección - verificación - antes de ejecutar ".

Este método dará la seguridad necesaria para evitar la -- recepción de controles incorrectos por el equipo del sistema de -- alimentación localizado en subestaciones, puestos de seccionamiento, puestos de subseccionamiento y enclavamientos.

4.3.4 Sistema detector de cajas calientes.

Se instalarán 4 puntos de detección de cajas calientes - en los siguientes puntos: De México a Querétaro vía BQ, km. 64 + -- 150 y en el km. 135 + 400, para el movimiento de trenes de Querétaro a México vía AQ, se pondrán en los kilómetros 83 + 500 y 196 + - 500.

Los detectores arriba mencionados se utilizarán para verificar la temperatura de las cajas del tren, estos detectores son capaces de afectar la lectura aún cuando el tren vaya a una velocidad de 240 kms. / hrs.

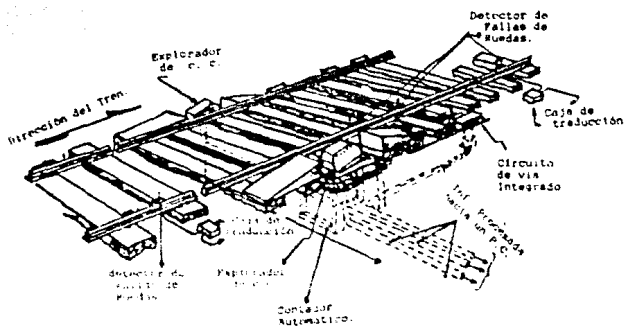
La información obtenida por los detectores, se transmitirá al centro de control del Vallo de México, en caso de que se detecte una caja caliente, esta condición provocará una alarma acústica en dicho centro de control y además se proporcionará un registro gráfico, que permitirá al despachador, el monitoreo de las cajas calientes. (véase esquema 4.3.n)

4.3.4.1 Equipo de campo.

Cada localidad de equipo de detección de cajas calientes - (D.C.C) en el campo, consistirá de lo siguiente:

- a) Dos exploradores de D.C.C, uno por riel en cada vía
- b) Un detector de ruedas

DETECTOR DE CAJAS CALIENTES



Esquema 4.3.n

- c) Una caseta conteniendo equipo para procesar y transmitir la información de las cajas del cojinete del tren al puesto de control del Valle de México.

El circuito de vía cerca del cual el equipo de D.C.C se localiza, será el que active el equipo de campo del D.C.C., una vez que el tren lo ha tomado.

Además, el equipo de campo enviará al centro de control una información relacionada con el comienzo y el fin de cada tren.

4.3.4.2 Operación simplex.

La transmisión de información desde la localidad del campo hasta el puesto de control del Valle de México, se hará por medio de un canal de voz de operación simplex, del sistema de telecomunicaciones.

El canal simplex será derivado del sistema de telecomunicaciones por medio de un circuito de 150 ohms.

4.3.5 Cruceiros a nivel.

*Son aquellos lugares donde se intersectan, una vía del tren y un camino.

En esta línea se instalarán cruces a nivel que operarán en forma manual, automática y semiautomática su clasificación es -- como sigue:

CLASIFICACION DE CRUCEROS

CLASE	CLASIFICACION	VIGILANTE	NOTA
1	Semiautomático	A	Cruces a nivel que -- tienen dispositivos ca- paces de interrumpir el tráfico para el paso -- del tren o carro.
	Automático	B	
	Semiautomático	C	
	Manual	A	
	Gravedad	C	Cruces que tienen ---- dispositivos que dan la - alarma para el paso del tren o carro.
	Semiautomático	B	
	Automático	C	
2	Semiautomático	C	
	Manual	A	
		C	

Cada cruce tendrá un diferente equipo y será instalado de acuerdo a las necesidades a cumplir."(14)

Su composición y dispositivos son los que siguen:

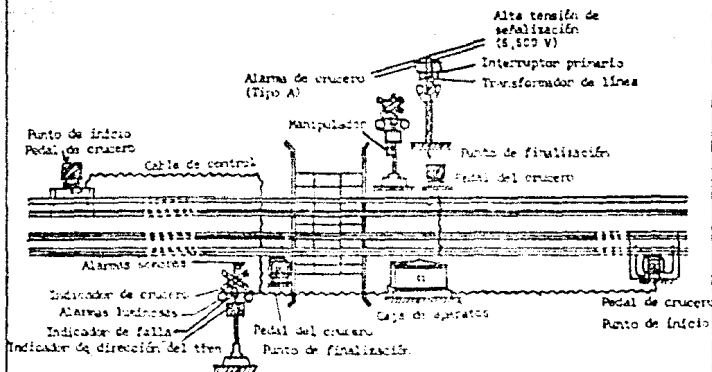
4.3.5.1 Composición de equipo.

Cada cruce tendrá un diferente equipo las instalaciones de cada uno dependerán de el modo de operación, entre las más comunes a lo largo de la línea se tienen:

- a) Alarmas de crucero: Se utilizan para advertir a los --
automovilistas y traseúntes que un tren se está apro -
ximando, e indicará que debe detener su marcha tempo -
ralmente y esperar a que el tren pase.

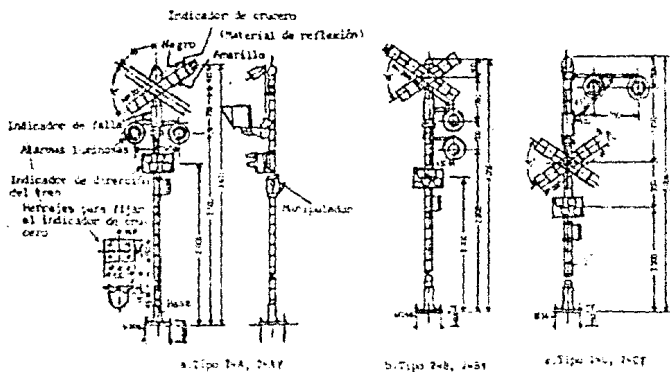
Se normalizarán 3 tipos de crucero, de acuerdo a la dis -
posición de las alarmas luminosas, la altura, etc., como se observa
en los siguientes esquemas (4.3.a, 4.3.o y 4.3.p).

EJEMPLO TÍPICO DEL CRUCERO
AUTOMÁTICO DE DOBLE VIA



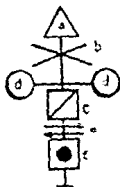
Esquema 4.3.6

ALARMAS DE CRUCERO



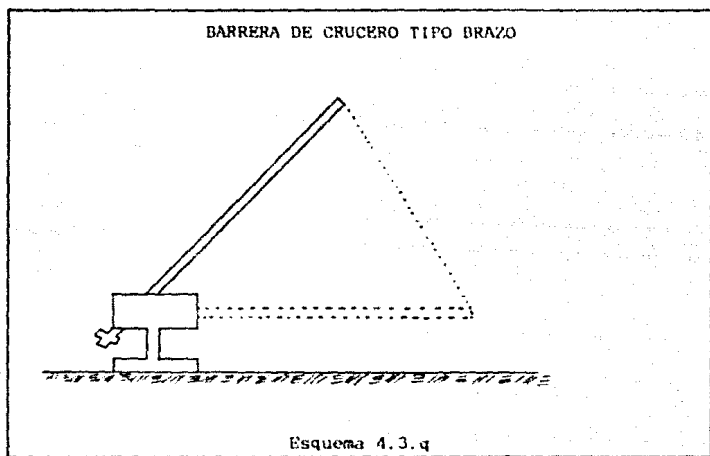
Esquema 4.3.o

APARATOS QUE COMPONEN LA ALARMA DE CRUCERO



Esquema 4.3.p

- b) Barreras de cruceo: Serán capaces de cortar el tráfico vehicular temporalmente cuando el tren se disponga a pasar por el cruceo, y conservar la seguridad para los transeúntes. Las utilizadas en esta línea serán -- las que se muestran.

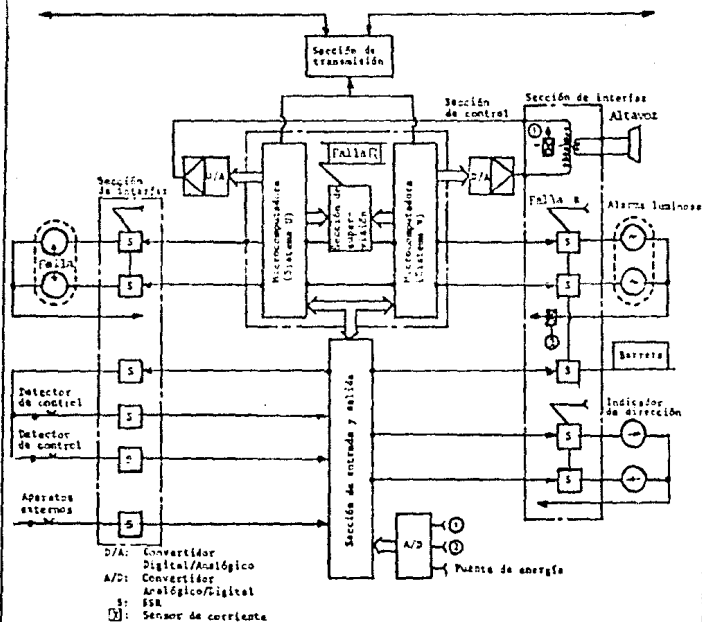


4.3.5.2 Dispositivo de control de cruceo electrónico.

Controlará el cruceo en un tramo preestablecido y serán colocados en lugares específicos dentro de la zona metropolitana de la Ciudad de México, en 13 sitios ya identificados este dispositivo tendrá las siguientes funciones:

- a) Detectará la entrada y salida del tren en el tramo establecido.
- b) Controlará los sonidos emitidos por las alarmas al entrar en funcionamiento.
- c) Detectará fallas en el dispositivo e indicará el lugar exacto.
- d) Transmitirá los datos más relevantes en cada accionamiento del dispositivo, hacia una computadora ubicada en el centro de control del C.T.C.

