



101
2ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"ANALISIS TECNICO-FINANCIERO DE
UN SISTEMA DE TRANSPORTE LIGERO
EN LA CIUDAD DE TIJUANA. B. C."

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

ALEJANDRO VAZQUEZ LOPEZ



DIRECTOR DE TESIS:

ING. LUIS ZARATE ROCHA

MEXICO. D. F.:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2597 88 1998



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-038/97

Señor
ALEJANDRO VAZQUEZ LOPEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. LUIS ZARATE ROCHA**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"ANALISIS TECNICO-FINANCIERO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE LIGERO EN LA CIUDAD DE TIJUANA, B. C."

- INTRODUCCION**
- I. ANTECEDENTES**
 - II. ANALISIS DE LOS SISTEMAS TECNICO, FINANCIERO Y SOCIOECONOMICO**
 - III. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**
 - IV. PROGRAMA Y PRESUPUESTO DE INVERSION**
 - V. CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 27 de junio de 1997.
EL DIRECTOR


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP*lmf

**A mis papás y a mi hermana,
con todo mi cariño.**

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi mayor gratitud a las personas que me han apoyado para el desarrollo de este trabajo. Su guía, estímulo y tiempo han hecho posible su realización:

Al Ing. Luis Zárate Rocha

Al Ing. Enrique López Hernández

Al Ing. Jorge Iturbe Gutiérrez

Al Sr. Jaime Vargas Villa

Al Ing. José de Jesús Cruz Manzano

Al Ing. Alfonso Guyot Ayala

Al Ing. René Pacheco Mata

Al Arq. Gilberto López García

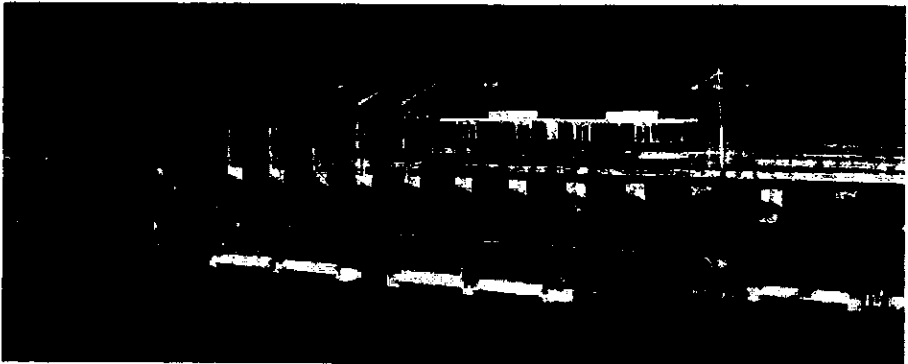
A Virginia González Valencia

Al Ing. Alfredo Sánchez Gómez

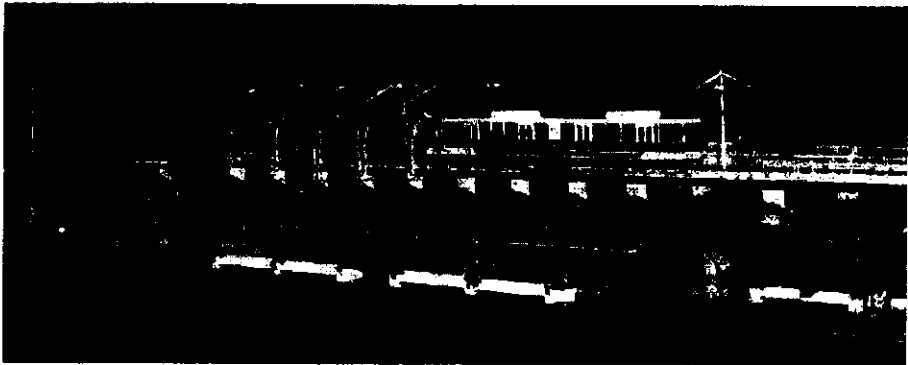
A Mary García García

Al Ing. Alejandro Martínez Paredes

**ANALISIS TECNICO - FINANCIERO DE UN SISTEMA DE
TRANSPORTE LIGERO EN LA CIUDAD DE TIJUANA, B.C.**



**ANALISIS TECNICO - FINANCIERO DE UN SISTEMA DE
TRANSPORTE LIGERO EN LA CIUDAD DE TIJUANA, B.C.**



INDICE

	PAG.
1. INTRODUCCION	3
2. ANTECEDENTES	5
2.1).- HISTORICOS	7
2.2).- SOCIOECONOMICOS	11
3. ANALISIS DEL SISTEMA	16
3.1).- VIALIDAD Y TRANSPORTE	17
3.1.1).- MARCO FISICO	18
3.1.2).- ANALISIS SOCIOECONOMICO	19
3.1.3).- MOVILIDAD	20
3.1.4).- ANALISIS DE LA DEMANDA DE PASAJEROS	21
3.2).- ANALISIS TECNICO	28
3.2.1).- MEDIOS DE TRANSPORTE URBANO	28
3.2.2).- CARACTERISTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE	29
3.2.3).- COMPONENTES FISICOS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE.....	33
3.3).- SISTEMA DE TRANSPORTE. TREN LIGERO	36
4. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	39
4.1).- DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	40
4.1.1).- CARACTERISTICAS GENERALES DEL SERVICIO.....	46
4.1.2).- MATERIAL RODANTE. VEHICULO PROPUESTO	49
4.2).- PROYECTO URBANO	52
4.2.1).- PROYECTO GENERAL DE LA LINEA	52
4.2.2).- REGENERACION URBANA Y VIALIDAD	57
4.2.3).- DISEÑO DE ESTACIONES	59
4.3).- PROYECTO ESTRUCTURAL	65
4.4).- ASPECTOS DE MECANICA DE SUELOS	69
4.5).- PROYECTO ELECTROMECHANICO	70
4.6).- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PROPUESTO	74
4.7).- SEGURIDAD, SEÑALIZACION, CONTROL Y TALLERES	78
4.8).- SOLUCIONES ESPECIALES	82
4.8.1).- OBRAS INDUCIDAS	86
5. OPERACION DEL SISTEMA	90
6. PROGRAMA	93
7. ANALISIS FINANCIERO Y DE INVERSION	95
8. CONCLUSIONES	100
9. BIBLIOGRAFIA	105

1.- INTRODUCCION

INTRODUCCION

La ciudad de Tijuana, B.C. es la urbe que presenta el mayor crecimiento poblacional en México, con una tasa del 6.7% anual. De igual forma, es la ciudad más visitada del país.

Tijuana se ha caracterizado a lo largo de los años como una ciudad eminentemente turística; sin embargo, actualmente es una de las ciudades maquiladoras más importantes, dado el gran impulso como fuente de trabajo que ha tenido.

El presente trabajo tiene como propósito plantear una propuesta técnica-financiera para la construcción, mantenimiento y operación de la primera Línea del Tren Ligeró de la Ciudad de Tijuana B.C., para la prestación del servicio público de transporte de pasajeros.

La propuesta abarca antecedentes, información documental y de campo, estudios de la demanda de pasajeros y de mercado, propuesta de trazo y perfil de la línea, soluciones técnicas y constructivas, dimensionamiento y especificaciones técnico-funcionales del sistema requerido para la operación, valuación del proyecto y planteamiento financiero que permita al Consorcio Constructor Operador y autoridades, la recuperación de la inversión a largo plazo.

Con base en estudios realizados previamente por las autoridades, el trazo propuesto para la Línea atenderá los principales corredores de transporte, así como las zonas de mayor congestión.

En la ciudad vecina de San Diego, California, existe un sistema de Tren Ligeró el cual tiene su estación terminal en la frontera con Tijuana, por lo que es importante lograr una conexión entre ambos sistemas, para eficientar y acrecentar las ventajas de esta propuesta.



2.- ANTECEDENTES

ANTECEDENTES

BAJA CALIFORNIA

La península de Baja California, aunque en general es de carácter árida, comprende en sí un terreno más variado de lo que comúnmente se cree. La columna vertebral de Baja California abarca varias extensiones montañosas con declinaciones hacia el oeste. La Sierra de San Pedro Mártir domina el norte, la Sierra de la Giganta el sur. En la primera, el Picacho del Diablo alcanza una altura de 3,071m., el cual es el punto más elevado de la península. Cerca del centro está el árido Desierto de Vizcaíno, pero hay otras áreas más exuberantes, particularmente la parte agrícola del norte y la tropical del sur.

TIJUANA

TIJUANA, B.C.	
Localización	32° 31' 41" latitud norte y 117° 02' 48" longitud oeste
Altitud	29 m.s.n.m.
Temperatura	Máxima: 23.4° C, mínima: 11.5° C, media: 17.6° C
Precipitación pluvial	210 mm. al año
Clima	Semi-seco, templado
Superficie municipal	29,333 ha.
Delegaciones del municipio	La Mesa, Rosario y San Antonio de los Buenos
CENSOS	1970 - 340,583 habitantes
	1980 - 461,257 habitantes
	1990 - 747,400 habitantes
Tasa de crecimiento	6.7 % anual

2.1).- ANTECEDENTES HISTORICOS

Los cochimíes ("hombres del norte") fueron los indígenas pobladores del territorio comprendido desde San Javier, La Purísima y Loreto hasta el extremo norte de la Península, en cuyo confín habitaban las siguientes ramas: los quiíhuas o cahuillas, en la sierra de San Pedro Mártir; los cocapás o cucapás, en la ribera del río Colorado; los dieguinos o escarbadores, al sur de la actual frontera con Estados Unidos; los país, en San Vicente; y los gimieles, en la región de Ensenada. Los únicos vestigios de esta subcultura son algunas pinturas rupestres en las cercanías de Tecate.

El 20 de abril de 1822, el coronel Vicente Sola y algunos representantes de la población civil californiana reconocieron al gobierno de Agustín de Iturbide y juraron la Independencia de México en el puerto de San Diego. En 1829 Santiago Argüello obtuvo del teniente coronel José María Echendía la concesión de seis sitios de ganado mayor en el lugar denominado rancho de Tía Juana; nunca aprovechó esas tierras, pero en 1846 el gobernador Pío Pico le confirmó los derechos. Ese año Estados Unidos le declaró la guerra a México. El 7 de julio cayó en poder de los norteamericanos el puerto de Monterrey, dos días después San Francisco y el 29 San Diego. El jefe político de la antigua California, coronel Francisco Palacio Miranda, se declaró neutral.

Terminado el conflicto, el 2 de febrero de 1848 se firmó el Tratado de Guadalupe Hidalgo, que devolvió a México la Península y trazó una línea imaginaria que dividió la Alta de la Baja California.

Los terrenos del rancho de Tía Juana quedaron al sur de la nueva frontera. En 1860 era una pequeña comunidad formada por las familias Argüello y Bandini. Los títulos de propiedad fueron confirmados por el presidente Juárez en 1861. A la muerte de Santiago Argüello, en 1862, quedó en posesión de esos bienes su viuda, Pilar Ortega. En 1864 Cecilio Zérega, presidente municipal de Frontera, con cabecera en Santo Domingo, nombró a José María Bandini juez de Tía Juana, con cuya designación inició la

localidad su vida política. El 6 de agosto de ese año se estableció una aduana y en 1879 se abrió la primera escuela. El 30 de junio de 1889 se definieron los linderos de las propiedades de las familias Argüello y Olvera.

El 28 de febrero de 1891 el río de Tía Juana tuvo la mayor de sus avenidas; la corriente abandonó su lecho y barrió por completo el incipiente caserío ribereño. Los vecinos se trasladaron a un lugar más seguro, el actual, y al parecer nació entonces el nombre de Tijuana. En 1900 el poblado tenía 242 habitantes, se le dio la categoría de subprefectura y se le señalaron sus límites: al norte, la línea divisoria internacional; al este, la población de Tecate y el valle de las Palmas; al sur, el límite norte de la sección Y; y al oeste, el Océano Pacífico.

En 1910 se instaló el alumbrado de petróleo y se fundó el periódico El Fronterizo. Vivían ya en Tijuana 733 personas, y al estallar en México el movimiento revolucionario, algunos grupos políticos y financieros norteamericanos pretendieron apoderarse de la Península. Coincidiendo con estos propósitos, el dirigente anarquista Ricardo Flores Magón, pidió a sus partidarios, desde Los Ángeles, que se sublevaran al margen de la revolución maderista. Las acciones de unos y otros, independientes al principio, y unidas después, suscitaron graves confusiones, pues llegaron a identificar los designios anexionistas con el objetivo de crear una utópica república de trabajadores. Tijuana fue teatro parcial de estos acontecimientos cuando el 9 de mayo de 1911 Carl Rhys Price, al frente de 180 hombres, se apoderó de la villa e izó la bandera de Estados Unidos. Su segundo, Louis James, proclamó el 2 de junio la República de Baja California y a Dick Ferris como su presidente. El día 3 el jefe magonista José L. Valenzuela fusiló a tres de los mercenarios; y el día 22, tras varios incidentes, las fuerzas federales del coronel Celso Vega recuperaron la plaza.

El 8 de marzo de 1917 se crearon las municipalidades de Tijuana y Tecate. Tres años antes había empezado a funcionar un pequeño rastro y se fundó la Compañía Eléctrica Fronteriza, propiedad de los señores Barbachano. El Congreso norteamericano votó el 18 de octubre de 1919 la llamada Ley

Seca, lo cual favoreció el desarrollo de Tijuana, que en 1921 ya tenía 1,028 habitantes. El 15 de octubre de 1925, el presidente Plutarco Elías Calles puso a la municipalidad el nombre de Zaragoza, que no prosperó, restituyéndosele el de Tijuana en 1929.

En 1926 se formó la Cámara de Comercio y se otorgó una concesión al general Abelardo L. Rodríguez para explotar las aguas sulfhídricas y termales de los manantiales del rancho de Agua Caliente. En marzo de 1928 empezó a construirse la presa Rodríguez en un punto próximo al kilómetro 17 del ferrocarril Tijuana-Tecate, en la confluencia del río de Tijuana con los arroyos Cueros de Venado y Matanuco.

Aún cuando el presidente Díaz había autorizado el juego desde diciembre de 1907, fue a partir de 1920 cuando esta práctica empezó a cobrar auge, asociada a la venta de bebidas alcohólicas y a otras diversiones y dispersiones. La prensa se multiplicó: aparecieron La Voz de Tijuana, El Diario Norte de la Baja California, semanario; El Nacional, Labor, el Mexican Herald y el Hispano Americano.

El 4 de julio de 1927 se constituyó en Mexicali la Compañía Mexicana de Agua Caliente, propietaria de los terrenos del antiguo rancho de ese nombre, donde se construyó el conjunto turístico más importante de la República, en junio de 1928, con asistencia de personalidades del mundo cinematográfico; contaba con casino, restaurante, salón de espectáculos y hotel, a los que se añadieron en 1929 un balneario y un galgódromo. Ese mismo año, el 8 de agosto, se constituyó el Jockey Club de Agua Caliente. A tono con la época, Agua Caliente se diseñó en varios estilos: afrancesado, art decó, e imitando la Alhambra. En 1937 el presidente Cárdenas puso fin a las actividades de la Compañía y entregó las instalaciones a la Secretaría de Educación Pública, las cuales fueron arruinándose hasta que en 1975 se demolieron los últimos vestigios. En junio de 1937 el propio Cárdenas creó la Zona Libre y en abril de 1940 decretó el fundo legal de la ciudad.

En 1950 Tijuana tenía ya 59,954 habitantes. El 16 de enero de 1952 se erigió el estado número 29 de la federación: Baja California. El primer

gobernador fue el Lic. Braulio Maldonado Sánchez; el primer presidente municipal de Tijuana el Dr. Gustavo Aubanel Vallejo y el primer representante de la SCOP en el estado el Ing. Enrique López Hernández. La municipalidad quedó limitada del siguiente modo: a partir del punto de unión de la línea internacional con el Océano Pacífico, hasta el Monumento 246; de allí al sur, a la Puerta de Tecate; al occidente, del camino a Ensenada hasta el rancho de Vallecitos, luego a la desembocadura del río San Miguel; y por el litoral del Pacífico hasta el punto de partida.

En ocasión de la Segunda Guerra Mundial tuvo un extraordinario desarrollo el estado norteamericano de California; Tijuana abrió entonces sus puertas al paso indiscriminado de extranjeros que relajaban al sur de la frontera las tensiones de los períodos de combate. Esta afluencia de visitantes en gran escala propició toda clase de negocios, principalmente aquéllos que la soldadesca exigía como servicio. A este fenómeno se añadió la contratación de mano de obra mexicana para suplir a quienes marchaban al frente; de modo que las ciudades fronterizas dieron albergue temporal a los braceros, muchos de los cuales radicaron en Tijuana, aprovechando las oportunidades de lo que llegó a llamarse el "vergonzoso período". El lapso más álgido de este desquiciamiento fueron los años de 1942 a 1948. En esa época definía a Tijuana la avenida Revolución, convertida en zona de tolerancia internacional; "la ciudad más visitada del mundo" recibía sin discriminación a militares, tratantes e inversionistas sin escrúpulos; y cuantiosas fortunas se formaron en esos años. Pero el orden fue volviendo poco a poco. En 1943 se prohibió el paso de militares uniformados a Tijuana. Las autoridades mexicanas redoblaron la vigilancia y fueron reprimiendo desórdenes, primero afuera y después dentro de las cantinas.

Hacia 1950 fue ya posible diferenciar la estructura estable y normal de las formas ocasionales y viciosas de la economía. La avenida Revolución fue perdiendo su brillo aparente y las inversiones se aplicaron a un comercio reglamentado de sana competencia, una industria turística organizada, fraccionamientos formales y una industria maquiladora a base de mano de obra mexicana y capital y tecnología exteriores.

2.2).- ANTECEDENTES SOCIOECONOMICOS

La mancha urbana de Tijuana se localiza en la porción Noroeste del Municipio del mismo nombre, teniendo dos colindancias bien definidas como lo son Estados Unidos al Norte y el Océano Pacífico como elemento hidrográfico al Oeste; al Sur barreras topográficas accidentadas y al Este zonas ejidales, siendo rebasada la barrera del Cerro Colorado.

En la actualidad la ciudad cuenta con un Centro Urbano en proceso de consolidación, el cual está compuesto por dos grandes núcleos definidos, como Centro Tradicional, y la Zona Río Tijuana. El primero de ellos se caracteriza por sus actividades predominantemente comerciales y turísticas; en tanto en el segundo se da el comercial, administrativo y de servicios. Las condiciones de ambos dan lugar a que se le pueda considerar como el Centro Urbano, debido a su proximidad y fácil comunicación vial.

La ciudad de Tijuana no cuenta con una estructura bien definida de barrios. La vivienda de buena calidad de construcción con todos los servicios de infraestructura, se localiza en las márgenes de la zona centro y en la franja transversal Sur del eje vial Agua Caliente y Díaz Ordaz; así como zonas bien definidas en la parte Este y Oeste.

En el medio ambiente se presentan problemas provocados principalmente por inundaciones a causa de las condiciones topográficas de la ciudad, manifestándose como consecuencia de la ubicación de asentamientos en zonas vulnerables por fenómenos hidrometeorológicos.

Muchos habitantes de Tijuana son residentes norteamericanos que viven al sur y trabajan al norte de la frontera. La influencia de estos emigrados es ostensible en el dialecto regional, pletórico de anglicismos; en el uso corriente del dólar; en el número de automóviles (el mayor, en proporción de toda la República); en el comercio dominical; y en el horario al uso en California. El incremento de este sector de la población se debe al establecimiento de fábricas de apoyo bélico en San Diego y sus

alrededores, que pagan salarios sensiblemente más altos que los nacionales.

Aunque Tijuana ha perdido en gran parte el movimiento turístico de años anteriores, ha ganado en el establecimiento de fuentes estables de trabajo, ha adquirido vida propia y se ha ido desligando de la influencia de Estados Unidos.

La canalización del río Tijuana para el aprovechamiento racional de su vega como un nuevo núcleo de asentamiento es el hecho que marca el inicio de una nueva etapa.

En 1937 la presa Abelardo L. Rodríguez fue construída para satisfacer las necesidades de una población de 60 mil habitantes, para regar 1,200 ha. y para proteger a la ciudad de las inundaciones provocadas por las corrientes del río Tijuana. A partir de 1941 se han utilizado también para uso doméstico los acuíferos del subálveo del río Tijuana, mediante pozos de rendimiento variable.

El crecimiento demográfico previsto en 1937 fue sobrepasado en 1950; en 1970 la población llegó a 340 mil personas, y 32,876 visitantes diarios en promedio.

Ante estos hechos y tendencias, se sobreexplotó el acuífero del río Tijuana, mientras se tendía el acueducto Misión-Tijuana, que empezó a operar en 1963 y pronto resultó insuficiente. Se resolvió entonces construir una desaladora de agua de mar con capacidad de 300 L por segundo, que trabajaba desde 1971, pero que tampoco resolvió las necesidades. Esto obligó a contratar con las autoridades del sur de California la conducción de agua del río Colorado a través de los sistemas norteamericanos, hasta agosto de 1977, mientras se terminaba el acueducto Río Colorado (Mexicali)-Tijuana, obra a cargo de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, con capacidad de 4 m³ por segundo, que al fin fue inaugurado en 1985.

La demanda de energía eléctrica se ha cubierto con la producción de la central termoeléctrica (307 Mw) y la planta de turbogas (63.4 Mw). El aeropuerto recibe y despacha vuelos de cobertura nacional e internacional.

El parque industrial Nueva Ciudad Tijuana alberga unas 100 empresas, y El Florido y el Internacional otras 50 cada uno. Trabajan 182 plantas maquiladoras, que en 1986 daban ocupación a poco más de 30 mil obreros.

Tijuana se encuentra servida en un 79% en equipamiento; se manifiesta carencia en cuanto a la capacidad instalada, principalmente de salud, educación, recreación, deporte, cultura, servicios urbanos; ya que existe una mala distribución de lo ya existente, encontrándose deficiencias especialmente en cañones y laderas, lo que genera conflictos respecto al desarrollo social de la ciudadanía, ya que existen zonas donde hay sobredotación de servicios y otras donde no se cuenta ni con lo más indispensable.

Síntesis de infraestructura.- La dotación del servicio de agua potable es aceptable y está resuelto el suministro a corto y mediano plazo con los programas Tjuana I y Tijuana II, así como el proyecto binacional, para la aceptación de sólidos; en lo que respecta a drenaje sanitario era marcado el déficit que existía, sin embargo con los proyectos Tijuana I y II se abatió considerablemente dicho déficit para 1995. En lo referente al servicio de energía eléctrica, se observa que es el de mayor cobertura con un 94% de población servida; aunado esto con los programas de obras proyectadas en el período 1992-1997, indica que este rubro va a la vanguardia de las demandas. En lo que respecta a pavimentación, alumbrado y pluviales, se encuentra con carencias debido en gran medida a lo agreste de la topografía de las zonas que dificulta e incrementa los costos de dotación.

En cuanto a vialidad y transporte se tienen grandes problemas. Las vialidades están mal planeadas y en malas condiciones, y las opciones en cuanto a medios de transporte son de mal servicio y no apropiadas para la ciudad. Aunado a lo anterior, el parque vehicular en esta ciudad es de gran

consideración, ya que se tienen registrados 167,000 vehículos, 46,400 camiones y 1,200 autobuses.

En lo que se refiere a la administración urbana se observa una creciente atención por parte de los organismos del ayuntamiento en el ordenamiento y control del crecimiento de la ciudad, su imagen y utilización del suelo, evitando que siga creciendo desordenadamente en áreas no aptas, como lo ha hecho; que exista incompatibilidad de usos y que se de la subutilización del suelo, por lo que se presume que en un futuro cercano se tengan resultados tangibles.

El impulso a la ciudad de Tijuana, prevé un importante crecimiento en los próximos años:

AÑO	HABITANTES	SUPERFICIE (has.)
1997	1'139,600	29,333
1998	1'261,647	33,820
2013	2'454,874	48,923

Actualmente Tijuana es la ciudad más visitada del país (de 25 a 30 millones de visitantes al año), dada su cercanía con los Estados Unidos, particularmente con el estado de California.

Del total de la población, el 58.8% labora en el sector servicios y el 39.6% lo hace en el de industria.

En cuanto a la capacidad económica, el Municipio cumple con las atribuciones que la Ley de Ingresos Municipales y la Ley de Hacienda Municipal le otorgan, sin embargo, es evidente que, a pesar de la responsabilidad fiscal de la ciudadanía y la disciplina presupuesta del Gobierno, actualmente los ingresos municipales resultan insuficientes para

satisfacer, cabal y oportuna, las crecientes necesidades de esta ciudad que se expande con ritmo acelerado.

La distribución de la población según estrato socioeconómico en la ciudad de Tijuana, es la siguiente:

POBLACION POR ESTRATO	%
Ingreso familiar superior a 45 salarios mínimos	5
Ingreso familiar entre 7 y 45 salarios mínimos	12
Ingreso familiar entre 4 y 7 salarios mínimos	19
Ingreso familiar hasta 4 salarios mínimos	64

SALARIO MINIMO EN TIJUANA A DICIEMBRE DE 1996: \$26.45

POBLACION	No. habitantes
Pob. económicamente activa ocupada	400,765
Pob. económicamente activa desocupada	9,744
Pob. ocupada en el sector secundario	152,107
Pob. ocupada en el sector terciario	228,341
Pob. trabajadora por cuenta propia	60,923
Pob. con menos de 1 S.M. mens. de ingreso	29,487
Pob. con más de 1 y hasta 2 S.M. mens. de ingreso	123,987
Pob. con más de 2 y hasta 5 S.M. mens. de ingreso	181,025

SISTEMA PARA LA CONSULTA DE INFORMACION CENSAL, INEGI, 1996

3.- ANALISIS DEL SISTEMA

ANALISIS DEL SISTEMA

3.1).- VIALIDAD Y TRANSPORTE

La ciudad de Tijuana presenta que su estructura vial es de forma irregular; su vialidad primaria está conformada por una columna vertebral formada por la Avenida o Boulevard Revolución-Agua Caliente-Salinas-Gustavo Díaz Ordaz, así como también cuenta con otra vía alterna, que es el Blvd. Insurgentes, en donde estos dividen la traza de la ciudad en dos partes teniendo ramificaciones que conectan a diferentes puntos de la misma; cuenta también con dos lineamientos que envuelven a la traza urbana tanto del lado oriente con el sur, los cuales hacen liga con la vialidad Cañada del Sol, uniendo así la isla formada por el fraccionamiento Playas de Tijuana, con el resto de la ciudad; por último existen otros boulevares que forman parte de estructura vial primaria que también son importantes pero con menor arraigo, como son el Blvd. Industrial, Blvd. Fundadores, Blvd. Cuauhtémoc, Lázaro Cárdenas; obteniendo un 17% del actual de total de vía codificado, así como un 30% de vialidades secundarias, las cuales dan acceso a todos los sectores de la ciudad, ramificadas a partir de las vialidades primarias.

Los flujos principales son: la zona comercial, centro, la garita de la zona centro, el frontón, la plaza de toros, la zona comercial río Tijuana, el hipódromo, el auditorio y la garita de Otay.

La problemática y deficiencias principales que se tienen en Transporte surgen por las siguientes causas:

- Una cobertura a gran escala, ya que casi toda la ciudad cuenta con servicio, pero es deficiente, debido a que sólo cerca del 40% de las calles están pavimentadas.
- Los congestionamientos en horas pico, principalmente en la zona río Tijuana, en Av. Revolución, en el Blvd. Agua Caliente, Gustavo Díaz

Ordáz y en la vía rápida poniente-oriente, a causa de los cruces y glorietas, así como en el sistema de semaforización en todas las arterias principales y secundarias.

- Las 295 rutas existentes de transporte público, que son demasiadas y a la vez no abastecen a todos los sectores de la población.
- El gran aglutinamiento de sitios de taxis en las calles 3ª, 4ª y 5ª, en entronque con el Eje Revolución.
- La problemática de estacionamiento en las líneas laterales de las avenidas y calles que reducen el número de carriles de circulación vehicular, trayendo pérdidas de tiempo/hombre.
- La no existencia de paradas fijas para taxis que traen consigo el congestionamiento, ya que paran en cualquier lado, entorpecen la circulación; como también la dirección y sentido de las arterias, ya que los peatones y vehículos tienen que hacer recorridos de tramos grandes para abordar y/o circular los vehículos.
- El gran número de vehículos tanto privados como públicos, provocando aglutinamientos por casi toda la ciudad.
- El acceso de las garitas de Otay y zona centro (San Isidro), así como también el congestionamiento de la avenida 5 y 10, ya que es un punto de colindancia hacia otras arterias.

3.1.1).- MARCO FISICO

El marco físico ha sido y es uno de los factores más importantes que han influido en el desarrollo de la ciudad:

La orografía de la zona es determinante, ya que forma varias cañadas donde se han establecido los asentamientos originales. Otro aspecto

importante es la hidrografía, ya que en la parte baja de estas cañadas u hondonadas existen cauces de agua como es el caso del Río Tijuana y el Río Alamar.

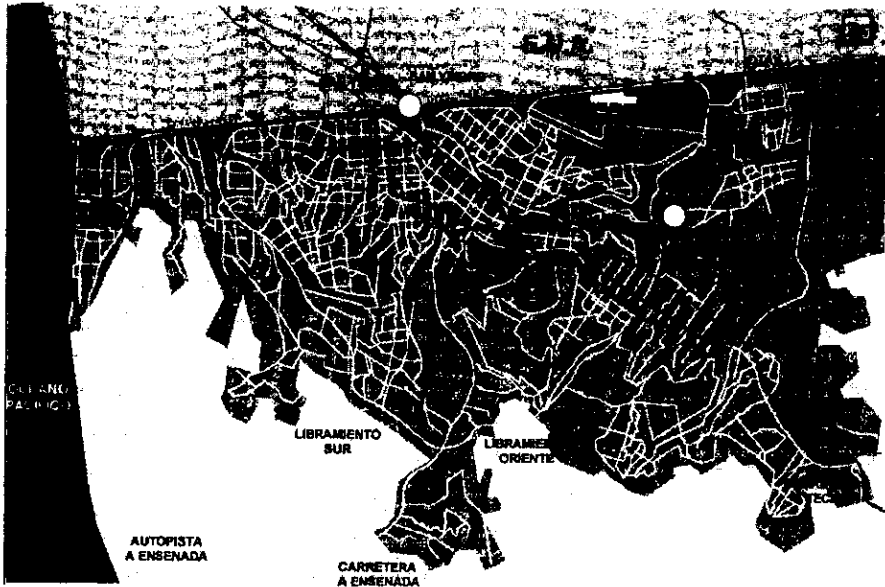
El crecimiento ha rebasado las barreras originales impuestas por el marco físico, extendiéndose a las colinas y mesas circundantes, lo que ha motivado un fraccionamiento de la infraestructura que se refleja en serios problemas de continuidad para la red de transporte de superficie existente.

3.1.2).- ANALISIS SOCIOECONOMICO

Los puntos más importantes, detectados al realizar un análisis socioeconómico detallado de la zona urbana de Tijuana para el planteamiento de esta propuesta, son:

- La actividad turística de la ciudad, se desarrolla principalmente a lo largo de la Av. Revolución, corazón comercial de Tijuana.
- La mayor parte de la actividad económica de la ciudad se registra a lo largo del Blvd. Agua Caliente.
- Existe la necesidad de contar con un enlace de transporte entre la ciudad de Tijuana y el estado norteamericano de California.
- De igual importancia es la conexión con el Trolley de San Diego y la terminal de autobuses.

PROGRAMA MAESTRO DE TRANSPORTE MASIVO



FUENTE: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL TREN LIGERO, H. AYUNTAMIENTO

3.1.3).- MOVILIDAD

Es necesario tomar en cuenta los resultados obtenidos de los estudios de movilidad; se presentan a continuación los resultados más importantes: (los estudios se detallan en el capítulo siguiente).

- En Tijuana se generan más de 1'500,000 viajes persona/día en promedio, de los cuales el 40% se realiza en automóvil, particular o de servicio público.
- Del total de viajes, 225,000 se realizan en el Blvd. Agua Caliente, corredor principal de la ciudad.

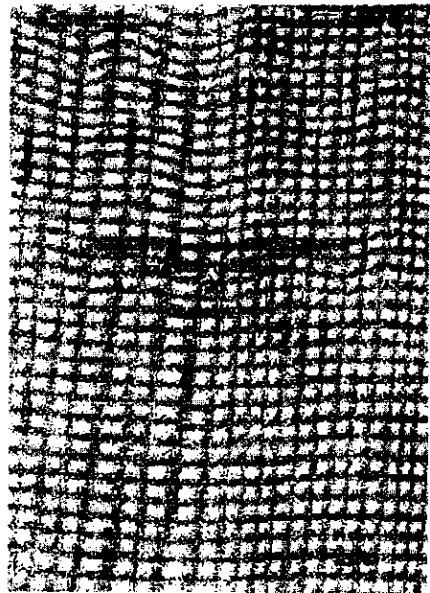
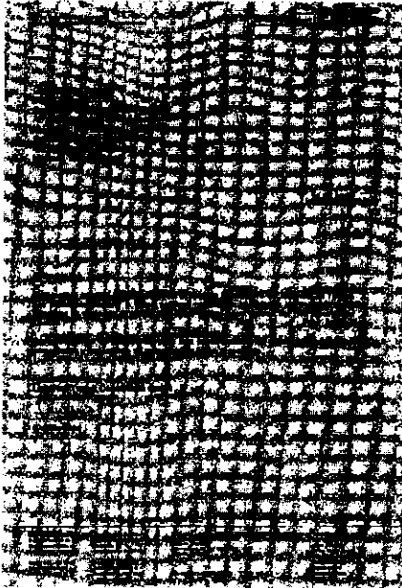
- Se tiene un intenso flujo de visitantes, cruzando diariamente la frontera, más de 96,500 personas, de la siguiente manera:
 - 64,500 en automóvil (en ambos sentidos)
 - 32,000 a pie (en ambos sentidos)
- Las tres principales demandas de los usuarios del transporte público son: seguridad, rapidez y comodidad.

Como ya se mencionó antes, la ciudad cuenta con sólo el 40% de sus vialidades existentes con pavimento; esto en época de lluvias contribuye a la incomunicación. Actualmente el Ayuntamiento está promoviendo la activación urbana, para aumentar la cobertura del servicio. Es importante señalar que las zonas que cuentan con pavimento coinciden con las áreas de menores pendientes topográficas, por lo que en un futuro deberá tomarse esto en cuenta, para que sea accesible el dotar de este servicio.

3.1.4).- ANALISIS DE LA DEMANDA DE PASAJEROS

El análisis de demanda presentado corresponde a una estimación preliminar, en una primera fase que está basada fundamentalmente en información de estudios de transporte, realizados en Tijuana por las autoridades, con apoyo de la Universidad de Baja California y firmas consultoras, como Barton - Aschman de Estados Unidos, Light Rail Transit Consultants GmbH, de Alemania; estos estudios deberán ser complementados por el Consorcio Constructor Operador (C.C.O.).

ESTUDIO DE LA DEMANDA DE PASAJEROS 1994



SITUACION ACTUAL DEL TRANSPORTE PUBLICO EN TIJUANA

El servicio de transporte público urbano de pasajeros en la ciudad de Tijuana, B.C., se brinda mediante unidades de diversos tipos: autobuses, calafias, y taxis libres y colectivos.

El parque vehicular de transporte público es de 7,330 unidades, constituidas por: taxis con una flota de 5,419, de los cuales 2,251 son automóviles y 3,158 vagonetas, con capacidad de 6 a 9 pasajeros sentados; 1,256 calafias con capacidad para 22 personas y 655 autobuses para 46 pasajeros.

ESTADO ACTUAL



VEHICULAR	Taxis	2251	VELOCIDAD MEDIA	COSTO DE PASAJE
PARQUE	Vagonetas	3158	20 - 25 Km/hr	Centro - San Martín \$ 2.20
	Autobuses	655		Centro - 5 y 10 \$ 4.40
	Calafías	1256		

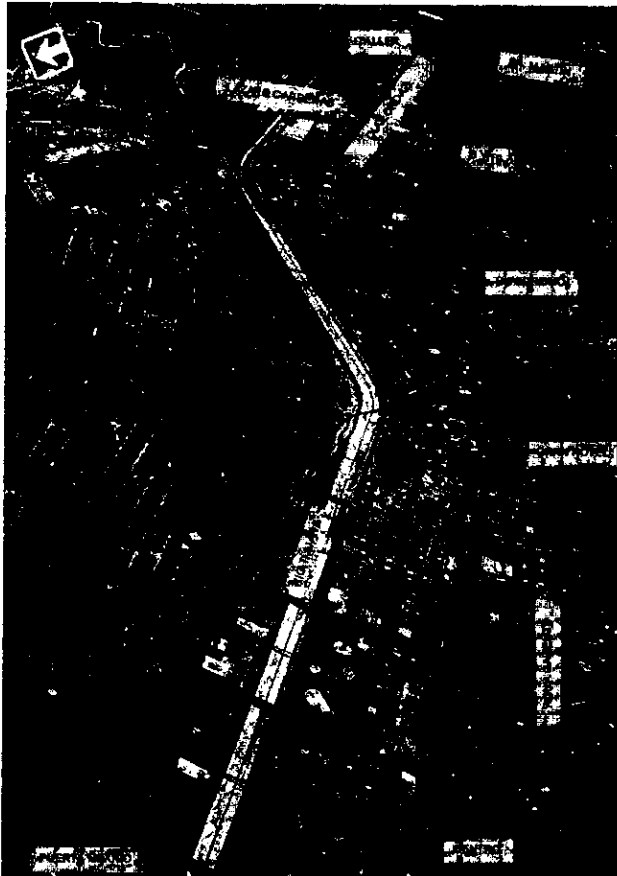
La tarifa de los taxis colectivos es de \$2.20, las calafías cobran \$2.00 y los autobuses \$1.70. Cabe destacar que la tarifa en los taxis colectivos se incrementa al doble en recorridos que inician en el centro y van adelante de la intersección 5 y 10.