DISPOSITIVO DE CONTROL DE CRUCERO ELECTRONICO



Esquema 4.3.r

4.3.5.3 Dispositivo de información de obstáculos del cruce.

Estará compuesto por los aparatos siguientes: De operación, señales de fuego, equipo de corto circuito de vía, etc., será operado en forma semiautomática por un operador que accionará un dispositivo al cortocircuitarse la vía.

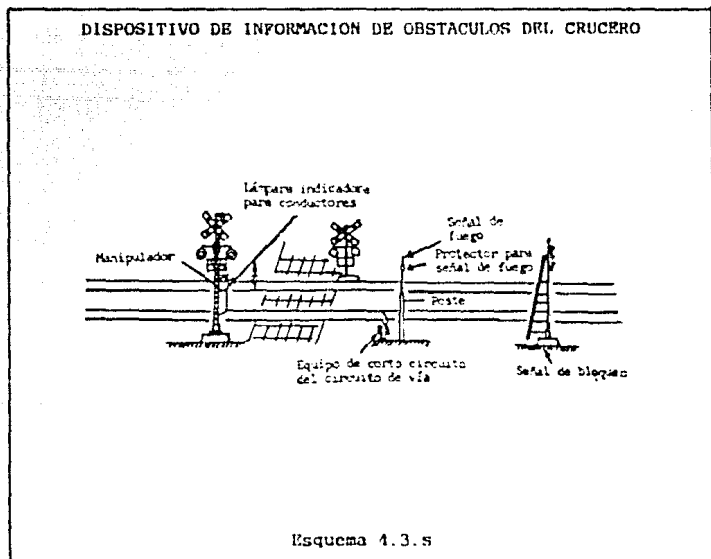
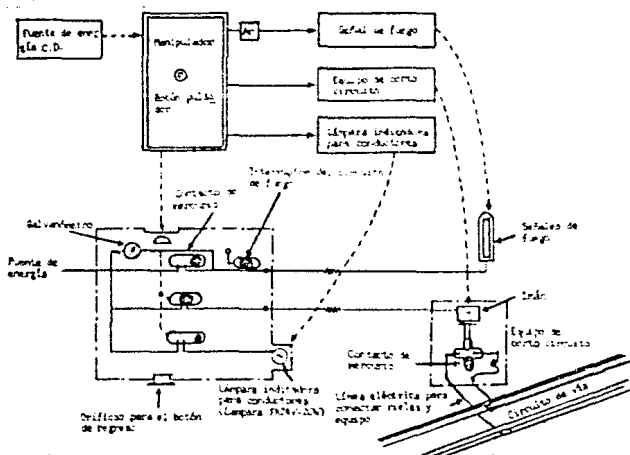


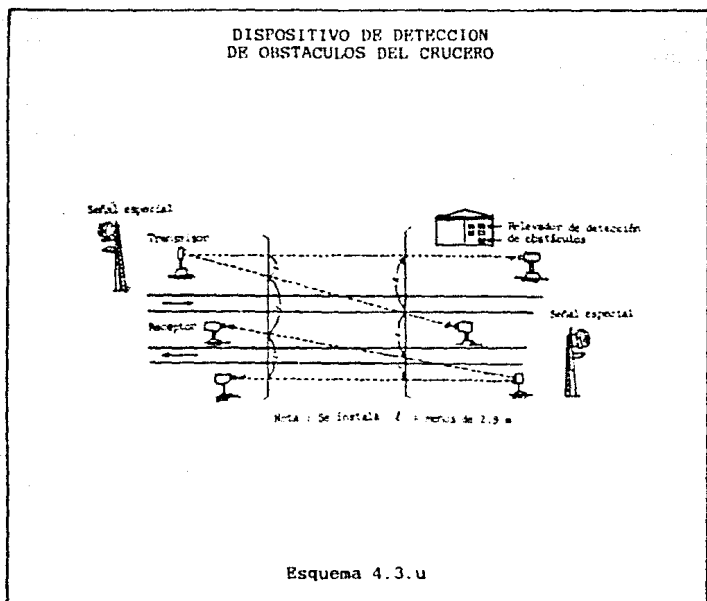
DIAGRAMA DEL DISPOSITIVO DE INFORMACION DE OBSTACULOS DEL CRUCERO



Esquema 4.3.t

4.3.5.4 Dispositivos de detección de obstáculos.

Cuando un automóvil se detiene en el cruce al pararse el motor, etc., lo detectan y operan automáticamente el informador de obstáculo del cruce y el aparato que genera la señal especial.



4.4 TELECOMUNICACIONES.

El sistema de comunicaciones asociado al ferrocarril --- electrificado debe cumplir con todos los requerimientos de comunicación necesarios para cubrir todas las áreas ó subsistemas que --- forman parte de la propia electrificación, siendo estos: las sub - estaciones que requieren de comunicación telefónica en cada uno de los lugares donde se controla y se conecta a la catenaria la energía con la que se moverán las locomotoras; así mismo para efectuar las conexiones o desconexiones desde el centro de despacho.

La señalización necesita de la comunicación para coordinar el mantenimiento y operación de las señales y sistemas asociados a ellas, uno de ellos el C.T.C. mediante el cual y a control - remoto el despachador enciende señales, acciona cambios de vía, --- etc.

"Para controlar el tráfico de trenes que se mueven por la vía todos estos telecontroles, teleindicaciones, comunicaciones, - telefónicas y telegráficas son transmitidas por medio de un sistema de telecomunicaciones. Todas las instalaciones y cableado de --- este sistema deberán de estar protegidas contra los fenomenos causados por la tracción eléctrica, tales como: influencia electros - tática, inducción electromagnética y perturbaciones."(15)

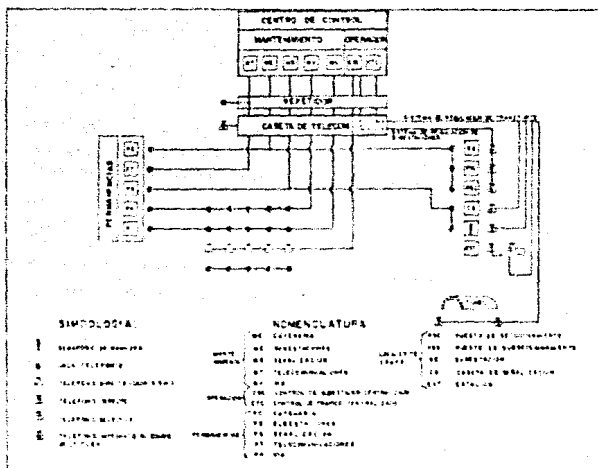
En conclusión, se determina que se deben de proteger las instalaciones existentes para evitar este tipo de fenómenos que -- serían tanto peligrosos para el personal de mantenimiento, como -- para el personal de operación y a la vez para los equipos y líneas de telecomunicaciones, mediante un cable debidamente protegido y aterrizado a una red de tierra. Así como también con protecciones adicionales. Para tal efecto se hace necesario transportar el cableado a través de una zanja al lado de la vía, uniéndose al sistema por medio de casetas de telecomunicación. (véase esquemas -- 4.4.a y 4.4.b)

El sistema de telecomunicaciones que se instalará en la línea, contará con los siguientes subsistemas mediante los cuales se cubrirán todas las necesidades de comunicación y telecontrol -- requeridas.