El sistema de transporte está constituido por 52 organizaciones operadoras que tienen la concesión del servicio público en la ciudad de Tijuana; las cuales a su vez están conformadas por 6 empresas y 52 gremios ó sindicatos.

La red de transporte público está constituida por 164 rutas de taxis, 122 rutas de autobuses y calafías urbanas, y 19 rutas suburbanas.

De acuerdo a los estudios realizados en 1993 en la ciudad de Tijuana, se detectó una movilidad que asciende a 1'500,000 viajes persona día en promedio, de los cuales el 77% correspondían a transporte público y el 23% restante se realizaba en automóviles particulares.

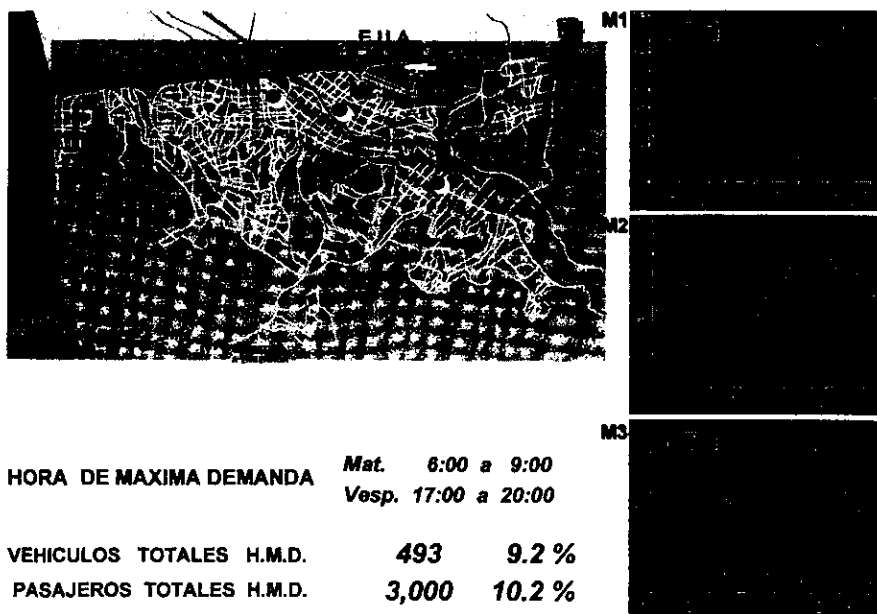
Una característica del servicio de transporte, es que el 75% del parque vehicular son unidades de baja capacidad (6 a 9 pasajeros); siendo conveniente para proveer un servicio cómodo y eficiente, brindar el servicio con unidades de mayor capacidad, evitando congestionar corredores y zonas ya saturadas; así mismo se observó alta concentración de transbordos en la zona centro de la ciudad y en las inmediaciones de la intersección formada por el Blvd. Díaz Ordaz y el Blvd. Lázaro Cárdenas (Intersección 5 y 10).



DEMANDA ACTUAL EN LOS CORREDORES COINCIDENTES CON EL TRAZO DE LA LINEA

A mediados de 1996, se realizaron estudios de transporte público en los corredores coincidentes con el trazo de la línea, para los que se consideró un área de influencia definida por una franja de 300 m a cada lado de la vialidad. Los estudios se realizaron con el propósito de actualizar la información recabada con anterioridad y corroborar la demanda potencial en los corredores: Revolución - Agua Caliente - Díaz Ordaz y vialidades paralelas a la vía del ferrocarril, desde las inmediaciones de la Garita hasta su intersección con el Blvd. San Martín.

DEMANDA DEL CORREDOR ACTUAL



De los inventarios de transporte realizados, el corredor que presenta una mayor concentración de rutas es Agua Caliente - Díaz Ordaz, con un total de 12 rutas que transitan en la mayor parte de su longitud; operando otras

13 que circulan en una menor longitud. En ellas se transportan diariamente del orden de 70,000 pasajeros en el corredor mencionado en transporte público.

Adicionalmente, se llevaron a cabo aforos vehiculares y peatonales en la garita de San Isidro, con la finalidad de cuantificar el número de personas y vehículos que cruzan la frontera en ambos sentidos, detectándose 42,000 peatones y 45,000 vehículos por día.

De esta manera, se concluyó que en el corredor se tiene una demanda potencial superior a 200,000 personas.

En paralelo, se llevaron a cabo encuestas que dan una aproximación de la tarifa aceptada; en donde se detectó, por ejemplo, que en la parte norte de la línea, en donde las personas pudieran estar más en contacto con un servicio similar como es el Trolley de San Diego, la decisión de transportarse en el Tren Ligero no es necesariamente función directa de la tarifa; mientras que en el extremo sur hubo opiniones de que el Tren debe costar menos que un autobús; de ratificarse con un estudio más detallado esta opinión, será una situación en la que el Concesionario-Constructor-Operador conjuntamente con las Autoridades, deberá trabajar.

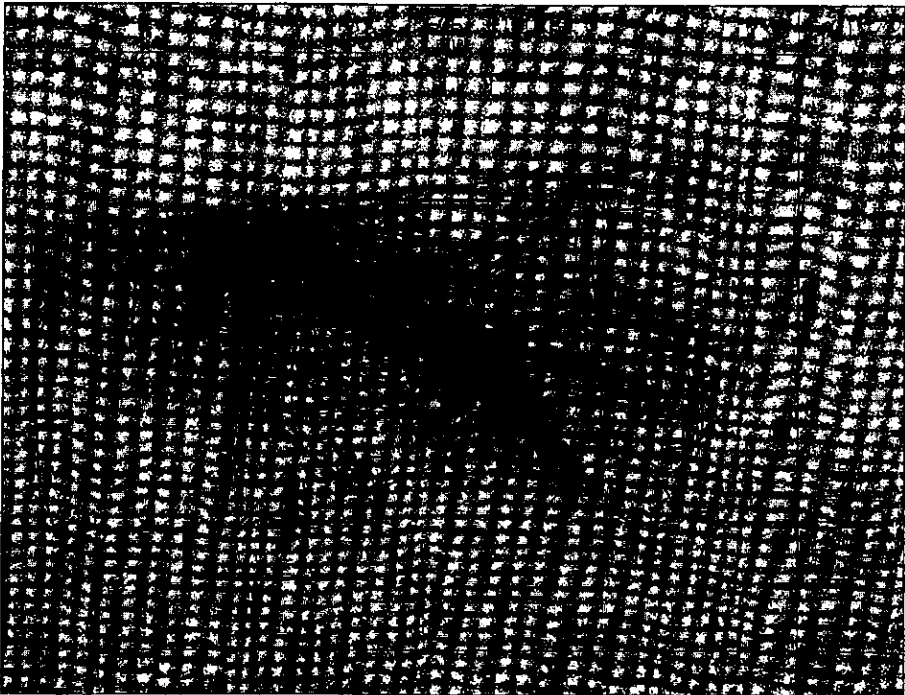
ANÁLISIS DE LA DEMANDA PARA EL TREN LIGERO

Con información del estudio realizado por el Gobierno del Estado y Barton Aschman se realizó una estimación preliminar de la demanda para el tren ligero, utilizando las matrices de viaje generadas originalmente por B. A. A., para los horizontes 2000 y 2010, las que tomaron como base encuestas de pasajeros a bordo del transporte público. Para su obtención, se hicieron proyecciones de uso del suelo y datos demográficos de 200 zonas de análisis de transporte en la ciudad.

La estimación de la demanda se efectuó mediante la aplicación de un modelo matemático canadiense, desarrollado para la simulación del

transporte ante diferentes escenarios (EMME/2), -que corre en computadoras de alto rendimiento, dado el gran volumen de datos a manejar-; con el cual se compararon tiempos de viaje y rutas alternativas. Mediante el algoritmo diseñado para este efecto se obtiene la asignación de viajes a las redes de transporte en las que se prevén diferentes consideraciones a futuro; (dentro de ellas, destacan predominantemente la reestructuración del servicio de transporte que interactuará con la línea analizada), obteniéndose la asociación del número de usuarios de transporte público que pasarían al tren ligero, en función de la reducción de esos tiempos de traslado. En este modelo se representó el funcionamiento del trazo y localización de estaciones para producir los escenarios de captación en el tren ligero a los dos horizontes de proyecto.

MODELO DE SIMULACION



La estimación de demanda diaria, se desarrolló para los dos componentes del trazo. La demanda promedio diaria estimada es la siguiente:

	2000
1. Línea 1 Completa (Tramos A y B):	80,000 pas/día
2. Línea 1 Parcial (Solo el tramo A)	60,000 pas/día

Estas proyecciones incluyen cerca de 23,000 personas diarias que cruzan la frontera a pie hacia la zona centro. En cuanto a la tasa de crecimiento se adoptó 2.5 % anual, menor que los estudios precedentes, y mucho menor al 6.7% con que crece la ciudad; escenario en el cual existirá el equivalente a otra ciudad de Tijuana en solo 10 años.

Cabe mencionar que con estos niveles de demanda, las rutas de transporte público existentes deberán modificarse y adecuarse racionalmente; así como la restricción de estacionamiento en la vía pública sobre las calles y avenidas en donde se alojará la Línea, para alimentar y complementar al tren ligero. Ello evitará la competencia innecesaria de autobuses, taxis, calafías y automóviles, con el sistema propuesto y dará eficiencia al sistema en su conjunto.

3.2).- ANALISIS TECNICO

3.2.1).- MEDIOS DE TRANSPORTE URBANO

De manera general, el transporte urbano puede ser clasificado por el tipo de servicio que presta o por el volumen de viajes que maneja. De acuerdo a la primer forma de clasificación, se tienen tres tipos de medios de transporte:

- Transporte privado, el cual se presta en vehículos operados por el dueño de la unidad, circulando en vialidad proporcionada, operada y mantenida por el Estado. Entre estos se encuentran: el automóvil, la bicicleta, la motocicleta y el peatón.
- Transporte de alquiler, el cual puede ser utilizado por cualquier persona que pague una tarifa en vehículos proporcionados por un operador, ajustándose a los deseos de movilidad del usuario. Entre estos servicios se encuentran: taxis, y en algunos casos los servicios colectivos.
- Transporte público, el cual es un sistema de transportación que opera con rutas fijas y horarios predeterminados, y que puede ser utilizado por cualquier persona a cambio del pago de una tarifa previamente establecida.

3.2.2).- CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

Las diferencias existentes entre un medio de transporte y otro se pueden establecer a partir de tres características:

- Tipo de derecho de vía.-

Es la porción de vialidad o superficie de rodamiento por donde circulan las unidades de transporte, incluyendo el peatón. Estos derechos de vía pueden presentarse en tres variantes diferentes, pudiendo a lo largo del trazo de la vialidad presentar uno o varios tipos, siendo éstos:

- Derecho de vía tipo C, el cual representa la vialidad en la que su superficie de rodamiento es compartida entre varios medios de transporte. Es decir, opera con tránsito mixto. Esta operación puede incluir tratos preferenciales en todo o algunas partes de su desarrollo. Como ejemplo típico se encuentran las vialidades de cualquier ciudad.

- Derecho de vía tipo B, el cual muestra una separación física longitudinal a través de elementos fijos, tales como barreras o guarniciones. Sin embargo, se mantienen los cruces a nivel con otros vehículos, así como con los peatones.

 - Derecho de vía tipo A, el cual muestra una separación física tanto longitudinal como vertical del derecho de vía, lo que evita cualquier interferencia entre vehículos y peatones. Este tipo de solución puede ser subterránea, elevada o a nivel; los casos más representativos son los sistemas de metro, las autopistas urbanas para el caso del transporte privado y los sistemas de autobuses guiados.
- Tipo de tecnología utilizada

La tecnología se relaciona directamente con dos aspectos principales: las características mecánicas de las unidades de transporte y las características del camino mismo. En algunos casos estas dos características están relacionadas entre sí y se tienen cuatro componentes principales a considerar:

- Soporte, el cual es el contacto vertical entre la unidad de transporte y la superficie de rodamiento sobre la que se transfiere el peso mismo del vehículo. Ejemplos de este soporte lo dan los neumáticos sobre el asfalto o concreto; la rueda de acero sobre el riel; el colchón de aire y el soporte magnético.

- Guía, la cual se refiere a la forma que permite controlar al vehículo en sus movimientos laterales, presentándose dos tipos fundamentales: los sistemas que son dirigidos desde el vehículo a través de un volante, como es el caso de un autobús, trolebús o automóvil o aquellos sistemas que su control lateral viene dado por las guías o rieles con que cuentan, como es el caso de un tren ligero, metro o autobús guiado. Una característica importante de la tecnología basada en el riel es que el conjunto rueda - riel permite combinar tanto el soporte como la guía de la unidad de transporte.

- Propulsión, la cual se refiere al tipo de unidad motriz con que cuenta el vehículo, así como el método de transferir las fuerzas de aceleración y desaceleración. Como tipo de unidad motriz se pueden citar los motores de combustión interna o los motores eléctricos; mientras que los métodos de transferencia de las fuerzas tractivas pueden ser a través de la fricción-adhesión, la magnética o por hélice.

- Control, la cual es la forma que permite regular los movimientos de las unidades de transporte que operan en un sistema, pudiendo ser manual - visual (operación de un automóvil); manual - señal (operación del tren ligero), o bien completamente automático (operación del metro).

- Tipo de servicio

El concepto de tipo de servicio se refiere básicamente a los tipos de rutas que se presentan en el sistema y a la forma y horario en que opera el sistema de transporte:

- Tipo de ruta, pueden ser de frecuencia intensiva, cuando se prestan servicios de baja velocidad con altas densidades de viajes dentro de pequeñas áreas, como lo son los servicios de transporte en aeropuertos. Asimismo, se tienen las rutas de transporte urbano, las cuales son las que cubren el servicio en una ciudad y, finalmente, las rutas de transporte regional o suburbanas que permiten obtener altas velocidades con pocas paradas a lo largo del trayecto, sirviendo a viajes de cierta longitud dentro de un área metropolitana.

- Tipo de operación, se puede clasificar en: servicio local, se presta haciendo uso extensivo de todas las paradas a lo largo de la ruta; servicio de paradas alternadas, el cual busca alternar el servicio en las paradas a lo largo de una ruta con el fin de acelerar la prestación misma del servicio y; el servicio expreso en que se buscan lograr velocidades comerciales altas mediante el espaciamiento de las paradas por arriba del promedio del sistema.

- Hora de operación, se puede clasificar a su vez en: horario regular, en el que se encuentran la mayoría de las rutas que conforman el sistema de transporte básico; horario pico, el cual se compone por rutas operadas durante las horas de máxima demanda, siendo generalmente radiales de la periferia al centro histórico y operando exclusivamente durante días hábiles. Finalmente, los servicios especiales que operan durante eventos, en casos de emergencia o bien, como servicios de transporte, contratados expresamente para un determinado viaje (por ejemplo, servicios escolares, turísticos o a maquiladoras).

A partir de estas características se clasifican a los medios de transporte y se consideran diferentes si difieren substancialmente en una o más de las tres características anteriores. Así por ejemplo, un trolebús y un autobús son medios de transporte urbano diferentes puesto que difieren en su tecnología, pero no existe una diferencia entre un autobús regular, un minibus y un articulado si los tres operan bajo las mismas condiciones.

A su vez, al comparar la tecnología y en especial su forma de guía, con el tipo de derecho de vía en que opera, se observa que los sistemas de transporte mejoran conforme pasamos de un derecho de vía a otro, a la vez de presentarse la necesidad de establecer una tecnología guiada. Esto conlleva a reclasificar nuevamente a los medios de transporte en cuatro clases genéricas, basando la misma en el derecho de vía en el que opera:

- Transporte de superficie, compuesto por aquellos medios de transporte que operan en calles con tránsito mixto. Ejemplo: autos y autobuses.
- Transporte semiconfinado, compuesto por aquellos medios de transporte que operan en vialidades reservadas pero que presentan cruces en sus intersecciones.
- Transporte confinado, representado por aquellos medios de transporte que operan con un derecho de vía exclusivo, segregado completamente de otras unidades de transporte y presentan altos rendimientos. Ejemplo: metro.

- Transportes especializados, presentan consideraciones especiales en cuanto a su derecho de vía, a su tecnología o a su forma de operar, encontrándose entre estos los funiculares, teleféricos y ferrys, entre otros.

3.2.3).- COMPONENTES FISICOS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

Un sistema de transporte se compone principalmente de tres elementos físicos:

- Vehículo. Son las unidades de transporte y normalmente su conjunto se describe como parque vehicular en el caso de autobuses y trolebuses y de equipo rodante para el caso del transporte férreo.

- Infraestructura. Está compuesta por los derechos de vía en que operan los sistemas de transporte, sus paradas y/o estaciones -ya sean terminales, de transbordo o normales- los depósitos, encierros o patios, los talleres de mantenimiento y reparación, los sistemas de control -tanto de detección del vehículo como de comunicación y de señalización- y los sistemas de suministro de energía.

- Red de transporte. Está compuesta por las rutas de autobuses, los ramales de los sistemas de colectivos y minibuses, y las líneas de trolebuses, tren ligero y metro que operan en una ciudad.

CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

Se debe distinguir entre lo que es la operación y el servicio de transporte. En el primer caso, se entiende por operación del transporte el punto de vista del prestatario, que incluye el establecimiento de horarios, la asignación de jornadas de trabajo o roles, la supervisión y operación diaria de las unidades de transporte, la recolección de las tarifas y el mantenimiento mismo del sistema. Por otra parte, se entiende por servicio la forma en que el usuario

cautivo, eventual y potencial ve el transporte e integra conceptos tales como la calidad y cantidad del servicio, la información que se le proporciona, entre otros aspectos.

Se conciben cuatro características que permiten distinguir y comparar diferentes sistemas de transporte entre sí, y el paquete seleccionado será aquel que muestre una mejor combinación de estas características, las cuales son:

RENDIMIENTO O DESEMPEÑO DEL SISTEMA

Es la forma en que se desarrolla el sistema de transporte y está definido su desempeño por varios conceptos, entre los que se encuentran:

- la cantidad de unidades que prestan el servicio de transporte durante un período de tiempo o frecuencia de servicio;
- la velocidad de viaje que experimentan los usuarios a bordo de una unidad o velocidad de operación;
- el porcentaje de llegadas a tiempo dentro de un margen aceptable o confiabilidad del servicio;
- la uniformidad de salidas de las unidades de transporte o regularidad del servicio;
- la seguridad del sistema en función del número de accidentes por año o kilómetro;
- el número máximo de espacios (capacidad ofrecida) o usuarios (capacidad utilizada) que las unidades de transporte pueden llevar a través de un punto durante un determinado período de tiempo o capacidad de línea;

- el producto de la velocidad de operación y la capacidad de línea, el cual integra un elemento básico que afecta al usuario (la velocidad), y otro que afecta al operador (la capacidad) y que permite comparar diversos medios de transporte o capacidad productiva;
- la productividad, la cual relaciona la cantidad producida y su unidad de insumo, como puede ser los vehículos-km entre una unidad de trabajo o una unidad de costo;
- la utilización de un sistema, en la cual se relaciona la producción y el insumo pero con unidades iguales o similares, como lo pueden ser persona-km entre espacio-km.

NIVEL DE SERVICIO

Esta categoría es una medida general que integra a todas las características del servicio de transporte que afectan al usuario. Este concepto es, por mucho, más complejo que el utilizado en el caso de las vialidades, ya que incluye aspectos del desempeño que afectan al usuario como lo son los relativos a la velocidad de operación, a la confiabilidad y a la seguridad del sistema.

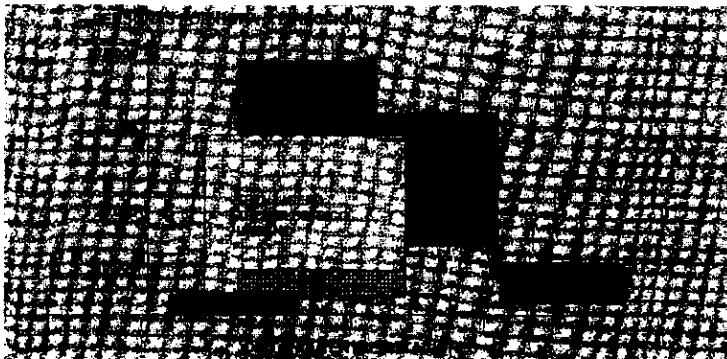
A su vez, aspectos referentes a la calidad del servicio tales como: la cobertura adecuada de la red, la limpieza y estética de las unidades, los itinerarios convenientes y publicados, los vehículos adecuados y la presencia de servicios rápidos, frecuentes y contables; son aspectos que permiten lograr mejores niveles de servicio. La velocidad se encuentra influenciada no solamente por el número de usuarios que utilizan una ruta de transporte, sino, en un mayor grado por la frecuencia de paradas y tiempos de abordaje, las interferencias del tránsito y el diseño y confinamiento del derecho de vía. Finalmente, otro aspecto que indirectamente afecta el nivel de servicio que se presta es el tarifario que se presenta en el sistema.

Desde el punto de vista de la capacidad, existen dos aspectos relativos al nivel de servicio que deben considerarse: uno es el número de pasajeros por unidad de transporte; y el número de vehículos por hora, los cuales deben ser reflejados por los criterios relacionados de la capacidad con los niveles de servicio.

Desde el enfoque de la capacidad vial, el número de vehículos puede estar cercano a la capacidad de la vía, aún cuando operaran casi vacíos. Por otra parte, unas cuantas unidades pueden ir saturadas, lo que representa un nivel de servicio bajo desde el punto de vista de la comodidad del usuario. A su vez, los tiempos de espera demasiado largos pueden afectar el nivel de servicio esperado. Finalmente, el nivel de servicio para el diseño de los transportes públicos se ubica en el punto donde se operan un gran número de unidades cada una de ellas con niveles de carga cercanos a la saturación.

3.3).- SISTEMA DE TRANSPORTE. TREN LIGERO

De acuerdo a la demanda esperada (80,000 pas/día) con base en el modelo de asignación emme/2 desarrollado por las autoridades de Baja California y Tijuana, se evaluaron distintas opciones de material rodante, seleccionándose conjuntamente con las autoridades el tren ligero por sus ventajas técnicas, flexibilidad, funcionamiento y adaptación a las necesidades de la ciudad.



* TRENES ELECTRICOS NO CONTAMNANTES

En la gráfica anterior se muestra dónde se encuentra ubicado el tren ligero en relación con los sistemas de transporte analizados, así como el lugar que ocupa el Tren Ligero de Tijuana dado el número de personas por hora y dirección.

El Tren Ligero es la concepción moderna del tranvía, al cual se le han mejorado diversos aspectos, tanto tecnológicos como operativos. De esta manera, es un medio de transporte que puede operar hasta con tres carros y que presenta capacidad de transportar hasta un 50% de los pasajeros sentados.

Sus características de rendimiento a costo lo sitúan entre el tranvía y el metro y opera en derechos de vía predominantemente separados, a la vez de presentar la posibilidad de ramificarse; y por ende hacer un mejor uso de su tramo troncal. Sus normas de alineamiento son similares a las que presenta el metro, lo mismo que sus estaciones en derechos de vías exclusivos.

Presenta avances tecnológicos, como lo son los sistemas de comunicación con los pasajeros, controles sofisticados de los motores para evitar derrapamientos de las ruedas metálicas, así como sistemas regenerativos de energía. Asimismo, por lo general son vehículos articulados de seis u ocho ejes, los cuales presentan una longitud total que va de los 20 a los 32 metros y pueden presentar escalones para abordar a nivel del suelo, o bien mediante el uso de plataformas, en la cual el piso de la unidad se encuentra al mismo nivel que el de la estación.

TREN LIGERO TIPO



Presenta una gran capacidad de aceleración (1 a 2 m/seg^2) así como, de desaceleración (con freno de emergencia hasta 3 m/seg^2). Sus velocidades máximas se encuentran en el rango de los 70 a 80 km/h dependiendo de los derechos de vía seleccionados, lo cual también repercute en las velocidades de operación que se quieran lograr (18 a 40 Km/h).

Se puede lograr, con un derecho de vía tipo A, frecuencias hasta de 90 vehículos por hora sin dificultad alguna. Este valor se puede incrementar hasta 140 , de contar con un sistema de control elaborado y una confiabilidad reducida. Esto permite considerar un volumen máximo de $20,000$ pasajeros por hora por sentido.

4.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

4.1).- DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO



Para el Sistema del Tren Ligero de la Ciudad de Tijuana, se propone la construcción y operación bajo el esquema de concesión privada de la línea 1, en su primera etapa con 16.95 km. de servicio, dividida en 2 tramos iniciales.

Tramo A, tiene una longitud de servicio de 12.46 km., y 16 estaciones. Inicia su recorrido en la estación Puerta México, localizada en la Garita fronteriza con EE.UU., cruza el Río Tijuana, continúa por la calle Coahuila, la Av. Revolución, el Boulevard Agua Caliente y el Boulevard Gustavo Díaz Ordaz hasta llegar a la Av. San Martín, donde se resuelve su terminal; que incluye los talleres de mantenimiento menor, el intercambio de medios de transporte de superficie, la reserva territorial para depósitos de trenes y el taller de mantenimiento mayor a futuro.

Tramo B, tiene una longitud de servicio de 4.49 km., y 5 estaciones. Este tramo continúa a partir de la estación Puerta México, y su trazo se desarrolla utilizando la vía del Ferrocarril "Tijuana-Tecate", antiguo ramal del Ferrocarril "San Diego Arizona Eastern" y actualmente conectado al "Sonora Baja California", hasta llegar a la estación Agua Caliente donde se podrá transbordar con el Tramo A.

LOCALIZACION DE LA LINEA

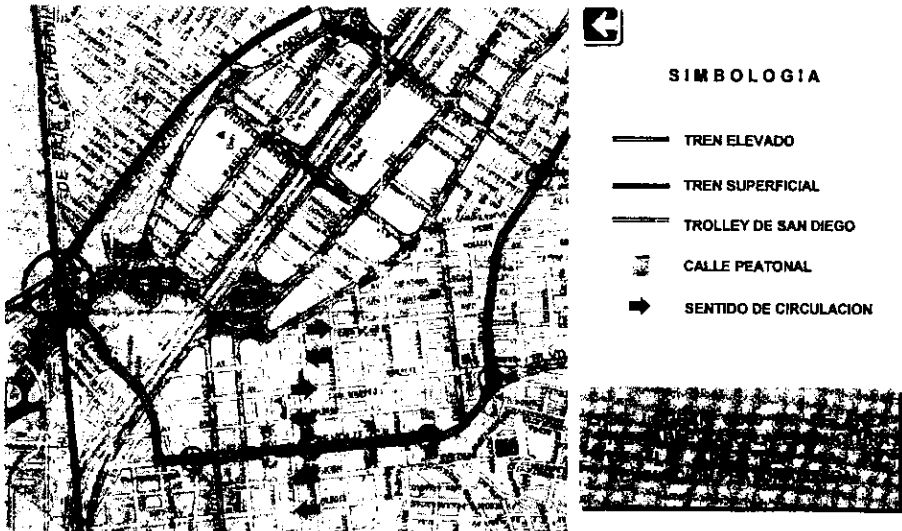


TRAMO A 
TRAMO B 

De manera paralela, como parte del proyecto, y en conjunto con la Dirección para el Desarrollo Urbano y la Ecología del Municipio, se ha contemplado la regeneración urbana y revitalización del corredor urbano donde se ubica la línea, para lo cual se han considerado las siguientes acciones.

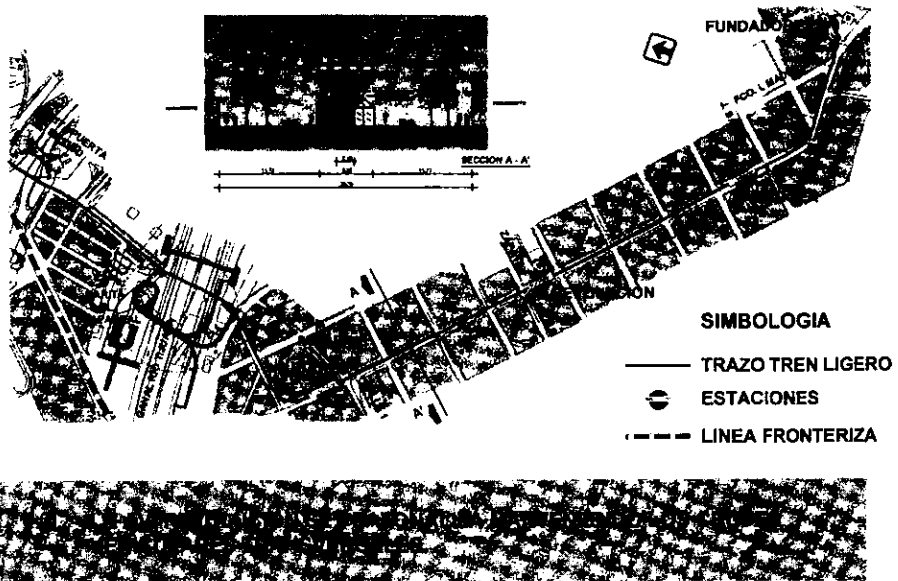
- a) Peatonalización de la Av. Revolución entre la calle 1 y calle 10, para lo que se considera la renivelación con pavimento de adocreto, de tal manera que se elimine el desnivel existente, incluyendo el tratamiento especial a los cruces de las vialidades perpendiculares. Se delimitaron las áreas peatonales con guardacantones, y un cambio de pavimento que visualmente indique al tráfico de superficie perpendicular a la línea, la necesidad de disminuir su velocidad.

REVITALIZACION DE LA AV. REVOLUCION



- b) Comercialización de 6,000 m² localizados bajo la estructura de la línea en la Av. Revolución en la zona peatonalizada, con el permiso correspondiente al operador durante todo el período de concesión.

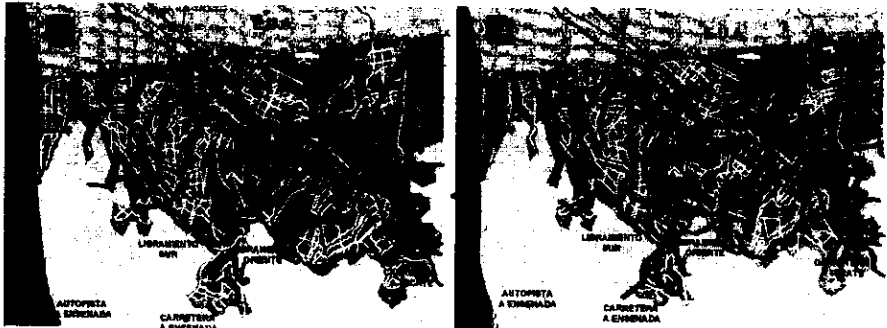
TRAMO PUERTA MEXICO - AV. REVOLUCION



- c) Eliminación del estacionamiento en la vía pública a lo largo de las avenidas en que se alojará la línea, así como en las calles transversales que cruzarán la Avenida Revolución. Estas acciones se complementarán con un programa permanente para la utilización del Tren Ligero como transporte alternativo al automóvil en zonas cubiertas por éste; promoviendo el aprovechamiento de las áreas de estacionamiento existentes para transbordo al sistema y la construcción de otros estacionamientos particulares complementarios a lo largo de su recorrido.
- d) Adecuación de las banquetas en el tramo del Boulevard Agua Caliente, comprendido entre la Av. Madero y el Boulevard Rodríguez, para mantener la misma capacidad vial o, en su defecto, con objeto de aumentar el área peatonal en una zona donde la vialidad lo permite y el desarrollo urbano en proceso es de mayor calidad que el resto del corredor.

- e) Solución a la terminal sur de la línea, en la confluencia del Boulevard Gustavo Díaz Ordaz, la Av. San Martín y la Av. Ferrocarriles, integrándolas en una propuesta vial conjunta que contemple las áreas necesarias para resolver los talleres y depósitos a futuro de la línea, así como las zonas dedicadas a paraderos para el intercambio de medios con el transporte de superficie, reduciendo la penetración y el impacto ambiental urbano de éstos en las zonas urbanas.
- f) En las estaciones intermedias se prevé incentivar el intercambio de medios de transporte de superficie perpendicular a la línea, que podrán ser resueltas mediante la implantación de bahías o carriles de ascenso y descenso, que deberá considerar el H. Ayuntamiento para su construcción, de acuerdo al crecimiento de la demanda.
- g) Remodelación de la vialidad coincidente, logrando el espacio necesario para la ubicación de los apoyos y escaleras de acceso a estaciones en el tramo A. En el tramo comprendido entre Graf. Abelardo Rodríguez y Privada los Pinos, ampliación de la banqueta aprovechando el sobreechanco del arroyo existente, para alojar los apoyos de la estructura, creando un espacio peatonal y jardinado que impulse esta estratégica zona de la ciudad.
- h) Con objeto de optimizar el transporte público de pasajeros de superficie en la Ciudad, se prevé la reestructuración del transporte considerando al Tren Ligero de Tijuana su columna vertebral, mediante la correcta distribución y asignación de líneas alimentadoras, reubicando rutas y unidades innecesarias en este corredor, a otras zonas que lo están requiriendo; evitando superposición de servicios, competencia desleal, y planeando integralmente, fomentando la modernización y mejoramiento en la calidad del servicio.

TRANSPORTE PUBLICO DE SUPERFICIE



22 RUTAS ALIMENTADORAS

24 RUTAS TRONCALES

TREN LIGERO:

TRAMO A

TRAMO B



**AHORRO DE HORAS - HOMBRE AL AÑO
2,690,000**

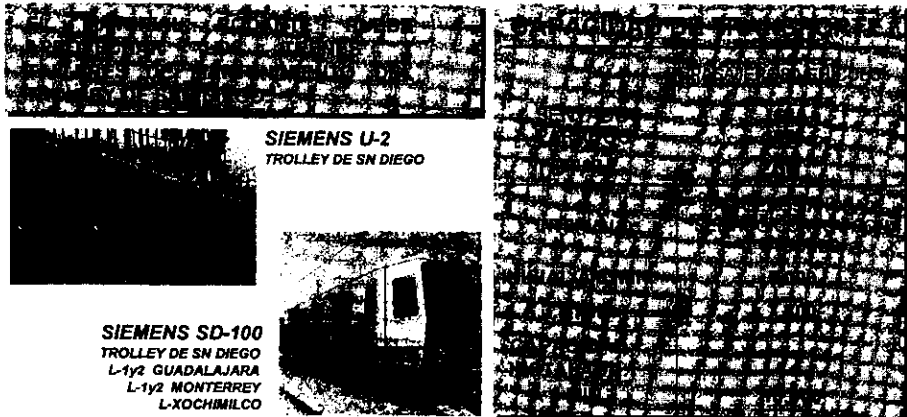
- i) En el tiempo de construcción de la línea, será necesario utilizar temporalmente carriles actualmente dedicados a vialidad. El espacio requerido por la obra permitirá la circulación de servicio de transporte público y tránsito local en el Boulevard Agua Caliente y Díaz Ordaz, en donde existen vialidades paralelas, como la Av. Ferrocarril que pueden ser implementadas como desvíos de tránsito regionales, mediante la correspondiente señalización. En la Av. Revolución el proyecto contempla su peatonalización, y el tráfico vehicular será canalizado a las avenidas paralelas inmediatas, solución que conviene implementar desde el inicio de los trabajos de obra civil, con objeto de que funcionen como desvíos y en su forma definitiva.

4.1.1).- CARACTERISTICAS GENERALES DEL SERVICIO

OFERTA (CAPACIDAD E INTERVALO)

El sistema propuesto utilizará similar material rodante U2 de Siemens que el Metropolitan Transit System utiliza en el San Diego Trolley Inc., y cuya unidad básica son 2 vagones articulados con una capacidad total de transporte de 64 pasajeros sentados y 186 parados (250), considerando 7 pasajeros parados por m².

SISTEMA PROPUESTO



En la 1ª etapa, el Tren Ligero de Tijuana contará con trenes de 2 unidades básicas con una capacidad de transporte de 488 pasajeros cada 360 segundos; y a futuro, en una 2ª etapa podrá llegar a 732 pasajeros cada 180 segundos con trenes de 2 unidades básicas, pudiendo acoplar fácilmente una tercera unidad si la demanda de pasajeros lo justifica.

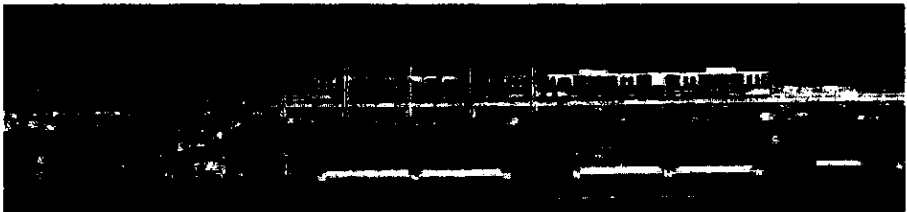
Con base en el número de usuarios para cada horizonte, se calculó el intervalo mínimo necesario para cumplir con la demanda y se analizó con diferente formación de trenes; previéndose 21 trenes al inicio de operaciones, con uno de reserva para mantenimiento.