4.4.1 Sistema de cables de telecomunicaciones.

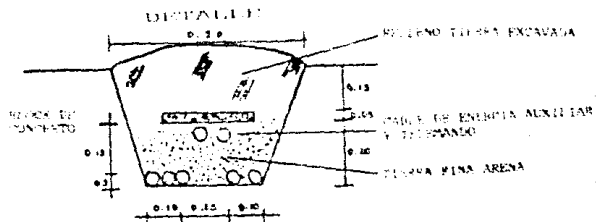
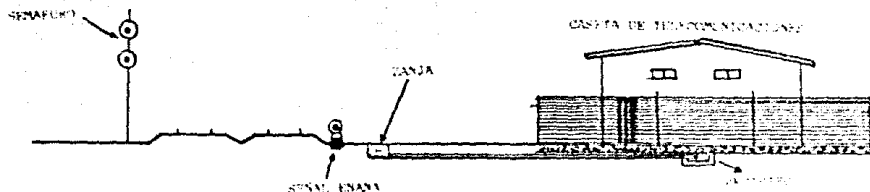
Los cables empleados para este sistema de telecomunicaciones serán de 19 cuadretes (4 hilos de cobre por cuadrete), a través de los cuales se transmitirá toda la información necesaria desde el centro de control hasta el campo y viceversa. Para cubrir las necesidades de operación y mantenimiento estarán protegidos -- para evitar interferencias y voltajes peligrosos, por la inducción de la catenaria contando para ello con envolturas plásticas, forro

PRINCIPIO DE TELECOMUNICACIONES



Esquema 4.4.a

DETALLE DE TELECOMUNICACIONES



Esquema 4.4.b

de aluminio con relleno de polietileno, blindaje a base de cintas de acero, envoltura con cinta de tela y forro externo de polietileno.

4.4.2 Sistema de regulación de transporte.

El sistema de regulación del transporte se basa en la -- comunicación telefónica del despachador, desde el C.T.C., con todas las estaciones del ferrocarril y casetas de señales.

Este sistema estará compuesto por una consola de transporte instalada en los C.T.C., en donde se han de observar paso a paso los movimientos realizados por las locomotoras en cada tramo o sección de vía; estos a su vez serán corroborados mediante dos tipos de comunicación:

- Tipo A11.- Este tipo consta de un descodificador bidireccional capaz de manejar, interpretar y -- transmitir información telegráfica, a la -- vez que se habla, utilizando para ello el -- método de llamada selectiva, en frecuencia de banda audible, se instalarán en cada estación.
- Tipo A3.- Es un aparato de telefonía, que utiliza como

medio de transmisión el sistema de línea o de portadora sobre cable es decir, es capaz de seleccionar la línea de transmisión, debido a que contiene un accionador que permite entrar a otro sistema y entablar información.

4.4.3 Sistema de regulación de subestaciones.

El sistema de regulación de subestaciones consiste en la comunicación del operador de subestaciones con todas ellas, con los puestos de seccionamiento y de subseccionamiento y esta com -- puesto por una consola de subestaciones de tracción instalada una en cada puesto de control.

4.4.4 Sistema telefónico para mantenimiento.

Existen tres clases de sistemas telefónicos para mantenimiento según se describe a continuación:

- 1).- Mantenimiento de señales, se ejecuta en los puestos de señalización y casetas de señales.
- 2).- Mantenimiento de las subestaciones, se realiza en las mismas.

3).- Mantenimiento de telecomunicaciones, se realiza en las estaciones equipadas con equipo de portadora.

Se instalarán tres consolas de mantenimiento en cada --- C.T.C., las cuales podrán tener comunicación con las permanencias respectivas y equipos en campo a través de telefonos de magneto -- tipo portátil conectables por medio de " jacks ". Este sistema telefónico emplea el método de llamada codificada (códigos preestablecidos).

4.4.5 Sistema telefónico de alarma.

Se contará con un sistema telefónico de alarma que estará conectado a las consolas de las subestaciones de tracción y esta constituido por telegrafos portatiles tipo A1, instalados a lo largo de la vía férrea a intervalos de 915 mts.

4.4.6 Sistema de grabación en cinta magnética.

Se tendrá un sistema de grabación multicanal en cinta -- magnética asociada a las consolas de regulación de tráfico de subestaciones, jefes de despachadores y del personal permanente para grabar todas las señales de audio en forma continua.

El equipo tendrá capacidad para grabar 21 canales de au-

dio diferentes y en forma simultánea sobre una cinta magnética, aplicada a los equipos de comunicación, durante 24 hrs. en operación automática.

4.4.7 Sistema de supervisión remota.

El propósito de este sistema es el de mantener estable, el sistema de transmisión con una alta calidad y el menor número de personal, ya que en caso de falla, es posible efectuar el mantenimiento con una gran eficiencia.

4.4.8 Sistema de comunicación para los jefes de despachadores.

Este sistema servirá para que los jefes de despachadores den sus ordenes a los despachadores, monitoreen las líneas o respondan las llamadas desde su consola, cuando alguno de los despachadores por ciertas causas abandone su consola.

Forman parte de este sistema: Consolas de los jefes de despachadores y las del personal permanente.

Cualquiera de estas consolas tendrá acceso a todas las líneas de regulación del transporte, subestaciones, teléfonos de alarma, líneas de red interna y comunicación con otras consolas --

mediante el sistema de intercomunicación.

4.4.9 Sistema de intercomunicación para los centros de control.

Este sistema tiene por objeto permitir la comunicación entre las consolas del centro de control del Valle de México y --- Querétaro.

Las siguientes consolas tienen la facilidad de intercomunicación:

CONSOLAS	POSICION
Transporte	4
Subestación de tracción	1
Trabajo	2
Mantenimiento	3
Personal permanente	1
Jefe de puesto	1

4.4.10 Sistema para la telegrafía morse.

Por este sistema se transmitirán los servicios telegráficos que se van a utilizar a lo largo de la vía por líneas aéreas en postes, que se verán afectados por las inducciones que producirá el sistema electrificado. Para dicha transmisión se utilizará canal telefónico del sistema de portadora, el cual estará dividido.

CAPITULO 5

EQUIPO TRACTIVO

La escasez y el incremento de precios del combustible --- diesel han proporcionado que los ferrocarriles en todo el mundo --- consideren la electrificación de sus principales líneas como un --- sistema de tracción alternativo.

Los principales factores que inducen al cambio de trac -- ción diesel por la tracción eléctrica son:

- El incremento de los niveles de tráfico.
- El incremento y/o escasez del combustible diesel.
- La reducción de los costos de capital de los sistemas - electrificados.

Aun en estos momentos en las troncales A y B (México --- Ciudad Juárez, y México - Nuevo Laredo) se utilizan locomotoras -- con tracción diesel - eléctrica sus características se muestran en el esquema (5. a).

Al termino de la construcción de la doble vía, se comen -- zarán a introducir las nuevas locomotoras eléctricas seleccionadas -- para trabajar en las nuevas vías (AQ y BQ). las cuales han de --- sustituir a las antiguas máquinas, las características del modelo - a usar son las que se muestran en el esquema (5.b).

Las diferencias técnicas existentes entre ambos sistemas de operación están determinadas básicamente por la forma en que cada uno proporciona la fuerza tractiva. Dichas formas se explican a continuación.

5.1 OPERACION.

5.1.1 Operación con tracción diesel - eléctrica.

Una locomotora de este tipo proporciona la fuerza tractiva mediante un sistema motriz combinado por un motor de combustión interna y un motor eléctrico. El motor de combustión consume como combustible diesel y al estar en funcionamiento genera energía eléctrica en forma de corriente directa que alimenta al motor eléctrico para que éste proporcione la fuerza de tracción de la locomotora.

La operación de este tipo de locomotoras genera la utilización de materiales y refacciones, tanto para la parte de combustión como para la parte eléctrica y en su mantenimiento y reparación se requieren instalaciones y mano de obra para ambas especialidades, por lo que los gastos anuales de mantenimiento son considerables.

5.1.2 Operación con tracción eléctrica.

Estás locomotoras eléctricas actuales proporcionan la --- fuerza tractiva a través de un motor eléctrico de corriente directa alimentado por un sistema de contacto de alambre superior que proporciona corriente alterna, instalado a lo largo de la línea. La -- corriente alterna es tomada por la locomotora mediante un pantógrafo situado en su parte superior e internamente por medio de dispositivos de rectificación especiales (transformadores, tiristores, etc.), los cuales la convierten en corriente directa que es la --- energía de movimiento del motor que proporciona la fuerza tractiva.

Aunque los sistemas electrificados requieren de inversiones iniciales mayores que los no electrificados a lo largo de su -- vida útil generan ahorros en los costos de operación, y además presenta otras ventajas tales como:

- Menor costo de operación.
- Mayor capacidad de arrastre.
- Posibilidad de usar distintas fuentes primarias de --- energía.
- Mayor disponibilidad de las locomotoras.
- Menores gastos de mantenimiento.
- Menor contaminación.
- Recuperación de energía en zonas montañosas.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS VENTAJAS OPERATIVAS DE LA TRACCIÓN ELÉCTRICA.

5.2.1 Menor costo de operación.

En igualdad de condiciones, se ha comprobado que la operación de una locomotora eléctrica resulta de un 20% a un 50% más barata que la operación de una locomotora diesel - eléctrica, este ahorro es generado:

- Por la disminución de usos de lubricantes.
- Mejor aprovechamiento de la energía.
- La diferencia de costo entre kilowatt/hora suministrado por la línea de alta tensión y kilowatt/hora producido a bordo de una locomotora diesel - eléctrica, siendo generalmente más barato. ~(16)

Resumiendo el ahorro en la operación de las locomotoras eléctricas respecto a la operación con máquinas diesel en un lugar específico dependerá de los costos que se tengan por suministros de lubricantes y energía.