CONFORT E IMAGEN DEL SERVICIO

El índice de ocupación de pasajeros de pie en el convoy es muy cercano a los 0.15 m^2 por pasajero, o sea 6 pasajeros por metro cuadrado, similar al que se usa en los países europeos para efectos de cálculo de oferta y se refleja en un adecuado nivel de Confort del Sistema, contando con tiempos de espera entre trenes muy competitivos, espera a cubierto en los andenes.

Una imagen cercana a la que ofrecerá el sistema propuesto en su tramo superficial puede ser observada en el Trolley de San Diego; por lo que respecta a la línea elevada, la solución tendrá más presencia debido a la estructura elevada en el corredor de la Av. Revolución; donde, de manera paralela, se desarrolla un proyecto de mejoramiento y regeneración del centro, el cual considera la peatonalización de la avenida y el desarrollo de zonas comerciales, las que contribuirán a la revitalización de la zona.

La apariencia de las estaciones elevadas se ha logrado con una gran ligereza, y una imagen contemporánea de diseño avanzado, tanto estructural como arquitectónico.



Los acabados de los vestíbulos de las estaciones se resuelven con materiales de bajo mantenimiento y colorido, lo que se aprovecha para acentuar la identidad de la estación con su entorno ya sea mediante el uso del color y expresiones gráficas.

SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO Y VIGILANCIA

Se revisaron diversas opciones de control de acceso, y la propuesta contempla un sistema de peaje y vigilancia en conjunto localizado en los vestíbulos de las estaciones, el cual consiste en lo siguiente:

Máquinas automáticas para la expedición de boletos; control a base de torniquetes de entrada y salida, complementados con puertas laterales que pueden ser utilizadas en las horas de máxima demanda, o en el caso de una evacuación de emergencia de la estación.

Para la vigilancia se contará con personal apoyado por sistema de telefonía en cada estación. Este mismo personal estará encargado de la operación de las puertas complementarias o de emergencia y llevará a cabo la liga con los cuerpos de seguridad de la Ciudad en caso necesario.

IMPACTOS AMBIENTALES

De acuerdo a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) se establecen diversos grados de profundidad o etapas para el desarrollo de estudios de Impacto Ambiental.

En el caso de los Sistemas de Transporte Colectivo hasta la fecha no ha sido necesario profundizar en ellos, ya que es evidente la mejoría cualitativa y cuantitativa en el ambiente, al eliminarse la contaminación producida por las emisiones resultantes de los vehículos de combustión interna que se mueven superficialmente, que son sustituidos por un sistema eléctrico no contaminante.

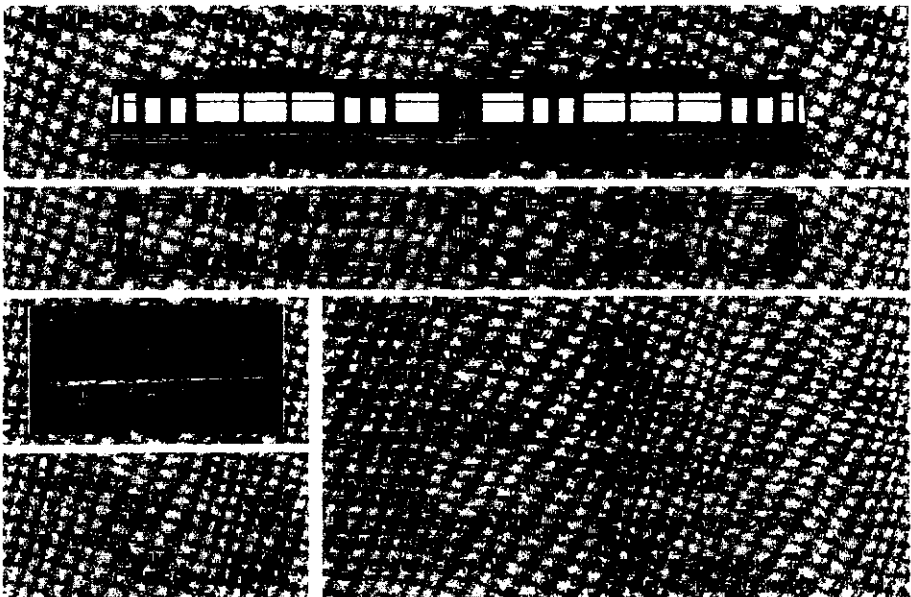
Este estudio aunque se desarrolla sólo en su primera etapa no se incluye en el análisis presentado; sin embargo, puede considerarse que otros aspectos como son los auditivos y visuales no causan mayor impacto, y como se mencionó con anterioridad, mejoran con respecto a las condiciones actuales.

PUBLICIDAD

Elementos importantes que influyen en la recuperación de la inversión y por lo tanto en la tarifa del sistema, son los servicios complementarios, tales como la renta de espacios para publicidad y zonas comerciales, las cuales serán consideradas de manera integral en el proyecto desde su origen, con objeto de lograr su control y evitar la proliferación anárquica a futuro, situación que degradaría la imagen pública del sistema.

4.1.2).- MATERIAL RODANTE. VEHICULO PROPUESTO

De acuerdo al ofrecimiento del MTDB de San Diego a la Ciudad de Tijuana, y la gestión realizada por las autoridades del gobierno para contar con trenes que tienen en exceso en el Trolley de San Diego y aprovechar sus talleres de mantenimiento mayor, el vehículo considerado para formar los trenes, que pertenece según la clasificación del U.S. Departamental of Transportation a la categoría de LRV Light Rail Vehicle o Vehículo Tren Ligero, está formado por unidades tipo Siemens - U2, cuya versión actualizada es el SD100 - LRV., articulados.



Este vehículo fue diseñado originalmente para la autoridad de transporte de la Ciudad de Frankfurt en Alemania, y a la fecha con algunas variantes, se ha utilizado en las Ciudades de Edmonton, Calgary y San Diego.

Es apto para el transporte urbano, así como para dar servicio entre ciudades y suburbios; cuenta con equipo de aire acondicionado para mayor confort del usuario.

Su capacidad es de 64 pasajeros sentados más 180 parados con una densidad de 7 pasajeros/m²; su longitud es de 23.05 m por unidad articulada y puede acoplarse con un solo conductor, hasta formar trenes de 5 unidades. Su ancho es de 2.65 m.

La altura del nivel del piso del vehículo es de 0.985 m sobre el nivel del hongo del riel; el ascenso y descenso de pasajeros es posible a niveles de riel debido a que tiene 3 escalones internos y otro más retráctil accionado por un mecanismo de tipo hidráulico.

Todos los vehículos están equipados con Control Automático de Interrupción por hombre "muerto", que el operador debe mantener en una posición deprimida o de torsión mientras el tren está en movimiento; si el control se suelta, la fuerza motriz se corta y los frenos se activan.

Estos vehículos están articulados y formados por dos unidades acopladas por medio de una plataforma circular. Cada una de estas unidades consta de un bogie motriz, además cuentan con un tercer bogie remolque bajo la plataforma circular de acoplamiento.

Los vehículos adicionales serán iguales en todas sus características a los existentes en el San Diego Trolley. Con esto se asegurará la posibilidad de realizar el mantenimiento mayor de los vehículos del Tren Eléctrico Tijuana en los talleres del San Diego Trolley.

Ambos extremos del vehículo están provistos de un acoplamiento automático.

Cada unidad está provista en cada lado de dos puertas de dos hojas cada una y 4 ventanas para pasajeros.

Las partes del equipo de tracción y frenado están repartidas entre las dos unidades, y ubicadas debajo del bastidor en forma accesible y bien protegida.

Los elementos de mando están ubicados en la cabina de conducción. Los controles electrónicos de tracción, frenado y auxiliares, se encontrarán ubicados en cajas bajo el bastidor.

El sistema de tracción propuesto deberá estar basado en tecnología de corriente directa CD. La regulación de la fuerza de tracción se realizará mediante el convertidor estático tipo chopper. Los motores de tracción están conectados en paralelo y son dimensionados para las funciones de motor (tracción) y generador (frenado).

El vehículo está equipado con 3 sistemas de frenado:

- Eléctrico (regenerativo y con resistencias)
- De acumulación por resorte (hidráulico)
- Magnético de vía

Con función de generador, los motores podrán entregar la energía de frenado a la catenaria (red) o consumir ésta en las resistencias de frenado previstas para tal efecto.

A continuación se dan en forma tabular las características principales de los vehículos para el Tren Eléctrico de Tijuana.

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
Diámetro de las ruedas nuevas	720 mm
Diámetro de las ruedas gastadas	660 mm
Peso del Vehículo vacío	39,500 kg
Peso del Vehículo con 64 pasajeros sentados	43,980 kg.
Peso del Vehículo con 64 pasajeros sentados y 80 de pie (4 personas/m ²)	49,580 kg.
Peso del Vehículo con 64 pasajeros sentados y 120 de pie (6 personas/m ²)	52,380 kg.
Peso promedio por pasajero	70 kg.
Número de motores	2
Potencia continúa de motores de tracción	0.554 MW
Velocidad máxima del vehículo	70 km./h
Aceleración máxima	1.0 m/s ²
Frenado de emergencia con carga (eléctrico, hidráulico y magnético de vía)	1.0 m/s ²
Cantidad (máxima de vehículos por tren)	5

4.2).- PROYECTO URBANO

4.2.1).- PROYECTO GENERAL DE LA LINEA

TRAZO Y ESTACIONES

El recorrido del tramo "A" va de norte a sur, tiene su origen en el punto fronterizo Garita "Puerta México". La estación inicial se localiza en la zona llamada "La Pera", la cual se encontró que era el lugar más favorable para la conexión con el cruce peatonal fronterizo y al Trolley de San Diego,

enlazándose con la vía de ferrocarril que se utilizará para el tramo "B" y para llevar los trenes a mantenimiento de este sistema a San Diego.

El trazo continúa hacia el poniente de la ciudad, pasando paralelamente a la Garita o Puerta México para su lado sur, cruza el Río Tijuana, se incorpora a la calle Coahuila, da vuelta en la Av. Revolución hacia el sur, continua por ésta hasta la calle 10 donde se incorpora al Boulevard Agua Caliente.

Por Boulevard Agua Caliente atraviesa las avenidas Abelardo Rodríguez, Calle Sonora, Boulevard de las Américas, y a la altura de Av. José Gallegos se incorpora al Boulevard Gustavo Díaz Ordaz.

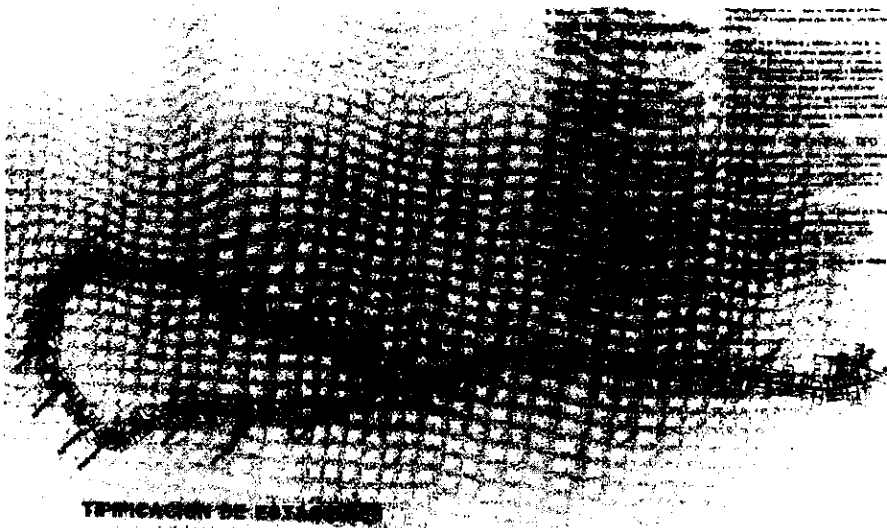
En la Av. Díaz Ordaz cruza la calle Tacubaya, Calzada Lázaro Cárdenas (Crucero 5 y 10), Boulevard Las Lomas, Boulevard Las Cascadas; quedando localizada la Terminal entre las Avs. Fresno y Primera.

En el proyecto de trazo se emplearon curvas compuestas con radios de curvatura y velocidades que aseguran una eficiente operación del sistema con una velocidad comercial de 30 km./h.

Para evitar afectaciones a predios particulares, se emplearon radios de 100 m con velocidades de 45 km./h, (mayor a la velocidad comercial) en el Tramo: Garita-Coahuila-Revolución-Agua Caliente (a la altura de la Av. Francisco I Madero).

En el resto de la línea, la velocidad de proyecto alcanzada fue de 80 km./h, con un pequeño tramo entre el entronque de Boulevard Salinas y Agua Caliente (lado sur) y la zona del Hipódromo, donde se consideraron curvas con velocidades de 60 y 70 km./h, con el fin de evitar afectaciones.

El tramo "A" cuenta con 16 estaciones, de las cuales: Puerta México y San Martín cuentan con andenes laterales; catorce estaciones intermedias en solución elevada Juárez, Revolución, Zaragoza, Fundadores, Cuauhtémoc, Abelardo Rodríguez, Rovirosa, Agua Caliente, Auditorio, Charros, Lázaro Cárdenas, Plaza Carrusel y Guanajuato; se establecen transbordos en Puerta México e Hipódromo.



Todas las estaciones tienen una longitud de 50 m. para recibir trenes de 2 unidades que podrán ser ampliadas a futuro para recibir trenes de 3 vagones.

Para el estacionamiento de los trenes, se consideraron, tanto en trazo como en perfil, 6 posiciones de estaciones en la estación Puerta México (4 posiciones antes de llegar y 2 en la estación). En la estación terminal San Martín se consideraron 10 posiciones de estacionamiento antes de llegar y 2 en la estación, haciendo un total de 18 posiciones de estacionamiento. Habrá un tren de reserva en la cola Puerta México.

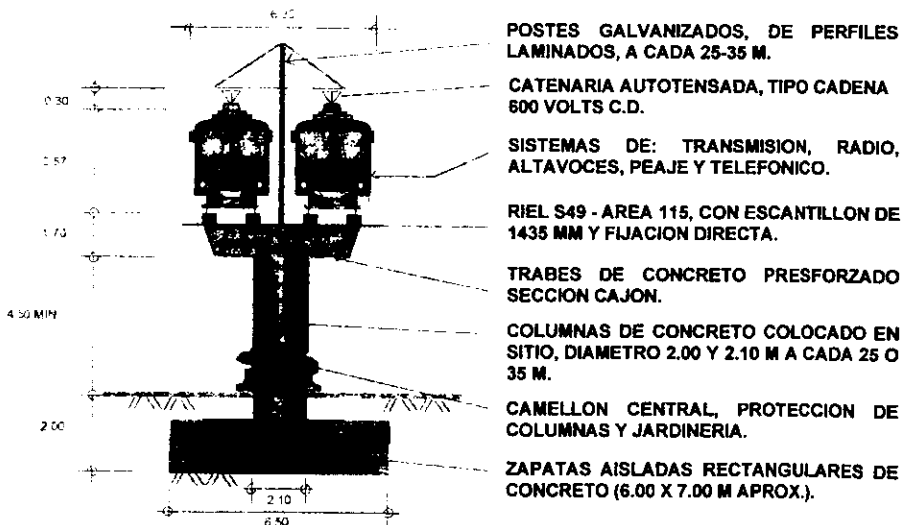
En el tramo "B" el trazo utiliza la vía del ferrocarril Tijuana - Tecate, confinado en ambos lados por malla metálica y protegido en cruceros con barreras de seguridad automática y se tiene una estación en común con la línea "A", Puerta México, 4 estaciones intermedias, Independencia, Defensores, Ruiz Cortínez, Río Tijuana, y una correspondencia Hipódromo. El trazo en este tramo es con vía sencilla, considerando un ladero a la mitad para disminuir el intervalo.

PERFIL DE LA LINEA

Para el proyecto de perfil se consideró como premisa de diseño que las estaciones se ubicaran con pendiente cero para evitar deslizamiento de trenes; por lo que en las zonas de interestación se ajustaron las pendientes máximas y mínimas, según el tipo de solución; y de acuerdo a los requerimientos y especificaciones de tipo de material rodante a utilizar.

En la solución elevada en el tramo "A" se definió la altura con respecto al terreno natural (vialidad) en la cual empezará a desplantarse el nivel de subrasante del proyecto. Se tomó 4.50 m. como base para dimensiones mínimas necesarias para cruzar las vialidades adyacentes y perpendiculares.

TRAMO ELEVADO

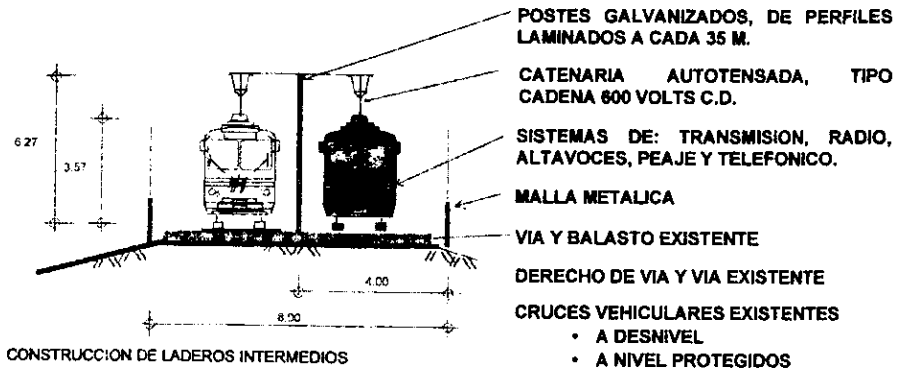


El gálibo vertical de diseño de las vialidades que cruzan con la estructura elevada es de 4.50 m. Sin embargo, debido a la configuración del terreno

natural, la trayectoria del trazo y las pendientes a enlazar, con un máximo del 3% en ciertas zonas del proyecto, estas alturas sobrepasan el gálibo mínimo; empleando una sobreelevación para dar solución a estos casos.

En el tramo "B" el perfil propuesto es superficial, utilizando la vía de ferrocarril; y en los casos de las estaciones Defensores y Río Tijuana se utilizaron las estructuras de los puentes existentes como parte de las estaciones.

TRAMO EN SUPERFICIE



4.2.2).- REGENERACION URBANA Y VIALIDAD

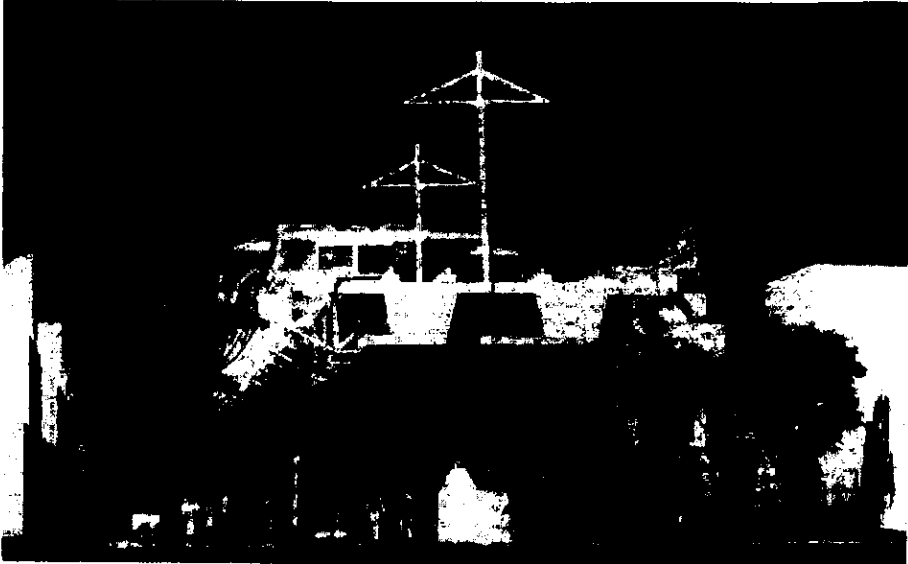
VIALIDAD COINCIDENTE CON LA LINEA

La solución estructural y los accesos a las estaciones de la línea hacen necesario reacondicionar la vialidad paralela, que se divide en 4 tramos homogéneos, de acuerdo al ancho existente entre paramentos que condiciona la sección de vialidad disponible.

Estos 4 tramos se describen a continuación:

- 1.- Av. Revolución en su tramo calle 10 a calle 1, en el cual se peatonaliza la avenida suprimiéndose el tráfico y estacionamiento de vehículos por ella, por lo que se implanta un par vial en las calles inmediatas paralelas a la línea, de tal manera que la Av. Madero tendrá sentido del Boulevard Agua Caliente al centro y la Av. Constitución tendrá el sentido contrario, el Norte - Sur.

PERSPECTIVA DE PEATONALIZACION



- 2.- En el tramo del Boulevard Agua Caliente, entre las Avs. Madero y Boulevard Abelardo Rodríguez es necesario crear un camellón central para alojar las columnas de la línea, conservándose 3 carriles de circulación para vehículos a cada lado, para lo que se recorrerán las guarniciones existentes y los servicios municipales ligados a estas, hasta dar un ancho de 2.00 m. en banquetas. Como solución alterna, se podrán ampliar las banquetas dotándolas de una zona jardinada que mejorará la imagen urbana de este tramo.

- 3.- Boulevard Agua Caliente entre la avenida Abelardo Rodríguez y el acceso al Centro Escolar Agua Caliente, tramo en el cual el trazo de la línea se resuelve en el paramento Nororiente, ampliándose la banqueta con objeto de formar una zona peatonal que permita localizar los accesos de las estaciones, reduciendo la vialidad actual, que se encuentra holgada a 4 carriles sin disminuir la capacidad del corredor, ya que se mantiene el par vial existente con el Boulevard Salinas.

- 4.- Boulevard Díaz Ordaz entre el acceso al Centro Escolar Agua Caliente y la estación terminal San Martín, donde el trazo de la línea se mantiene al centro de la vialidad en un camellón con sección regular, suprimiéndose las vueltas izquierdas actuales y conservando 3 carriles de circulación por sentido.

Como solución especial es necesario considerar el cruce del Río Tijuana ligado a la Puerta Norte, que actualmente se encuentra en proyecto para dar solución al acceso del cruce Fronterizo donde se recibirá el flujo de vehículos proveniente de los Estados Unidos, y se propone modificar conservando los movimientos direccionales pero adecuándose las gasas y desplazando la estructura principal hacia el Norponiente de la Av. José Ma. Larroque con objeto de permitir el paso de la estructura de la línea.

También como solución especial debe considerarse la solución del cruce 5 y 10 donde actualmente el municipio tiene contemplado resolver la vialidad con un cruce a desnivel el cual debe ser conciliado con la línea, y preferentemente construido en forma simultánea.

4.2.3).- DISEÑO DE ESTACIONES

TIPIFICACION DE ESTACIONES

Para su correcta evaluación y diseño se procedió a identificar las principales características de las estaciones que darán servicio a la línea, determinándose para el tramo "A" 5 tipos:

- 1.- Transbordo norte, con 2 andenes laterales en tajo.
2. Terminal sur, andenes laterales elevados.

3. Estaciones intermedias tipo elevadas, localizadas en Av. Revolución con vestíbulo a nivel calle peatonal y acceso a ésta.
- 4.- Estaciones de paso tipo elevadas en el resto de la línea, con vestíbulo de acceso elevado a nivel de pasarela de acceso y directo a camellón en primera etapa.
- 5.- Estación de transbordo con pasarela de peatones elevada.

En el tramo "B" los siguientes tipos de Estaciones:

- 6.- Estación superficial tipo con un andén lateral.
- 7.- Estación elevada resuelta utilizando la estructura del puente existente sobre la Av. Cuauhtémoc o sobre el Río Tijuana, con andén lateral.
- 8.- Estación terminal y de transbordo.

DISEÑO ARQUITECTONICO

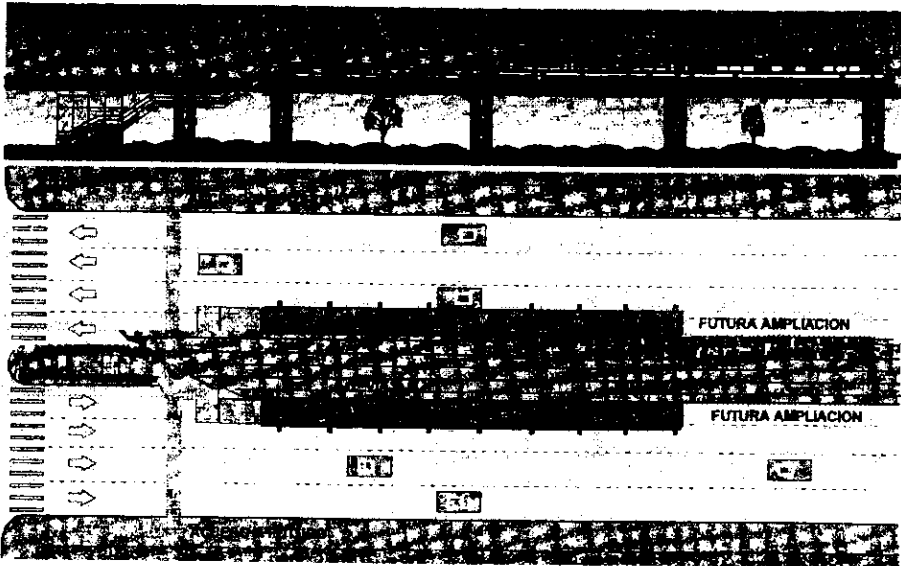
Utilizando como normas de diseño el Reglamento de Construcciones para la ciudad de Tijuana y las Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México; único reglamento de referencia en el país, se desarrollaron 2 estaciones tipo: La estación elevada con andenes laterales y sus variantes en la avenida Revolución, y la estación superficial para el tramo "B".

ESTACION ELEVADA TIPO

De acuerdo a las características del material rodante seleccionado para el sistema, las estaciones prevén una longitud de 50 metros, para el descenso y ascenso de pasajeros.

El andén se ha resuelto con el esquema de plataforma lateral con un ancho de 3.00 m y una escalera de salida de 2.20 m. de ancho, dimensiones consideradas para el tráfico previsto y la evacuación de pasajeros.

ESTACION TIPO (BLVD. GUSTAVO DIAZ ORDAZ)

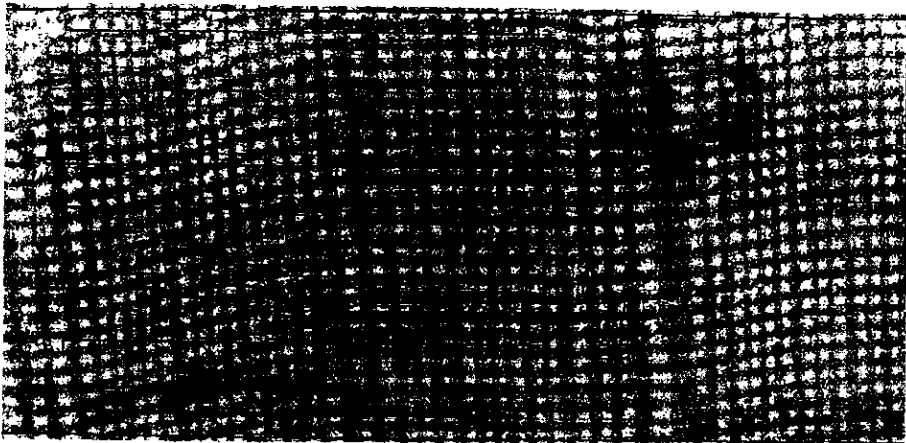


La incidencia de lluvias en la Ciudad de Tijuana es abundante en los primeros meses del año, por lo que se cubre el andén y parte del convoy hasta la mitad. La longitud de esta cubierta es de 25 m.

Por razones de seguridad al usuario no está considerada la implementación de baños para servicio al público dentro del sistema, debido a la probable incidencia de delitos de índole sexual que estas instalaciones pudieran provocar; sin embargo, puede considerarse la posibilidad de concesionar este servicio como un apoyo complementario y externo a la línea.

El vestíbulo se ha resuelto de 2 maneras: en el caso de las estaciones localizadas en la Av. Revolución a nivel de la calle, se han localizado los mecanismos de control de peaje a base de torniquetes, puertas abatibles y expendedores automáticos de boletos; en las otras estaciones de la línea, el vestíbulo de características similares se ha resuelto a una altura de 4.50 m sobre la vialidad, en la escalera de acceso, con objeto de poder construir una pasarela peatonal que permita la comunicación directa con las banquetas y en primera etapa se resuelve directo a camellón.

DISEÑO ARQUITECTONICO DE ESTACIONES



ESTACION SUPERFICIAL TIPO

En el tramo de la línea "B" del sistema se construirán estaciones superficiales, las cuales consisten en una plataforma a nivel localizada a un lado de la vía con una longitud de 50 m en primera etapa, confinada con una cerca de malla metálica y altura de 2.20 m.

A un lado de la plataforma se localiza una caseta o vestíbulo, en el cual se encuentra el control de peaje a base de torniquetes, el sistema de venta de boletos a base de expendedoras automáticas y la vigilancia.

Las subestaciones y locales técnicos se resuelven en paquetes en contenedores cerrados adozados a la vía.

ACABADOS E ILUMINACION

Las estaciones se encuentran resueltas al aire libre, lo que influye definitivamente en la selección de los materiales a utilizar.

En los muros se han propuesto materiales vidriados que se mantienen limpios y disminuyen el mantenimiento, y a su vez permiten implementar soluciones con gran colorido.

En el caso de los pisos tipo para la estación elevada se ha seleccionado concreto en andén, debido a que este material es integral; es decir, su acabado y cuerpo es el mismo, por lo que al desgastarse continúa surgiendo el mismo acabado; a la vez que es un material antiderrapante, aún en el caso de estar mojado. La nariz de andén se propone en concreto.

En el caso de la estación superficial los pisos son tratados con el mismo criterio; es decir, concreto; al cual para resolver sus juntas de dilatación se le han insertado losetas con color integral.

En subestaciones se consideran acabados exteriores con pintura automotiva, ya que son tipo paquete en contenedores, colocadas sobre bases de concreto.

Como iluminación, un sistema de lámparas que permitan mantener una intensidad de 200 luxes a nivel de los ojos del espectador, el cual se resuelve con luminarias suspendidas de postes pequeños o la propia estructura lateral de la cubierta.

4.3).- PROYECTO ESTRUCTURAL

ESTRUCTURACION DE ESTACIONES Y TRAMO

Criterios Generales. El análisis y diseño estructural se rigió por los lineamientos estipulados por el Reglamento de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California de 1992 en vigor, y por las normas del American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO).

La estructura del Tren Ligero es de tipo elevado formado por tramos y estaciones, que están contruidos por marcos de concreto en una dirección con dos vigas sección cajón de concreto pretensado, una para cada sentido de circulación, apoyadas en una cabezal que a su vez apoya en columnas separadas a cada 35 m para los tramos y a cada 25 m en las estaciones, donde además existirán andenes formados por una viga doble "T".

De acuerdo al Reglamento de la Ley de Edificaciones, la estructura se clasifica en el grupo "A" y se localiza en zona tipo II, que corresponde a terreno de transición o relleno de formación no muy reciente.

ANALISIS DE CARGAS

La estructura se analizó tomando en cuenta la combinación de cargas permanentes y accidentales para determinar los máximos elementos mecánicos que actuarán durante el servicio de la misma.

En el análisis de las traveses se tomaron en cuenta las etapas del proceso constructivo desde su fabricación y montaje, considerando con el método de líneas de influencia la posición crítica del tren (carga viva), para determinar los elementos mecánicos más desfavorables en la trabe. El peso y las características del tren son las indicadas por el material rodante especificado. Para el análisis del cabezal se consideró la transmisión de cargas de las traveses que gravitan en él (c. m. + c.v. crítica). De igual manera, para el análisis de la columna se tomaron en cuenta los elementos

mecánicos más críticos que transmite el cabezal, y por último, para la zapata se aplicó la descarga total de la estructura bajo el mismo criterio.

Para determinar las cargas sísmicas, bajo las cuales se encuentra sujeta la estructura, se aplican los lineamientos indicados en el Reglamento de Ley de Edificaciones que ubica a la misma en la zona sísmica "C" y suelo tipo II a la cual corresponde el coeficiente sísmico de $C=0.30$, considerado además por las características de la estructura el efecto de péndulo invertido.

DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño de las trabes se realizó aplicando el criterio de esfuerzos permisibles o diseño elástico, considerando la envolvente de los elementos mecánicos, como lo marca el Reglamento de la Ley de Edificaciones para elementos de concreto presforzado, en combinación con las normas del American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO).

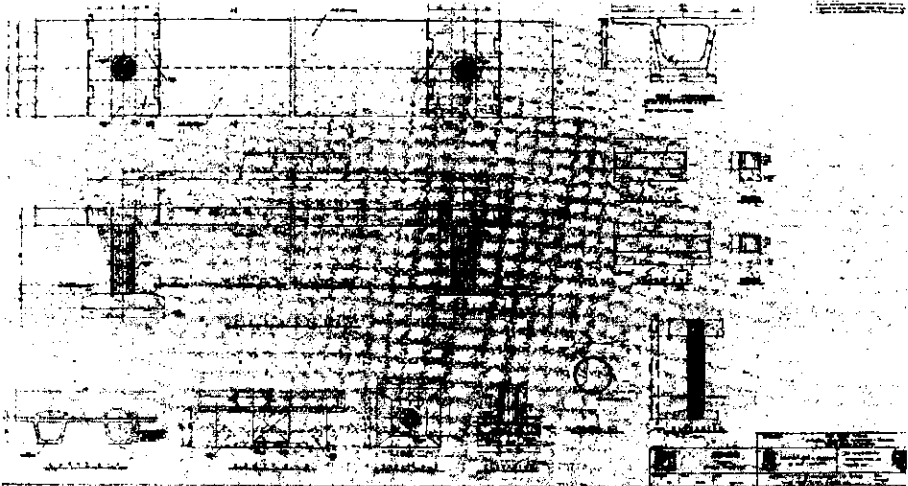
Para el cabezal, columna y zapata, el diseño se efectuó bajo el criterio de resistencia última con los factores de carga, correspondiente a una estructura del grupo "A".

MATERIALES

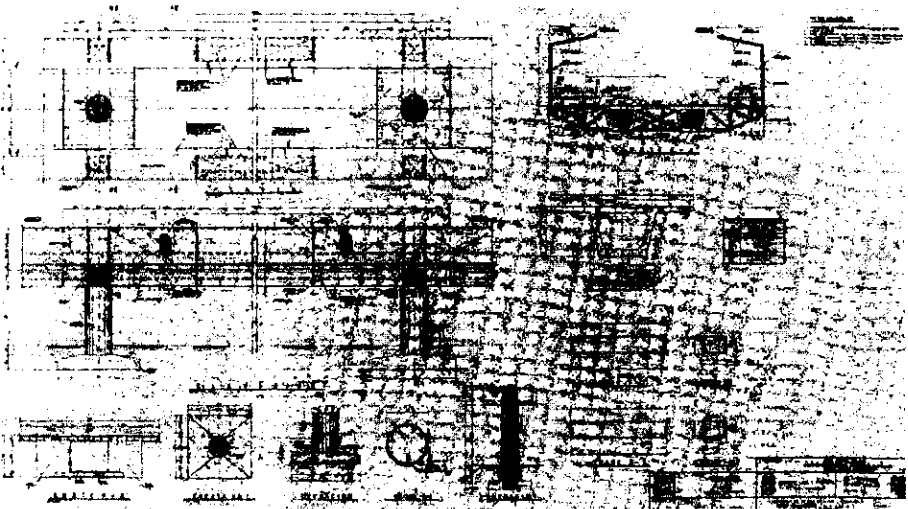
Concreto.- El concreto a utilizar en todos los elementos estructurales será clase 1 de acuerdo al Reglamento de la Ley de Edificaciones, por ser estructura del grupo "A".

Acero de refuerzo.- Se empleará acero de grado duro para varillas de 3/8" de diámetro y mayores, con un nivel mínimo de esfuerzos de influencia de $4,200 \text{ kg/cm}^2$.

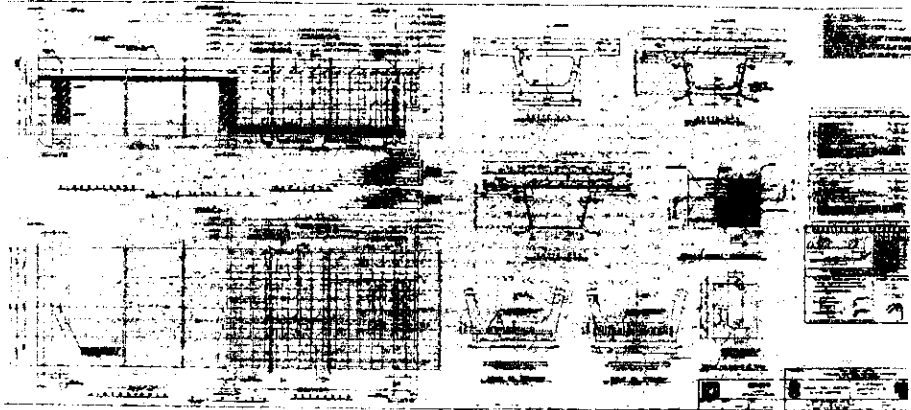
COLUMNAS Y ZAPATAS



ZAPATAS, COLUMNAS Y CUBIERTA



TRABES PRETENSADAS 25 METROS Y CAPITILES



4.4).- ASPECTOS DE MECANICA DE SUELOS

ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DE LOS SUELOS

La solución del sistema de transporte elevado está constituida por una sección de tipo elevado con apoyos separados entre 30 y 35 m. de distancia, por los cuales baja una carga de 700 ton aproximadamente.