5.2.2 Mayor capacidad de arrastre.

Las locomotoras eléctricas tienen mayor potencia instalada por unidad y menor peso sobre motrices que las diesel, además, - permiten sobrecargas continuas hasta de un 15%. Por lo tanto, para efectuar el mismo trabajo se requieren menos locomotoras eléctricas debido a que una locomotora diesel sólo proporciona en la vía el -- 80% aproximadamente de su rendimiento, contrastando con el casi --- 100% de la potencia que proporciona la locomotora eléctrica, aún -- considerando su capacidad con sobrecarga.(17)

5.2.3 Posibilidad de usar distintas fuentes primarias de energía.

Un sistema de tracción electrificado tiene la ventaja de que su operación no depende exclusivamente del consumo de energéticos derivados del petróleo, ya que la energía eléctrica que requiere para su funcionamiento puede ser generada de otras fuentes primarias de energía. Tal es el caso de la electricidad; se puede obtener de hidroeléctricas, termoeléctricas, geotérmicas, nucleoelectricas, etc.

5.2.4 Mayor disponibilidad de las locomotoras.

El hecho de que el mecanismo de las locomotoras eléctricas sea menos complicado que el de las diesel hace que el tiempo -- necesario para su mantenimiento y/o reparación sea considerablemen-

te menor, lo que lo traduce en una mayor disponibilidad de las locomotoras.

La operación con locomotoras eléctricas significa una mejor utilización del equipo ya que el tiempo de recorrido es menor que una locomotora diesel. El ahorro del tiempo se obtiene eliminando el abastecimiento de agua y combustible y las inspecciones de cada corrida. Los factores anteriores sumados al hecho de que las locomotoras eléctricas requieren menor tiempo de servicio entre corridas y que sus reparaciones generales son menos frecuentes y de menor duración, se traducen en una mayor disponibilidad de las locomotoras eléctricas respecto a las de diesel.

5.2.5 Menores gastos de mantenimiento.

Por lo que se refiere al gasto de mantenimiento de los sistemas electrificados, se ha observado que estos difieren de un país a otro y de un ferrocarril a otro. Las cifras reportadas por varias fuentes indican que los gastos de mantenimiento para un sistema electrificado representan de un 30% a un 50% de los gastos que por el mismo concepto se tienen en un sistema diesel.....(18)

5.2.6 Menor contaminación.

En el aspecto de la contaminación ambiental, las locomotoras eléctricas también resultan ventajosas respecto a las diesel ya que son mucho más silenciosas y no emiten humos, por lo que su utilización es más atractiva principalmente en las áreas urbanas y suburbanas en donde los niveles de ruido y el envenenamiento del -- aire son factores que se deben manejar cuidadosamente debido a las repercusiones negativas que pueden tener para la salud del ser humano y de los demás seres vivos.

5.2.7 Recuperación de energía en zonas montañosas.

Otra de las características de los sistemas de operación electrificados es la posibilidad de que, teniendo datos confiables de energía consumida y demanda de los trenes en zonas de montaña, se puede optimizar el despacho de éstos para ahorrar consumos de energía y cargas de demanda máxima.

5.3 COSTOS COMPARATIVOS ENTRE TRACCION ELECTRICA Y TRACCION DIESEL - ELECTRICA.

La comparación de ambos tipos de tracción se hace en moneda nacional (M.N.), considerando los precios en dólares (U.S. de 1990 (sin escalación), según el tipo de cambio correspondiente al dólar controlado.

Considerando además, el costo de adquisición de la ma --
quinaria al momento de su compra.

El costo de una locomotora diesel - eléctrica de 3000 --
caballos de fuerza (Hp) es de \$ 5,075.00 millones M.N. (1'750,
000 U.S.).

El costo de una locomotora eléctrica de 5900 (Hp), --
(4400 kw), es de \$ 12,530.00 millones M.N. (4'320,690 U.S.).

A partir de los costos anteriores se tiene que el costo-
por Hp nominal en cada locomotora es:

TIPO DE TRACCION	COSTO * HP NOMINAL	
	U.S.	M.N.
Loc. Diesel - Eléctrica	583.33	1'691,667
Loc. Eléctrica	720.12	2'088,333

Lo que arroja una diferencia de \$ 396,666.00 M.N. o sea-
136.8 U.S. por Hp nominal, favorable a la locomotora diesel.

Considerando que la potencia real de las locomotoras --
diesel - eléctricas son en promedio del 20% y 5% respectivamente;-
menores que sus potencias nominales el costo resultante por Hp --
efectivo es de:

TIPO DE TRACCION	COSTO EFECTIVO * HP	
	U.S.	M.N.
Loc. Diesel - Eléctrica	729.17	2'114.593
Loc. Eléctrica	758.00	2'198.200

Por lo que el costo por Hp efectivo en una locomotora -- eléctrica resulta ser de \$ 83,607.00 M.N. o sea 28.83 U.S. más caro que el correspondiente a la locomotora diesel.(19)

En la determinación del costo de la energía consumida en la operación con tracción diesel - eléctrica y eléctrica, se considera que:

Para una equitativa comparación entre los dos sistemas - de tracción es indispensable que los consumos de energía o diesel, según el caso, sean valorizados bajo las mismas bases.

A continuación se determinarán los consumos de ambos --- sistemas.

Para un tren en recta y horizontal deben vencerse las -- fuerzas de fricción o resistencias al rodado. Estas son variables con la velocidad y otros factores, pero en promedio pueden estimarse en 4 kgs. por ton. Así se tiene que por tonelada - kilómetro bruta de tren más locomotora, se requiere un trabajo mecánico de -

4000 kgs.-mts. Para obtener la cifra equivalente por tonelada - - kilómetro bruta (t.k.br.) de tren arrastrado se puede considerar que, en promedio la locomotora representa un 15% del peso del tren de este modo, se tiene que el trabajo mecánico por realizar para - arrastrar una tonelada de tren a un kilómetro valdrá:

$$4000 * 1.15 = 4600 \text{ kgs.mts.}$$

A partir de esta cifra básica se determinarán los con -- sumos de energía y diesel para cada sistema.

a) Sistema electrificado.

Para la tracción eléctrica tenemos que la equivalencia - teórica entre energía eléctrica y trabajo mecánico es:

$$1 \text{ w.hr.} = 367 \text{ kgs.mts.}$$

Por lo que el consumo mínimo teórico por t.k.br. es de -

$$4600 / 367 = 12.6 \text{ w.hr.} / \text{t.k.br.}$$

Este consumo es para un tren en recta y horizontal, cabe hacer notar que los factores tales como: Consumo debido a las aceleraciones de los trenes, mayor consumo causado por las pendientes

ascendentes, consumo por maniobras en las estaciones.

Cabe hacer notar que todos estos factores afectan por --- igual a los diversos sistemas de tracción, por lo que se puede decir que son independientes del tipo de locomotora que arrastre el tren. Se estima que representan un sobrecargo sobre el valor básico mínimo que va de un 50% hasta un 150%, según las condiciones específicas de operación.

En promedio, se considera un 100% de recargo, con lo cual el consumo unitario será de:

$$2 * 12.6 = 25.2 \text{ w.hr. / t.k.br.}$$

Para evaluar el consumo de alta tensión en las subestaciones convertidoras, que es el que se paga a la compañía o empresa eléctrica, se deben considerar todas las pérdidas de transmisión, que se determinan a partir de los rendimientos medios siguientes:

- Transformadores	0.98
- Rectificadores	0.96
- Consumos auxiliares en subestaciones	0.97
- Catenaria	0.85
- Consumos auxiliares en locomotoras	0.95
- Motores de tracción	0.91

Por lo tanto, el rendimiento medio total de la transmisión será:

$$0.98 * 0.96 * 0.97 * 0.85 * 0.95 * 0.91 = 0.67$$

Con lo cual, el consumo medio efectivo del conjunto de la zona electrificada será:

$$25.2 / 0.67 = 37.6 \text{ w.hr. / t.k.br.} \quad \dots, (20)$$

b) Sistema diesel - eléctrico.

Esta locomotora sólo difiere de la eléctrica en que genera a bordo su propia energía, en lugar de recibirla de la línea de contacto.

Para encontrar la cifra del consumo de diesel por t.k.br. se deben considerar los diferentes rendimientos para la generación.

El consumo efectivo mínimo de un motor diesel de locomotora es del orden de 0.18 kgs. de diesel por Hp - hrs. Para referir este consumo a energía eléctrica necesaria en los motores de tracción, se debe tener en cuenta la pérdida de la transformación y --- equipos auxiliares que representan un 17%. De este modo, el consumo eléctrico equivalente, teniendo en cuenta que un Hp - hrs. = 1.341 - kw. - hrs., será:

$0.18 / 0.83 * 1.341 = 0.29$ kgs. de diesel por kw. - hrs.

Por su parte, el motor de tracción eléctrica tendrá un -- consumo de:

$25.2 / 0.91 = 27.7$ w.hrs. / t.k.br.

Por lo que el consumo unitario de diesel por t.k.br., teniendo en cuenta que un litro de diesel es igual a 0.84 kgs., será de:

$27.7 * 0.29 / 1000 = 0.008$ kgs. / t.k.br.

0.01 lts. / t.k.br.

El precio de la energía y diesel es de \$ 85.90 por kw. - hrs. (promedio) y de \$ 445.00 por litro, respectivamente.

aplicando estos precios a los consumos se obtienen los -- siguientes costos unitarios por t.k.br.

- Loc. Eléctricas $0.0376 * 85.90 = \$ 3.23$ / t.k.br.

- Loc. diesel eléc. $0.01 * 445 = \$ 4.45$ / t.k.br.

Comparando los costos unitarios anteriores se observa que el costo por consumo de energía resulta ser de \$ 1.22 / t.k.br.

más barato en el sistema eléctrico que en el diesel.

En resumen, los costos comparativos obtenidos para los -- tipos de locomotoras son:

TIPO DE LOCOMOTORA	HP EFECTIVO (\$)	T. K. BR. TRANSPORTADAS (\$)
Diesel		
Eléctrica	2'114,600	4.45
Eléctrica	2'198,200	3.23
Ahorro en las Eléctricas con respecto a las diesel	83,600	1.22

5.3.1 Costos de inversión inicial en catenaria, subestaciones, telecomunicaciones, señalización y locomotoras. (21)

Los costos en M.N. de la inversión inicial por kilómetro de electrificación a partir de los precios en dólares (sin escalación) serán.

a) Costos por kilómetro de electrificación, considerando los gastos asociados tales como: Talleres, C.T.C., etc.

COSTOS DE ELECTRIFICACION POR KM. DE VIA SENCILLA		
CONCEPTO	DLS. U.S.	M.N. (MILLONES)
Catenaria	147,285	427.1
Subestaciones	71,960	208.7
Telecomunicaciones	88,650	257.1
Señalización	170,695	495.0

b) Costos de inversión inicial en locomotoras.

Esta inversión depende directamente del tonelaje por transportar, que determina la cantidad necesaria de Hp efectivos por adquirir. En el punto 5.3 anterior, se determinaron los precios actuales por Hp efectivo para locomotoras diesel - eléctricas y eléctricas, resultando de \$ 2'114,600 y \$ 2'198,200 respectivamente.

A partir de estos costos se puede decir que la inversión inicial en locomotoras diesel es menor que en las locomotoras eléctricas.

5.3.2 Costos de operación y mantenimiento de instalaciones fijas.

Los costos medios anuales de operación y mantenimiento de las instalaciones fijas son:

- a) Subestaciones.- Se estima un gasto anual del 5.2% de valor de la inversión inicial.
- b) Catenaria.- Se considera un 5.2% anual de la inversión inicial de esta instalación.
- c) Telecomunicaciones y señalización.- Los gastos anuales de mantenimiento y operación son aproximadamente iguales en los dos sistemas de operación, por lo que en el análisis comparativo de costos no se toman en cuenta.
- d) Talleres.- Se estima que los costos de operación y mantenimiento de talleres también son equivalentes en los sistemas diesel - eléctrico y eléctrico, por lo que en la comparación de costos tampoco se consideran.

5.4 CALCULO DE UMBRALES O TONELAJES ERUTOS ANUALES A PARTIR DE LOS CUALES SE JUSTIFICA LA ELECTRIFICACION PARA DISTINTOS COSTOS DE OPORTUNIDAD.

La determinación del umbral se hará a partir del análisis de las principales variables que intervienen en la selección del sistema de tracción más conveniente, que son: Inversiones, cargos de capital y gastos de explotación.

- a) Subestaciones.- Se estima un gasto anual del 5.2% de valor de la inversión inicial.
- b) Catenaria.- Se considera un 5.2% anual de la inversión inicial de esta instalación.
- c) Telecomunicaciones y señalización.- Los gastos anuales de mantenimiento y operación son aproximadamente iguales en los dos sistemas de operación, por lo que en el análisis comparativo de costos no se toman en cuenta.
- d) Talleres.- Se estima que los costos de operación y mantenimiento de talleres también son equivalentes en los sistemas diesel - eléctrico y eléctrico, por lo que en la comparación de costos tampoco se consideran.

5.4 CALCULO DE UMBRALES O TONELAJES BRUTOS ANUALES A PARTIR DE LOS CUALES SE JUSTIFICA LA ELECTRIFICACION PARA DISTINTOS COSTOS DE OPORTUNIDAD.

La determinación del umbral se hará a partir del análisis de las principales variables que intervienen en la selección del sistema de tracción más conveniente, que son: Inversiones, cargos de capital y gastos de explotación.

a) Inversiones.

A parte de las inversiones en locomotoras, que dependen directamente del transporte por efectuar y cuyo monto por Hp efectivo se determinó en el punto 5.3 existen en los dos sistemas otras inversiones que dependen de la longitud del tramo de vía por atender.

Para el caso específico de la tracción eléctrica, estas inversiones son de consideración, pues comprenden la catenaria que se extiende a lo largo de la vía, y las subestaciones eléctricas que la alimentan.

Para ambos sistemas de tracción se tienen instalaciones auxiliares que dependen de la longitud de la vía como: casa de máquinas, talleres, depósitos de combustible y agua, telecomunicaciones y señalización, etc.

Para la tracción eléctrica se tiene que las inversiones en catenaria y subestaciones, según los costos dados en el punto 5.3.1, ascienden a \$ 635.8 M.N. (millones) por kilómetro de vía sencilla.

"En resumen, el total de inversiones " I " se puede representar por la siguiente fórmula:

$$I = Kt * T * K1 * L$$

donde:

T es el transporte anual (t.k.br.)

L es la longitud del tramo de vía (kms)

K1 es el coeficiente que relaciona la inversión inicial -
en el sistema diesel con la longitud del tramo.

Kt es un coeficiente que relaciona al transporte con la -
inversión y se valúa como $Kt = K'' * \text{precio del Hp}$ ---
efectivo de locomotora.

donde:

K'' es un coeficiente de utilización de la máquina, que --
depende de las condiciones específicas del tramo de -
vía, tipo de tráfico, etc., cuyos valores promedio muy
generales son:

SISTEMA DE TRACCION	VALOR DE K'' EN HP / T.K.BR.
Diesel - Eléctrica	0.000058
Eléctrica	0.000055

..(22)

Por otro lado, ya se ha determinado que los precios por -
Hp efectivo para locomotoras diesel - eléctricas son de \$ 2'114,600
y para eléctricas de \$ 2'198,200 respectivamente.

Así los valores de Kt para cada sistema son:

LOCOMOTORAS	K"	PRECIO POR HP	Kt (\$ / T.K.BR.)
Diesel - Elec.	0.000058	2'114,600	122.64
Eléctrica	0.000055	2'198,200	120.90

En cuanto al coeficiente K1, se considera solamente para la electrificación debido a que el sistema diesel no requiere de -- inversiones iniciales para estar ya en operación. Así tenemos que:

Para la electrificación K1 - 635.8 * 1000000 (M.N. / km)

Para el sistema diesel K1 - 0

b) Cargos de capital.

Los cargos o gastos anuales por concepto del capital invertido están constituidos por el interés y la depreciación.

El interés por cargar sobre el capital invertido es independiente del sistema de tracción. Se considera que un valor adecuado, según las condiciones actuales económico - financieras del país, es del 12% anual.

Para la determinación del cargo por depreciación se considera la siguiente vida útil de los equipos:

$$Ce = (0.12 + 0.033) (120.90 + 635'800,000L)$$

$$= 18.49T + 97'277,400L$$

c) Gastos de explotación.

1) Consumo de energía y combustible.- En el punto 5.3 se dijo que los precios promedio de la energía eléctrica y del diesel son:

Energía eléctrica \$ 85.90 / kw.hr.

Diesel \$ 445.00 / lt.

Con estos precios y los consumos unitarios determinados previamente los cuales son de 0.0376 kw.hr. / t.k.br. y de 0.01 --
 lts. / t.k.br. en locomotoras eléctricas y diesel respectivamente, se tiene que los gastos anuales (promedio) por consumo de energía y combustible son:

En locomotoras eléctricas

$$85.90 * 0.0376 * T = 3.23T$$

En locomotoras diesel

$$445.00 * 0.01 * T = 4.45T$$

EQUIPO	VIDA UTIL (AÑOS)
Loc. Diesel - Eléctricas	25 - 30
Loc. Eléctricas	30 - 40
Catenaria y subestaciones	30 - 40

Así, el cargo o gasto anual de capital " C " será:

$$C = (i + a) I, \text{ o sea}$$

$$C = (i + a) (KLT + KIL)$$

donde:

i es el interés anual del capital - 0.12

a es la cuota anual de depreciación lineal del equipo, -
que se calcula como:

$$a = i / \text{Años de vida útil} \quad \dots(23)$$

Considerando la menor vida útil de las señaladas ante --
riormente y los coeficientes Kt y Ki ya calculados, se tiene que -
los gastos de capital para cada sistema serán:

Sistema Diesel - Eléctrico.

$$Cd = (0.12 + 0.04) (122.64) = 19.62 \text{ ton.}$$

Sistema Eléctrico.