Desde el punto de vista geológico, en Tijuana se identifican cinco grandes zonas: Aluviones o Depósitos Recientes, Terrazas Fluviales de los Ríos Tijuana y Alamar, Terraza Marina de Playas, Terraza Marina de Otay y finalmente Lomeríos.

El trazo del tramo A, se localiza íntegramente en la Zona geológica II, correspondiente a Terrazas Fluviales.

En lo que se refiere a tectonismo, el Reglamento de Construcciones para esta Zona en particular considera 0.30 g.

La Ciudad de Tijuana está clasificada en cuatro zonas estratigráficas siguientes: zona de los ríos, Zona de Playas, Zonas de Otay y Zona de Lomas. El eje de trazo del Tren Ligero de Tijuana se localiza íntegramente en la zona de los Ríos.

La zona de los ríos está formada principalmente por tres estratos que son: a) Estrato superficial conformado por arenas, gravas y boleos empacados con arcillas y limos de mediana a alta compacidad; b) Conglomerado, se encuentra subyaciendo al anterior y es un material muy compacto; c) Finalmente se encuentran limolitas y areniscas de la formación San Diego.

Del análisis de diferentes opciones se determinó que la solución a la cimentación estará conformada por zapatas aisladas desplantadas a 2.0 m de profundidad.

Los análisis geotécnicos son preliminares y confiables y podrán optimizarse mediante la exploración y el diseño definitivos.

4.5).- PROYECTO ELECTROMECHANICO

OBRA ELECTROMECHANICA. SUMINISTRO DE ENERGIA

SUBESTACIONES

Para la alimentación de los 17.8 km. de la Línea 1 (incluyendo cola de maniobras), la energía requerida será tomada de la red preferente y emergente de 13.8 kv. de la ciudad, a través de subestaciones rectificadoras de tracción localizadas a lo largo del trayecto; y para alimentar las cargas internas de las estaciones de pasajeros se utilizarán tableros de distribución, alimentados directamente de la red pública de 220/127V. Sólo para el taller se considerará una subestación de distribución de 13.8kV/ 480V y 220/127V.

A lo largo del trayecto, existirán 6 subestaciones de tracción, las cuales se encargarán de convertir la tensión de alimentación 13.8 kv., 60 hz, a la tensión de tracción de 600 VCD que utilizan los vehículos y estarán configuradas, de tal manera, que al fallar una de ellas, las subestaciones de tracción vecinas sean capaces de aportar la energía que la subestación fuera de servicio deje de entregar; cada una de ellas estará constituida básicamente por:

- Tablero de 13.8 kv.
- Conjunto de Transformador-Rectificador de 1700 kVA
- Tablero de distribución en 600 VCD

Se consideran para la alimentación de los servicios propios de las estaciones, acometidas domiciliarias, tomadas directamente de la red urbana de 220/127V.

Para alimentar las cargas internas del taller, se dispondrá una subestación de distribución cuya alimentación se tomará también directamente de la red de 13.8 kv. y a través de dos transformadores trifásicos de 225 kVA cada uno, con relación de 13.8 kv./220-127V y 13.8kV/440V, mismos que alimentarán tableros auxiliares; se distribuirá la energía para los servicios necesarios del taller.

Para la operación propia de ambos tipos de subestaciones, se instalarán en cada una de ellas bancos de baterías y cargadores de 125 VCD.

CATENARIA

El sistema de catenaria previsto será adecuado para la captación de corriente por medio de un pantógrafo, sin pérdida de contacto o generación significativa de chispas a cualquier velocidad hasta la máxima considerada.

El sistema a emplear en todo el trayecto será del tipo cadena, autotensado, el cual compensará las dilataciones del hilo de contacto y del cable soporte, causadas por las variaciones de temperatura ambiente y el aumento normal causado por la operación.

Los postes serán galvanizados, de perfiles laminados de acero tipo H, a los que se les soldará una placa base con perforaciones para los pernos de anclaje, y se localizarán aproximadamente a cada 60 m. y se colocarán entre las vías.

La altura máxima del hilo de contacto sobre la cota superior del riel será de 5500 mm.

En el Depósito y en el Taller de servicio se instalará un sistema de catenaria que estará compuesto por un hilo de contacto de 120 mm²; en cada extremo de un seccionamiento de compensación se deberá colocar un equipo automático de compensación de la tensión mecánica.

Para el tensado de la catenaria en seccionamientos, se tendrán como máximo claros con una longitud de 1,500 m.

El sistema de catenaria a lo largo del trayecto, y en el depósito, estará subdividido en varios sectores eléctricos, los cuales tendrán un aislamiento intermedio.

Los sectores eléctricos tendrán un aislamiento intermedio para permitir la detección de averías y para la interrupción de las secciones eléctricas en una emergencia.

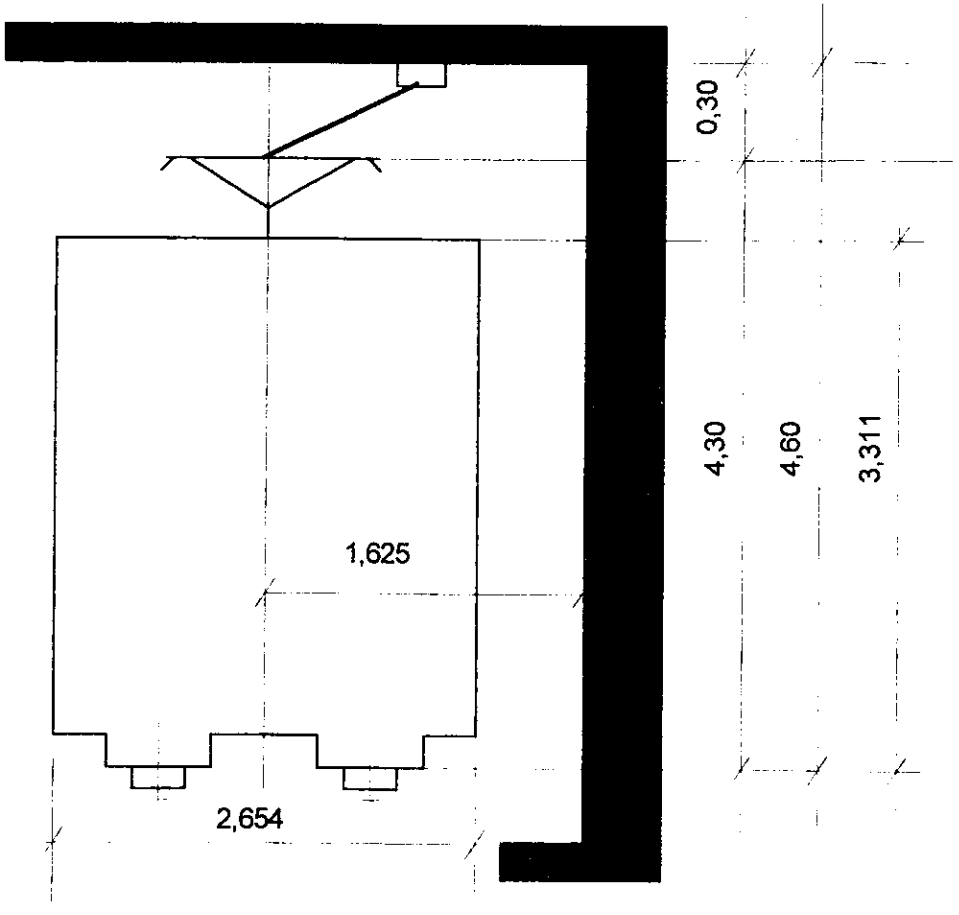
La separación en secciones eléctricas se realizará a través de aisladores de sección, los cuales permiten el paso de los pantógrafos en ambas direcciones a la velocidad máxima de la línea, captando la energía sin interrupción.

En el trayecto se conectarán todos los postes a un cable desnudo de 120 mm² que será instalado por encima de los postes a lo largo del trayecto. Este cable será el retorno para corrientes de fuga en aisladores, cortocircuitos o aquellas fallas que no afectarán a las vías. Todas las bases de los aisladores, las bases de los puntos de apoyo elásticos y las estructuras de acero estarán conectadas a cables de puesta a tierra.

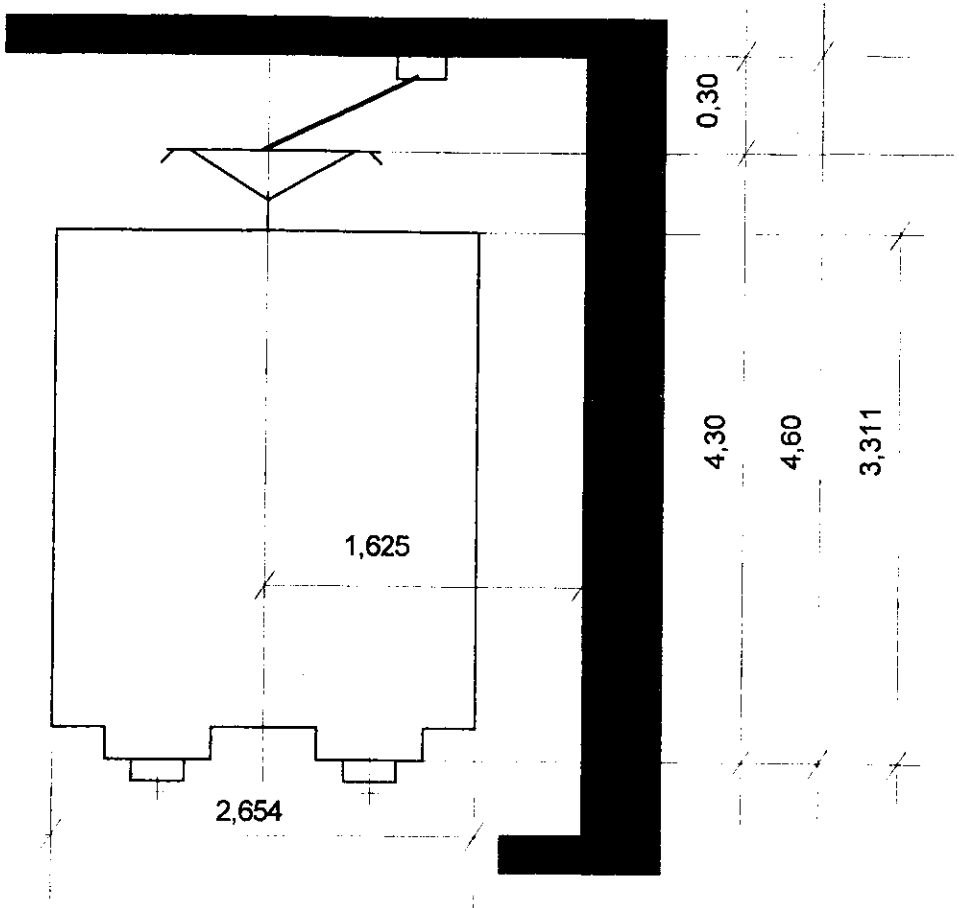
Es importante mencionar que se deben aterrizar todos los postes metálicos, soportes o dispositivos de montaje, para garantizar una alta seguridad al usuario y al personal de servicio.

Para la conducción de tracción inversa, se instalarán conexiones eléctricas entre rieles conductores de la corriente de tracción de retorno en ambas vías. Estas conexiones se realizan con cables aislados de cobre de aproximadamente 95 mm² de sección transversal.

La conexión del riel se realizará a través de soldadura termoquímica, para garantizar una buena conductividad.



**INTERFASE CATENARIA / OBRA CIVIL BAJO PUENTES
ESPACIO NECESARIO PARA CATENARIA**



**INTERFASE CATENARIA/ OBRA CIVIL BAJO PUENTES
ESPACIO NECESARIO PARA CATENARIA**

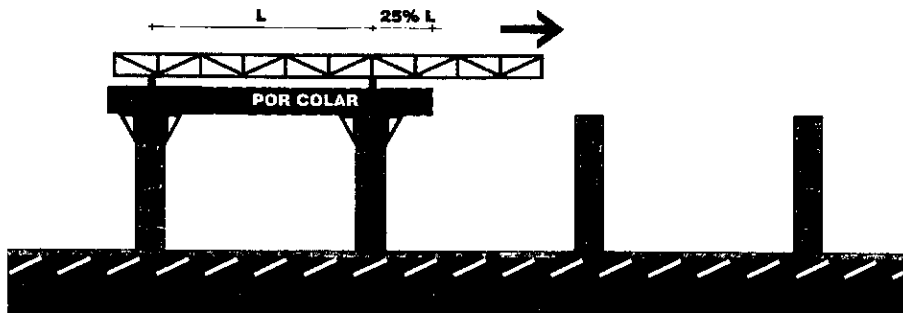
4.6).- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PROPUESTO

La propuesta de procedimiento constructivo es por medio del sistema de cimbra autolanzable con la alternativa del colado en sitio.

La cimbra autolanzable está compuesta a base de elementos estructurales T-50 con secciones intermedias y finales; de estos mismos elementos está conformado el dispositivo de montaje de traveses, resultando un equipo versátil y readaptable para diversas soluciones.

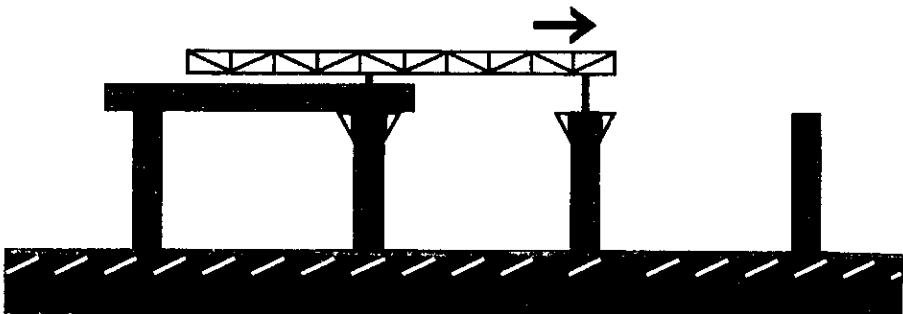
La secuencia de operación para el sistema propuesto es la siguiente:

FASE 1



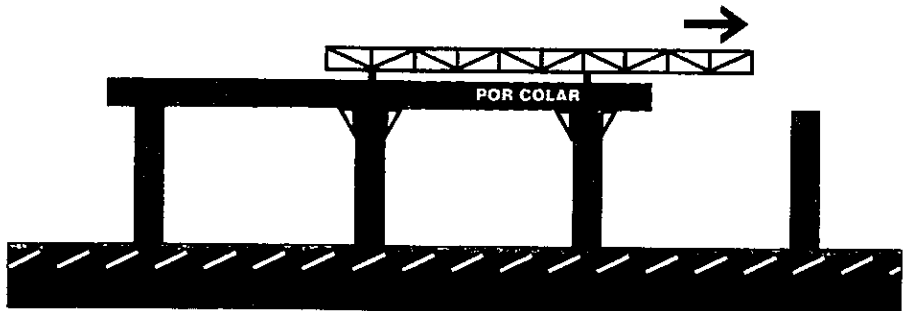
En posición de colado, la armadura queda anclada y/o apoyada en el tramo anteriormente construido y apoyada en la pila siguiente. Generalmente la longitud de colado por fase abarca un 25% de claro subsecuente.

FASE 2



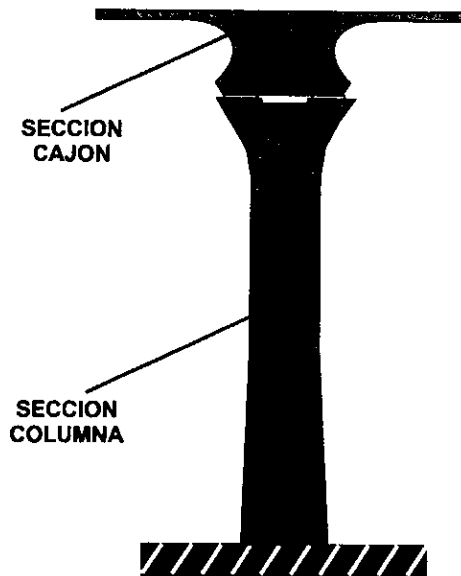
Durante el proceso de corrimiento de las armaduras, la obra falsa se colapsa facilitando el desplazamiento del conjunto (armaduras y cimbras de contacto) al siguiente claro.

FASE 3



El siguiente ciclo inicia nuevamente con la Fase 1 donde la cimbra queda anclada en un extremo del colado anterior y apoyada en la pila inmediata siguiente.

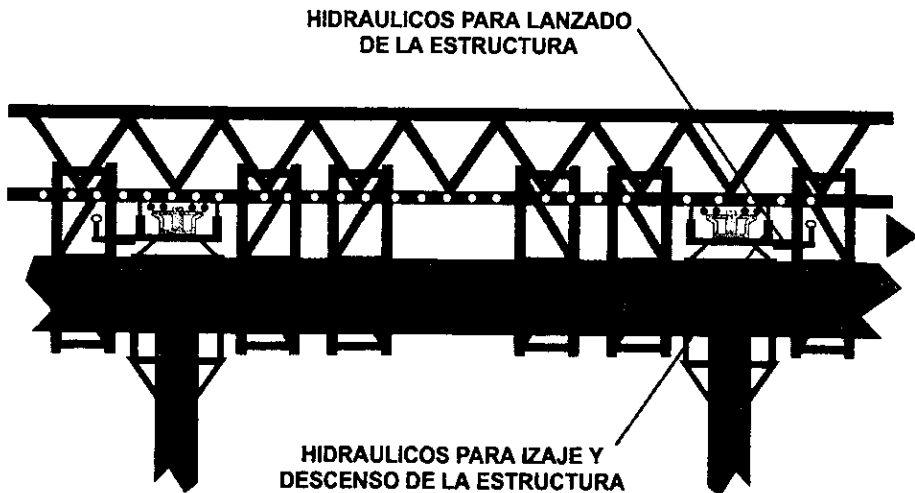
SECCION TRANSVERSAL POR PILA



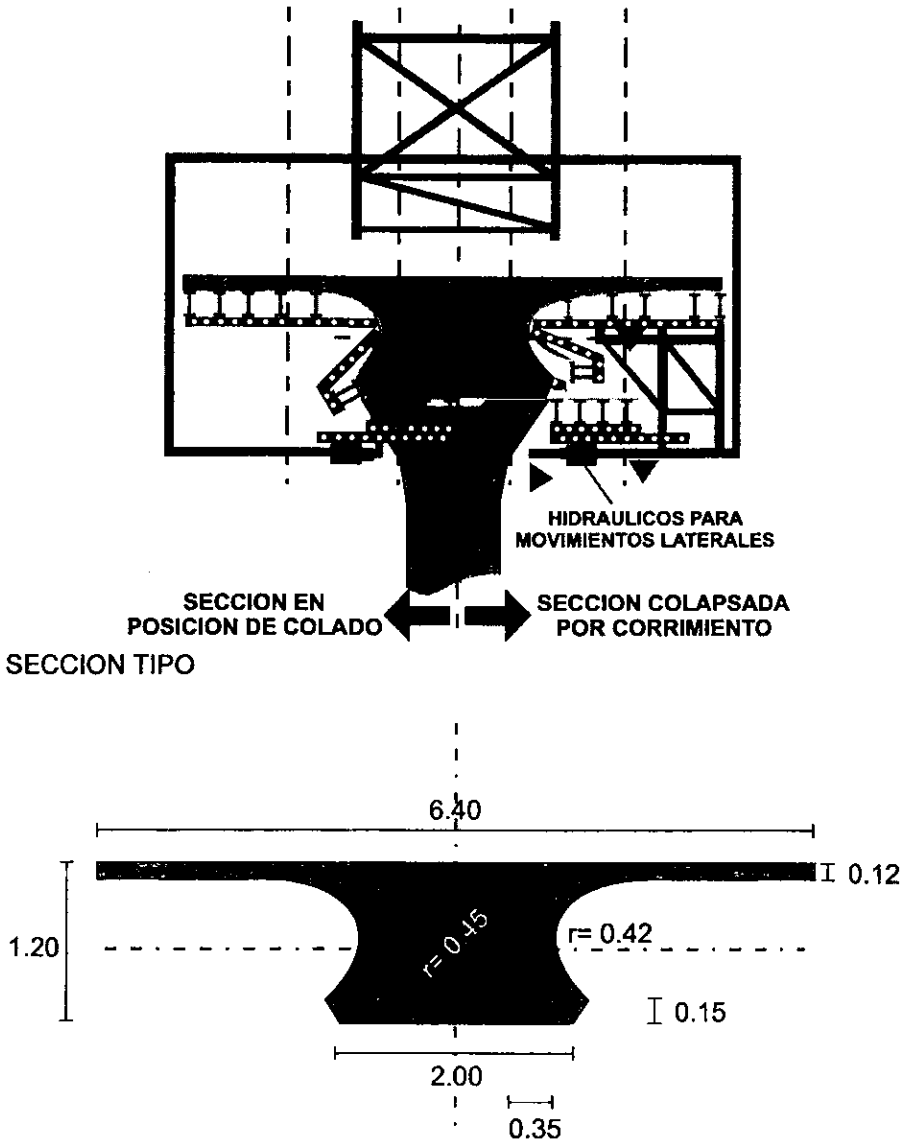
SECUENCIA DE OPERACION PARA UN NUEVO CICLO

1. Giro de moldes laterales para descimbrado.
2. Descenso de estructuras portantes a los rodillos.
3. Corrimiento lateral de los elementos de la cimbra de fondo, que interfieren con las pilas al momento de lanzado.
4. Lanzado de la estructura.
5. Izaje de la estructura.
6. Giro de moldes laterales a posición de colado.
7. Corrimiento lateral de la cimbra de fondo.

SECCION LONGITUDINAL



SECCION TRANSVERSAL



4.7).- SEGURIDAD, SEÑALIZACION, CONTROL Y TALLERES

Para cumplir con los principales requisitos de seguridad, rapidez y rentabilidad, es necesario implementar, acorde a las necesidades de crecimiento de la demanda del sistema, equipos de seguridad, señalización y control.

Las medidas de seguridad más importantes en la operación diaria, se refieren a la secuencia de los trenes, o en su caso, a la distancia que se guardan entre los mismos.

El Tren Eléctrico en su primera etapa dado su intervalo abierto, tendrá únicamente la conducción a la vista a lo largo del trayecto.

En cada una de las estaciones terminales se instalará un puesto local de control.

El sistema de Seguridad, Señalización y Control se diseña de manera modular para que sea posible en el futuro la ampliación de las instalaciones adicionales previstas.

Las ampliaciones futuras serían: Instalación de una señalización de bloque, en la cual cada estación dispondrá señales de entrada y salida asociadas con equipos de paro automático. En ciertos puntos del trayecto, implementar un sistema de reducción de la velocidad de desplazamiento de los trenes. Para una reducción del intervalo entre trenes (150 seg. o menor) se requerirá la instalación de un sistema adicional conocido como "Sistema Automático de Control Continuo de Trenes". Deberá ser posible la implementación de un sistema de Telemando centralizado.

TELECOMUNICACIONES

En la línea 1 del Tren Eléctrico Tijuana se requerirá un Sistema de Telecomunicaciones, cuya función principal, es brindar los medios para

transmitir las señales de comunicación en forma segura y eficiente hacia todos los puntos del sistema y a los centros de control.

El sistema de Telecomunicaciones constará de los siguientes subsistemas :

- Sistema de Transmisión
- Sistema de Radio
- Sistema de Altavoces
- Sistema de Peaje
- Sistema Telefónico

Se empleará un Sistema de altavoces para informar a los usuarios sobre irregularidades del itinerario, y para permitir mejor control y agilización durante las horas pico; así como comunicación de mensajes destinados al personal, en caso de que no pueda establecerse comunicación por otros medios.

El Sistema de Radio permitirá una comunicación oral entre los Puestos Locales de Control y el personal que operará los distintos radios móviles, como son: conductores de trenes, personal de operación, de mantenimiento de depósito y taller.

En la etapa inicial de operación se instalará un sistema de peaje con el equipamiento elemental en cada una de las estaciones de pasajeros, el cual será a base de máquinas automáticas expendedoras de boletos, sistema de torniquetes para entrada y salida de pasajeros a los andenes, cuya cantidad se adecuará según se presente la demanda.

VIAS Y CAMBIAVIAS

Se usarán rieles del tamaño S49 o AREA 115, apropiados para sistemas de trenes urbanos.

El sistema de cambiavías en su etapa inicial, estará compuesto por cambiavías, cruceros y topes de vía. Los cambiavías serán sencillos, AREA 115, con bifurcación a la derecha o izquierda, con escantillón de vía 1435 mm.

Cada cambiavías estará compuesto de: dispositivo de aguja con rieles contraagujas AREA 115, sapo sencillo, rieles intermedios y rieles de desplazamiento, ambos AREA 115, contrarrieles UIC33 (2), juego de material de fijación y juego de durmientes de madera de encino.

Los topes de vía (parachoques) deberán evitar que los vehículos sobrepasen el fin de las vías. Estos tendrán la finalidad de absorber la energía cinética de los vehículos, en caso que sobrepasen el punto terminal de parada de estacionamiento. Los parachoques estarán dimensionados para detener un vehículo con velocidad de 10 km/h en la Línea y de 5 km/h en el depósito.

TALLER Y DEPOSITO

La seguridad y rentabilidad del servicio de transporte público no depende solamente de la disposición de los sistemas de vías, señalización, telecomunicación, vehicular, etc., al más elevado nivel tecnológico, sino también de una eficiente infraestructura de mantenimiento.

Dado que los vehículos están concebidos para servir durante una elevada cantidad de kilómetros, su disponibilidad para el uso, es decir su rentabilidad, depende en un grado muy alto de los controles periódicos, el mantenimiento y de rápidas reparaciones. Por tal motivo, se construirá un taller de servicio, el cual estará ubicado en las cercanías de la estación San Martín.

TALLER DE SERVICIO

En este taller se realizarán tareas de inspección de los vehículos, reparaciones menores, trabajos rutinarios y mantenimiento del sistema de vías.

Aquellos trabajos que deban efectuarse en los vehículos y que por su tipo requieran mayor tiempo y la intervención de especialistas, serán realizados en los talleres del San Diego Trolley en San Diego, California; a través de la gestión realizada por las autoridades del H. Ayuntamiento y el Gobierno Estatal.

En el taller de mantenimiento se realizarán las principales tareas de mantenimiento preventivo y reparaciones menores, como son: Inspección, limpieza, reparación rápida de componentes pequeños, lubricación, preparativos para el mantenimiento de vías y catenaria, etc.

El edificio del taller de mantenimiento tendrá una superficie de aproximadamente 500 m² y dispondrá de tres vías de acceso con aproximadamente 40 m² de oficinas, vestidores y servicios higiénicos.

Se dispondrá en un edificio de dos pisos, un área de aproximadamente 100 m² para oficinas, vestidores y servicios higiénicos y 100 m² para salas técnicas.

El depósito dispondrá también de una superficie de aproximadamente 100 m².

En el patio de talleres y estacionamientos de trenes se encuentra una vía de entrada/circunvalación, en la cual está dispuesta una fosa simple de revisión rápida.

En la segunda vía, antes de la entrada a los talleres estará el área de lavado de los trenes con andenes laterales de concreto para la máquina móvil lavadora.

El taller estará equipado por dentro con tres vías, una como vía continua y las otras con vías ciegas.

En el lado sur de los talleres, se encuentra el taller de mantenimiento de vías con una vía de acceso.

TRABAJOS A REALIZAR EN LOS TALLERES DE MANTENIMIENTO MAYOR EN SAN DIEGO

El taller de mantenimiento menor no está equipado para efectuar los siguientes trabajos, por lo que éstos se deberán efectuar en los talleres de mantenimiento mayor de San Diego

- Trabajos de hojalatería
- Trabajos de pintura
- Revisiones motrices
- Revisiones a la caja de transmisión
- Perfilar las ruedas
- Sujetar y extraer las ruedas, engranajes y discos del freno del eje del bogie
- Desmontar motores y transmisiones de los bogies
- Revisiones mayores de sistemas, por ejemplo, de frenos, hidráulico, etc.

4.8).- SOLUCIONES ESPECIALES

La línea a lo largo de su trazo encuentra interferencias que hacen necesario se implementen soluciones especiales de varios tipos, las que se describen a continuación, a fin de tomar las medidas pertinentes y resolverlas a detalle en la etapa de proyecto ejecutivo.

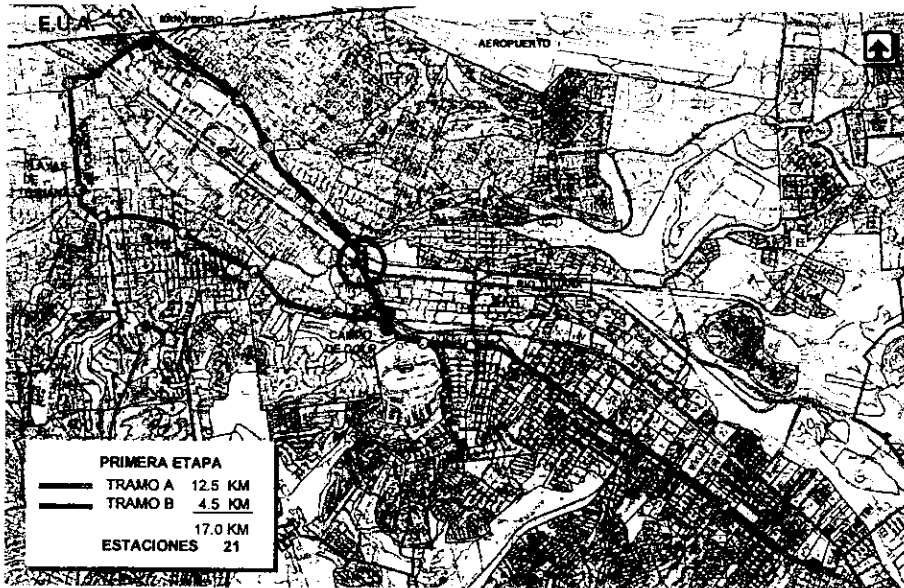
- 1.- Estación Fronteriza Puerta México.- Solución especial de Estación en tajo que permita dar servicio a los tramos "A" y "B", y adecuación del entorno adyacente.
- 2.- Proyecto del nuevo acceso vehicular E.U.-México.- Adecuación al proyecto de SEDESOL del distribuidor para permitir el trazo de la línea elevada del Tren Ligero.
- 3.- Cruce con el río Tijuana.- Solución a base de un puente de mayor claro sobre el lecho del río.
- 4.- Paso peatonal Agua Caliente.- El trazo de la línea y el paso peatonal existente coinciden.
- 5.- Estación de correspondencia Hipódromo; con desnivel a resolver y paso de peatones elevado.
- 6.- Paso deprimido Boulevard de las Américas y Agua Caliente para vehículos, el cual debe ser considerado para resolver los claros de columnas que permitan salvarlo.
- 7.- Crucero "5 y 10".- En este punto existe 1 paso a desnivel para peatones y a futuro se contempla una solución vial a desnivel. En ambos casos existe interferencia con la vía elevada y convendrá dar una solución integral.
- 8.- Estación terminal San Martín.- Por tratarse de una estación terminal elevada y una transición a vía superficial, unida al taller de mantenimiento e intercambio de medios de transporte de superficie, se hace necesario analizar una solución vial que resuelva los puntos anteriores, la reserva territorial necesaria y la vialidad que confluya a este vértice.

Sobre el tramo "B" superficial se presentan 2 soluciones específicas.

- 9.- La estación elevada localizada en el cruce con la avenida Cuauhtémoc se resolverá utilizando la estructura del puente del ferrocarril existente en ese crucero.

- 10.- La estación elevada localizada en el Río Tijuana utilizará el puente de Ferrocarril existente sobre el lecho del río, por lo cual es necesario revisar este aspecto. Los accesos de la misma se conectarán a las vialidades laterales del Río.

TRAZO DE LA LINEA



ADQUISICION DE PREDIOS

Para la implantación de la línea del Tren Ligero es preciso contar con los espacios destinados para la construcción de la estructura que lo soporta, sus estaciones y demás servicios que permiten su adecuada operación.

De común acuerdo con las autoridades del H. Ayuntamiento de la ciudad de Tijuana, el derecho de vía será liberado y proporcionado como permiso para su uso por el plazo que dure la concesión, adquiriendo los predios particulares que darán continuidad al trazo y alojarán sus instalaciones.

TRAMO "A"

Las adquisiciones de predios que se realizarán a lo largo del corredor para liberar el derecho de vía de la línea "A" son las mínimas necesarias, ya que en algunos casos, con el fin de evitar erogaciones adicionales, se implantaron curvas en radios mínimos, reduciendo la velocidad de operación dentro de márgenes de seguridad y operación razonables.

Los predios para adquisición de área, se enlistan a continuación:

- 1.- Zona de la Pera contiguo al límite fronterizo. Manzana completa para ubicación de estación terminal de correspondencia con línea "B", accesos y cola de maniobras y espuela de conexión a la vía existente de FNM.
- 2.- Caseta de aduanas, recinto federal en zona de la garita "Puente México".
- 3.- Un entreje del 2º piso del centro recreativo "Las Californias" para cruzar en tramo, del canal Río Tijuana a calle Coahuila, en Av. Negrete.
- 4.- Predio ubicado en la esquina Sur Oriente del cruce de la calle Coahuila y la Av. Revolución.

- 5.- Predios ubicados en la intersección norte de Boulevard Salinas y Boulevard Agua Caliente.
- 6.- Predios ubicados en la correspondencia de las estaciones "Hipódromo" de las líneas "A" y "B" en Boulevard Agua Caliente y Av. Ferrocarril.
- 7.- Predio ubicado en la intersección de Boulevard Díaz Ordaz y Av. Ferrocarril para ubicación de estación terminal, cola de maniobras, taller de revisión e intercambio de predios.

TRAMO "B"

Mediante la gestión de las autoridades, este corredor podrá utilizar la vía y el derecho de ésta en el ferrocarril a Tecate, requiriendo en parte de los predios adyacentes para la localización de estaciones y accesos, así como una zona para laderos; aprovechando para dar este servicio la propia infraestructura con que cuenta la ciudad.

4.8.1).- OBRAS INDUCIDAS

En el análisis de las obras inducidas que se revisaron con información de los archivos de la Comisión Federal de Electricidad, Distribución de Gas de Tijuana y Teléfonos del Norte, se observa que en la trayectoria de la Línea existen instalaciones de esos organismos, tanto longitudinal como transversalmente a la trayectoria mencionada. La escala de los planos donde se muestran esas obras inducidas es grande; en la mayoría de los casos no es posible precisar la ubicación de las instalaciones, tanto subterráneas como aéreas, que pudieran ser afectadas por la construcción del Sistema de Transporte, por lo que se complementó la información con inspecciones directas de campo; siendo necesario para el desarrollo del proyecto ejecutivo efectuar el levantamiento topográfico directo, planimétrico y altimétrico, complementado con "calas" que permitan conocer la posición

de las obras inducidas y determinar cuales significan interferencia para proceder al proyecto de solución.

En el primer tramo, sobre la Av. Larroque, solamente se tiene conocimiento de la red de gas, en tubo de $\phi 2''$ en la banquetta poniente entre Av. de la Amistad y M. Mendoza, que no interfiere con la zona de construcción; se desconoce qué instalaciones puedan tener Tel Norte y la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.). En la Av. Revolución entre Coahuila y Juan Sarabia; en las aceras oriente y poniente se localizan canalizaciones con fibra óptica propiedad de Tel Norte; en E. Zapata y en I. Zaragoza cruzan canalizaciones que pudieran ser afectadas por la cimentación. En este mismo tramo la C.F.E. tiene en ambas aceras líneas de 13.2 kv. que no significan interferencia y de la red de distribución de gas entre Artículo 123 y Juárez en la banquetta oriente no significa obstáculo, pero habrá que cuidar no afectar esta línea de $\phi 2''$ al cruzar hacia el poniente en la calle Juárez. Desde Zapata y hasta Zaragoza o Calle 9ª la red corre por la acera poniente sin que sea necesario modificar su trayectoria.

En la acera oriente del Boulevard desde Juan Sarabia y hasta José Gallegos, existe canalización con fibra óptica; como las escaleras de acceso a las estaciones se apoyarán en las banquetas, existe la posibilidad de que el diseño de la cimentación de los accesos de cada una de las estaciones evite la relocalización de esas líneas telefónicas por el alto costo que ello representaría. En las calles Pío Pico, Quintana Roo, Río Grijalbo, Río Tijuana, Abelardo Rodríguez, Paniagua, Tapachula y Av. de las Américas existen canalizaciones con cable multipar que cruzan el Boulevard, algunas de ellas podrían ser afectados por la construcción del Tren Ligero; con la distribución de los apoyos se puede minimizar esta posibilidad.