2) Conservación y reparación.

Una forma racional de obtener los gastos de conservación y reparaciones de los equipos es refiriéndolos como porcentajes a los valores de adquisición respectivos. Así, los valores que engloban los gastos anuales por concepto de conservación y reparaciones generales y ordinarias de los equipos en función de sus valores de adquisición son:

Loc. Diesel	5 a 15%
Loc. Eléctrica	5 a 10%
Catenaria y subestaciones	5.2%

Los porcentajes anteriores se han obtenido a partir de los gastos reales por estos conceptos registrados en diferentes condiciones en el ámbito mundial.

Considerando el monto de las inversiones establecido en el punto 5.3.1 y el promedio de los porcentajes arriba señalados, se tiene que los gastos anuales por conservación y reparaciones, en función del transporte por efectuar, serán:

Locomotora Diesel.

$$0.10 * KtT - 0.10 * 122.64 - 12.26T$$

Locomotora Eléctrica.

$$0.075 * Kt - 0.075 * 120.90T - 9.06T$$

La catenaria y subestaciones, cuyo costo inicial es de \$ 635'800,000 por kilómetro, representarán un gasto anual por reparaciones y conservación de:

$$0.052 * 635'800,000 * L - 33'061,600L$$

donde:

L es la longitud del tramo de electrificación.

De esta forma, los gastos totales de conservación y reparaciones de la electrificación serán:

$$9.067T + 33'061,600L$$

En los incisos (a) y (c), se determinaron en función del transporte T o de la longitud de vía L, según corresponda.

En el cuadro siguiente se resumen estos resultados:

GASTOS ANUALES DE EXPLOTACION (\$ M.N.)		
EN FUNCION DEL TIPO DE TRACCION		
CARGO O GASTO	DIESEL	ELECTRIFICADO
Capital	19.62T	18.49T + 97'277,400L
Combustible o energía	4.45T	3.23T
Conservación y reparación	12.26T	9.06T + 33'061,600L
Total	36.33T	30.79T + 130'339,000L

La comparación de los gastos totales anuales de explotación de los sistemas diesel y electrificado nos indica que se debe preferir este último siempre que:

$$30.79T + 130'339,000L \leq 36.33T$$

donde:

$$130'339,000L \leq 5.54T$$

o sea:

$$T / L \geq 130'339,000 / 5.54$$

$$T / L \geq 23'515,859$$

Esta relación representa la intensidad o densidad de tráfico, que es el número de toneladas que pasan, en un año, por kilómetro de vía. Así cuando la intensidad de tráfico en un tramo determinado de vía sea mayor al promedio general calculado -- (que en este caso es de 23'515,859 t.k.br. / km.), convendrá electrificar. En caso contrario, resultará mejor el sistema diesel.

CAPITULO 6

CASA DE MAQUINAS

Debido a que después de cada recorrido, las locomotoras - necesitarán someterse a revisiones de rutina, con objeto de estar - siempre disponibles a la operación y considerando que deberán de -- garantizar absoluta seguridad, se instalará un taller " Casa de Má- quinas ", que se localizara en el Valle de México.

Su capacidad será de 4 locomotoras para mantenimiento co- rriente y de 2 locomotoras para inspecciones o reparaciones e im -- previstos.

El mantenimiento corriente será aquel en que la locomoto- ra permanezca en el taller desde una hora hasta un tiempo no mayor- de 15 días (inspección después de cada viaje, inspección mensual, - inspección cada 3 meses).

Las operaciones a realizar sobre las diferentes activida- des del mantenimiento estan basadas en las recomendaciones del fa - bricante de las locomotoras (General Electric), siendo estas las que se realicen sobre el techo, dentro de la caja y sobre los trucks

Para desarrollar lo anterior, se dispondrán 3 turnos de - trabajo, con un total de 34 personas por turno.

6.1 DESCRIPCION GENERAL.

Esta ubicada al oeste de el Valle de México en un área de 2,365 mts², es una edificación cuya composición esta dispuesta en 2 naves.

Una de ellas alberga la zona de fosas de mantenimiento -- corriente y la otra nave la fosa de revisiones anuales, la fosa de mancuernas y una compuesta por los diferentes talleres y oficinas.

En la primera de las zonas se tienen 2 niveles de andenes el primero será de concreto con acceso en cada extremo, siendo uno mediante escaleras y el otro por rampas, el segundo anden será metálico y estará apoyado sobre el anden de concreto con acceso controlado y con objeto de dar mantenimiento al techo de las locomotoras.

Estará constituida por los siguientes locales:

- Taller eléctrico.
- Local para equipo de compresión de aire.
- local para mantenimiento de baterías.
- Subestación eléctrica.
- Taller para pantógrafos.

- Taller para equipo electrónico.
- Taller de herrería.
- Taller para frenos.
- Taller mecánico.
- Almacenes de partes.
- Una vía con 2 posiciones para revisiones anuales equipadas con una fosa para mancuernas y una de revisión.
- Dos vías con 2 posiciones cada una, para mantenimiento ordinario y una fosa de revisión en cada vía.

Como complemento a la casa de máquinas, se desarrollarán 2 zonas de peines para accesos, salidas, maniobras, esperas y depósito de las locomotoras eléctricas; en una de las zonas de peines se debe de ubicar de acuerdo a la operación y trazo de las vías del área destinada a " lavados de las locomotoras " y otra adicional -- que correspondera al " arenero ", las cuales forman parte del mantenimiento, pero por su propio funcionamiento se requiere estar --- fuera de la casa de máquinas.

6.2 EQUIPAMIENTO.

6.2.1 Equipo para sacar mancuernas.

Este equipo servirá para sacar una sola mancuerna a la -- vez. Las mancuernas se desmontan completas con los motores de trac-

ción y los engranajes.

Este equipo dará servicio a una sola vía y las mancuernas sacadas son llevadas hasta una vía de servicio que se encuentra al lado.

El equipo que reubica las mancuernas se aloja en una fosa perpendicular al eje de vías, este equipo consiste en un carro que se desplaza a lo largo de la fosa sobre el cual se empotran 4 guías verticales; entre las guías se coloca la mesa porta rieles, que soportará un peso de 35 ton. a una velocidad de 20 kms. / hrs., que tiene una carrera vertical, el movimiento transversal se realizará por medio de motores eléctricos conectados a las ruedas del carro.

6.2.2 Gatos para levantar las locomotoras.

Estos gatos tendrán una capacidad de 50 ton. cada uno y una altura mínima de las mensulas con respecto al piso de 1.435 mts.

6.2.3 Grúa viajera.

Esta grúa tendrá una capacidad de 10 ton., se empleará -- para el levantamiento y traslado de piezas pequeñas y medianas de la casa de máquinas. Tendrá libertad de operación a todo lo ancho y largo de la misma, estará integrada a la fosa de revisiones anuales

ción y los engranajes.

Este equipo dará servicio a una sola vía y las mancuernas sacadas son llevadas hasta una vía de servicio que se encuentra al lado.

El equipo que reubica las mancuernas se aloja en una fosa perpendicular al eje de vías, este equipo consiste en un carro que se desplaza a lo largo de la fosa sobre el cual se empotran 4 guías verticales; entre las guías se coloca la mesa porta rieles, que soportará un peso de 35 ton. a una velocidad de 20 kms. / hrs., que tiene una carrera vertical, el movimiento transversal se realizará por medio de motores eléctricos conectados a las ruedas del carro.

6.2.2 Gatos para levantar las locomotoras.

Estos gatos tendrán una capacidad de 50 ton. cada uno y una altura mínima de las mensulas con respecto al piso de 1.435 mts.

6.2.3 Grúa viajera.

Esta grúa tendrá una capacidad de 10 ton., se empleará para el levantamiento y traslado de piezas pequeñas y medianas de la casa de máquinas. Tendrá libertad de operación a todo lo ancho y largo de la misma, estará integrada a la fosa de revisiones anuales

6.2.4 Grúa radial.

Esta grúa se utilizará para colocar piezas pesadas en los tanques de lavado y tendrá una capacidad máxima de levantamiento en el radio máximo de 350 kgs., correrá a través de un carril a base de estructura metálica apoyada sobre columnas de concreto.

6.2.5 Sistema de aire comprimido.

Se tendrá un sistema de aire comprimido con su red de tubería y accesorios para el sopleteado y utilización de las herramientas neumáticas para las reparaciones livianas de las locomotoras, este sistema manejará una presión de 7 kgs. / cm².

6.2.6 Equipo de oxiacetileno.

Este equipo se utilizará para cortar perfiles y chapas de metal.

6.2.7 Horno de recocido.

Será eléctrico y operará a una temperatura máxima de 500°C; se empleará para forjar y reconocer placas y perfiles de acero.

6.2.8 Fragua.

Esta fragua se instalará en la sección de herrería y se utilizará para calentar piezas pequeñas y medianas de acero, hierro fundido y metales no ferrosos, para una temperatura máxima de 300°C.

6.2.9 Soldadora eléctrica manual.

Esta máquina tendrá un rango de corriente de salida de 35 a 350 amperes, y una capacidad máxima de alimentación de 20 kva.

6.2.10 Torno paralelo.

El torno se utilizará para maquinar acero, metales no ferrosos y aleaciones de piezas de las locomotoras, con una potencia mínima del motor de 75 kw. y 36 velocidades de avance.

6.2.11 Fresadora universal.

Esta fresadora universal se utilizará para maquinar acero metales no ferrosos y aleaciones, también para cortar varios tipos de engranes. Se empleará para efectuar trabajos de piezas y pequeños lotes de producción, contará con 12 velocidades de avance, una potencia mínima del motor de 2 kw.

6.2.12 Sierra mecánica.

Esta sierra, se utilizará para cortar acero, metales no ferrosos y aleaciones. tendrá una longitud total de 45 cms., una potencia mínima del motor de 1.5 kw. y una velocidad de 900 r.p.m.

6.2.13 Taladro radial.

El taladro se utilizará para taladrar y barrenar orificios en piezas voluminosas y para realizar operaciones de fileteado con una capacidad máxima de 40 kgs. / mm²., 12 velocidades y una potencia mínima de 4 kw.

6.2.14 Taladros de piso.

En estos taladros el avance se debe de operar manualmente por una palanca de 4 brazos en cruz. La profundidad de corte se debe regular con un vernier; contará con una capacidad máxima de 40 kgs. / mm²., 5 velocidades y una potencia mínima de 0.7 kw.

6.2.15 Yunque.

Será hecho de acero forjado con la superficie de trabajo aplanada y endurecida, con un peso de 150 kgs.

6.2.16 Esmeriles.

Estos esmeriles se utilizarán para desbastar pequeñas --- piezas o afilar los diferentes tipos de herramientas, una de las -- piedras se utilizará para el esmerilado periférico y la otra para - el esmerilado de caras con 200 mm. de diámetro de las piedras y una potencia mínima del motor de 1 kw.

6.2.17 Montacarga.

Este montacarga tendrá una capacidad de levantamiento nominal de 300 kgs. y 2.50 mts. de carrera de levantamiento, con una velocidad de carga nominal de 12 kms. / hrs. y una velocidad de levantamiento de 15 kms. / hrs. El montacarga será de tracción eléctrica y tendrá baterías con capacidad suficiente para 8 horas de -- operación.

6.2.18 Locotractor.

El locotractor se empleará para mover las locomotoras --- eléctricas adentro de la casa de máquinas y a través del equipo de lavado, moverse sobre rieles con ruedas de acero y en camino con -- llantas, la conversión de ruedas de acero a llantas debe ser totalmente automática con mando desde el puesto de manejo del locotractor.

tor. Este locotractor tendrá una capacidad de tracción de 4,000 kg. y una velocidad máxima sobre rieles de 25 kms. / hrs. y una velocidad máxima en caminos de 15 kms. / hrs. El locotractor será impulsado por un motor de gasolina con 4 velocidades adelante y 4 velocidades atrás.

6.2.19 Equipo para lavar locomotoras eléctricas.

Este equipo servirá ya sea para un lavado rápido o para un lavado periódico más profundizado durante el cual se limpian los óxidos en las superficies y se quite la película viscosa de moléculas insolubles que se forman en alguna parte de la locomotora. Este equipo puede lavar los lados y el techo de las locomotoras. La locomotora será jalada durante el lavado por medio de un locotractor o locomotora diesel - eléctrica.

6.2.20 Arenero.

Este arenero tendrá una capacidad de secado de 2.5 mts³ / hrs., un depósito de almacenamiento de 10 mts³ y 2 depósitos de distribución de 2.5 mts³ cada uno. El arenero se compone de los siguientes equipos:

- Un secador rotativo.
- Un depósito de almacenamiento.

- Dos depósitos elevados de distribución.
- Dos soportes para los depósitos de distribución.
- Un conducto de aspiración.
- Un sistema conductor.
- Un tanque para almacenamiento de diesel.
- Un transportador para arena.

6.3 ACCESORIOS.

6.3.1 Bancos de trabajo.

Estos bancos se instalarán en los diferentes talleres de la casa de máquinas, en donde se realizan trabajos generales de inspección y reparación relativos al taller en donde se encuentran localizados. Estos se ubicarán en: 1 taller para el pantógrafo, 1 para soldar, 2 para el taller electrónico, 4 para el taller eléctrico y 8 para el área de trabajo.

6.3.2 Lockers.

Los lockers se encontrarán en los diferentes talleres de casa de máquinas se utilizarán para almacenar herramientas y equipos varios de diferentes dimensiones, soportarán por repisa una carga de 600 kgs. / m².

6.3.3 Estantes.

Los estantes se instalarán en los diferentes talleres y -
estarán 4 en el almacén general, 12 para los talleres y 1 para al -
macenar barras.

6.3.4 Carritos porta herramienta.

Los carritos porta herramientas serán de hojas de acero y
deberán recibir el mismo tipo de tratamiento que los lockers.

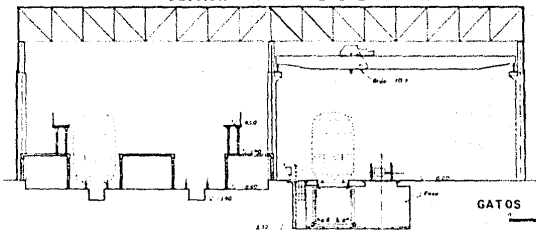
6.3.5 Extintores portátiles.

Estos extintores serán de tipo cilíndrico con gas carbó -
nico o polvo químico y serán pegados a la pared o a las columnas y -
estarán repartidos en la casa de máquinas.

6.3.6 Lote de herramientas de mano y accesorios.

Las herramientas serán de acero al cromo vanadio, y cada -
taller contará con el tipo de herramientas adecuado, según la nece -
sidad de cada uno en particular.

SECCION TRANSVERSAL



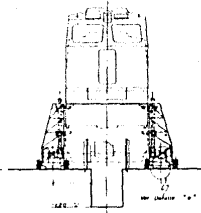
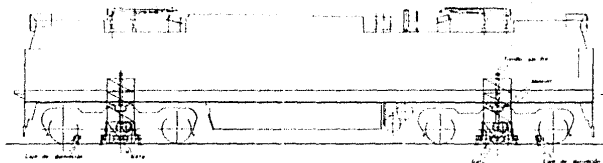
DETALLE



GATOS PARA LOCOMOTORAS

VISTA FRONTAL

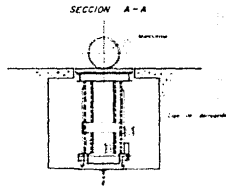
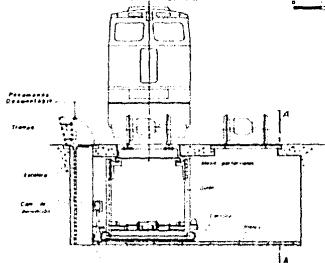
VISTA LATERAL



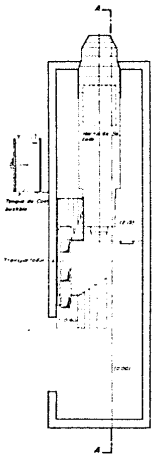
EQUIPO PARA MANCUERNAS

VISTA FRONTAL

SECCION A-A



TESIS
 LINEA FERROVIARIA
 ELECTRIFICADA
 MEXICO QUERETARO



PLANTA

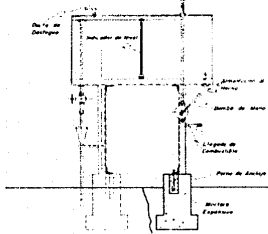


ARENERO

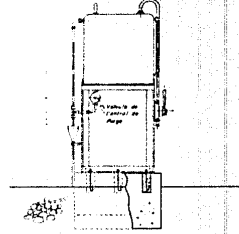


DEPOSITO DE COMBUSTIBLE

VISTA FRONTAL



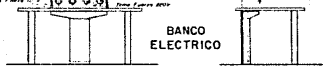
VISTA LATERAL



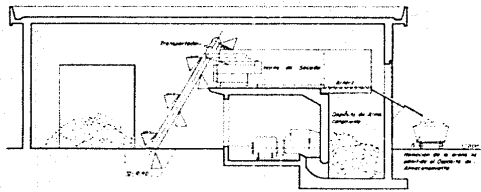
VISTA FRONTAL

Tramés Frontal 1950, Pista Lateral 1950, Pista Lateral 1950

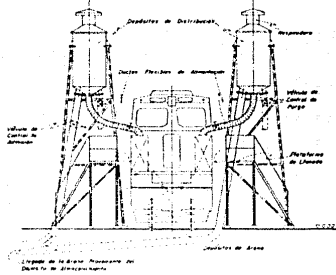
VISTA LATERAL



SECCION A-A



VISTA FRONTAL



TESIS
 LINEA FERROVIARIA
 ELECTRIFICADA
 MEXICO QUERETARO

CONCLUSIONES

En virtud del preponderante papel de integración que desempeña el sector transporte, al permitir el intercambio de bienes y servicios entre las distintas regiones del país, y para la actual y fuerte competencia que la modalidad del autotransporte representa para el ferrocarril.

Sobre todo si consideramos que el usuario busca seguridad regularidad, rapidez y economía en la prestación del servicio, se hace necesario el replanteamiento total de sus operaciones, como punto de partida hacia una pronta modernización de el sistema.

Es necesario crear conciencia del lamentable hecho que en los últimos 30 años, la evolución del ferrocarril en México registro de manera significativa la sustitución de la fuerza tractiva de vapor por la diesel - eléctrica, mientras que a nivel mundial se han dado avances importantes, bastando para ello mencionar la electrificación en general.

El movimiento de los trenes sobre la vía se realiza en general, a base de las órdenes de tren expedidas por el despachador, basadas estas en reglamentaciones rígidas de operación escritas por telegrafistas en el momento de su transmisión y dirigidas al conductor y al maquinista de un tren ó al propio telegrafista para el caso de restricción del movimiento.

En la mayoría de los casos se usan telegrafos manuales que pueden ocasionar fallas de interpretación en la transmisión de las órdenes, lo que en realidad no permite garantizar plenamente la seguridad.

Sin embargo las perspectivas y los avances tecnológicos incluidos en este nuevo sistema permitirá la modernización y extensión de la señalización y las comunicaciones, como un complemento básico ligado directamente a la seguridad y operación eficiente, cuyo propósito fundamental es prevenir la colisión de trenes y controlar su velocidad.

La señalización permitirá emitir automáticamente órdenes a través de señales luminosas dispuestas en la vía, dando autorización ó restricción de movimiento en función de la detección que por medio del propio sistema se hace de otro tren en la zona de análisis.

Resulta importante el avance en cuestión de comunicaciones, debido a que juegan un papel preponderante en la seguridad de la operación, razón por la que la elección del sistema, es aquella que considera menores posibilidades de falla.

Hablar de telemando y telecontrol unificados en una consola central, para controlar de esta manera toda una línea, se habla de un medio por el cual, se garantiza una eficiente comunicación entre todos los puntos importantes de la vía, así como entre los controladores, estaciones y los conductores del equipo tractivo permitiendo, así una coordinación de las funciones de operación y mantenimiento.

En lo que respecta al equipo tractivo, la confiabilidad en las locomotoras, requiere de el empleo de nuevas técnicas para la detección y corrección de fallas. Una nueva técnica es la aplicación de componentes modularizados de estado sólido en el diseño y fabricación de los equipos. así como en la aplicación de sistemas computarizados para el diagnóstico y control de las fallas de manera automática, y además la utilización de una locomotora eléctrica no produce humos y es más silenciosa, lo que contribuye a disminuir la contaminación ambiental, sobre todo en zonas urbanas.

La electrificación de una línea ferroviaria requiere de fuertes inversiones en instalaciones fijas, cuya rentabilidad depende principalmente de las economías de inversión, de equipo ---tractivo y explotación, relacionados directa ó indirectamente al ---tráfico, por lo tanto, las líneas de mayor tráfico son las que ---tienen mayores posibilidades de ser electrificadas.

El costo de la electrificación de una línea de vía sencilla ó doble no es proporcional al kilometraje, por el contrario, puede variar de manera significativa, por las siguientes razones:

- La electrificación de una línea de perfil accidentado es más costosa que la de una línea en llanura ó planicie.
- La existencia de un mayor número de estaciones, libramientos, vías de servicio, etc., influyen de manera significativa en el costo de electrificación.
- El costo de la alimentación en energía eléctrica puede variar de manera muy importante de una línea a otra -- debido a la existencia ó no de líneas comerciales de -- transmisión cerca de los lugares de implantación de -- las subestaciones.

Por lo tanto debido a la necesidad de racionalizar el uso de los energéticos, y dada la tendencia al alza en el costo de los combustibles diesel. Resulta inevitable el uso de las locomotoras eléctricas, ya que a pesar de las grandes inversiones requeridas en infraestructura, a un largo plazo resultan ser más convenientes por tener una mayor vida útil y además de ser menor el costo de mantenimiento con respecto a las locomotoras diesel.

Es por ello que la electrificación y automotización ferroviaria en México, traerá a largo plazo resultados muy positivos tanto en el aspecto de operación evitando así imponer severas restricciones a los trenes por el cumplimiento de sus itinerarios, como en el consumo de energéticos.

Es importante hacer notar que aunque la electrificación en México puede decirse que se introdujo anticipándose a muchas otras reformas, que de hecho debe sufrir el sistema ferroviario, esta introducción contará con innumerables ventajas que se reflejarán en una mayor confiabilidad del servicio, en la transferencia de tecnología de otros países altamente desarrollados y en la creación de nuevas técnicas de fabricación que beneficiarán a la industria nacional.

Al presentar en este trabajo información actualizada que describe en forma general la secuencia de una electrificación ferroviaria, esperamos por consiguiente poder animar a otros a realizar estudios con mayor profundidad sobre el tema, así como compilar objetivamente la continua actualización de los conceptos más importantes referidos a electrificación ferroviaria.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- " Análisis de vías electrificadas México - Querétaro " -- Dirección General de Ferrocarriles en Operación --
- 2.- " Anexos técnicos " Vol. 1 al 15 -- WABCCO --
- 3.- " Artículos técnicos de tracción eléctrica " -- Ansaldo Transporti S.P.A. --
- 4.- " Casa de máquinas para locomotoras eléctricas " -- ISTME --
- 5.- " Descripción del sistema de alimentación a la catenaria del tren eléctrico México - Querétaro " -- Ansaldo de México --
- 6.- " Descripción del sistema de señalización adquirido " -- Secretaría de Comunicaciones y Transportes --
- 7.- " Electrificación " -- Ferrocarriles Nacionales de México --

- 8.- " Electrificación ferroviaria "
-- ISTME --
- 9.- " Electrificación de la doble vía México - Querétaro "
-- Dirección General de Vías férreas --
- 10.- " Especificaciones técnicas " Vol. 2 Equipo Electromecánico
de la Casa de Máquinas
-- Grupo ELC, Ingeniería Mexicana --
- 11.- " Estudio de Factibilidad de Electrificación de las Princi-
pales Vías Férreas del País "
-- Cía. IMPLAN --
- 12.- " Estudio Financiero - Económico para la Electrificación
de la Nueva Vía Doble México - Querétaro "
-- Ramón Moysen Morales -- P.N.M
- 13.- " Ferrocarriles "
-- Francisco M. Togno -- Ed. C.E.C.S.A
- 14.- " Ferrocarriles, Curvas y Desviaderos "
-- Sarrazín, Obereck -- Ed. Barcelona
- 15.- " Ferrocarriles un Transporte con Filosofía "
-- P.N.M. --
- 16.- " Fundamentos de Sistemas de Transporte "
-- Oliart F.W -- Ed. Chicago

- 17.- " Historia y Evolución de los Ferrocarriles " -- Ferrocarriles Nacionales de México --
- 18.- " Introducción al Ferrocarril Eléctrico " -- Michio Fukushima -- Ed. JICA
- 19.- " La Electrificación Ferroviaria en México " -- Ferrocarriles Nacionales de México --
- 20.- " Manual de Replanteo en Ferrocarriles " -- Secretaría de Comunicaciones y Transportes --
- 21.- " Manual del Ferelettrico " -- Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani --
- 22.- " Manual de Conservación y Rehabilitación de Vía " -- Ferrocarriles Nacionales de México --
- 23.- " Movimiento de Tierras " -- H.L. Nichols. Jrs. -- Ed. C.E.C.S.A
- 24.- " Puntos Tecnicos del Sistema de Contacto Elevado de Corriente Alterna " -- ken - ichi Takahi -- Ed. Agencia de Cooperación Internacional del Japón
- 25.- " Reparación y Conservación en Talleres " -- Clemenst. Richard -- Ed. Bilbao

- 26.- " Resumen sobre los Antecedentes y Estado que Guarda el Proyecto de Electrificación de la Doble Vía México - Querétaro "
- Ferrocarriles Nacionales de México --
- 27.- " Señalización Ferroviaria "
- Yoshito Yamoto -- Ed. JICA
- 28.- " Sinopsis de los Principales Eventos Realizados en la Electrificación de la Línea México - Querétaro "
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes --
- 29.- " Técnicas de Construcción " Tomo III, IV
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes --
- 30.- " Vía Férrea México - Querétaro. Viaducto Tula I y II y Puente Tula "
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes y Ferrocarriles Nacionales de México --
- 31.- " Vía Férrea México - Querétaro, la Ruta del Progreso "
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes --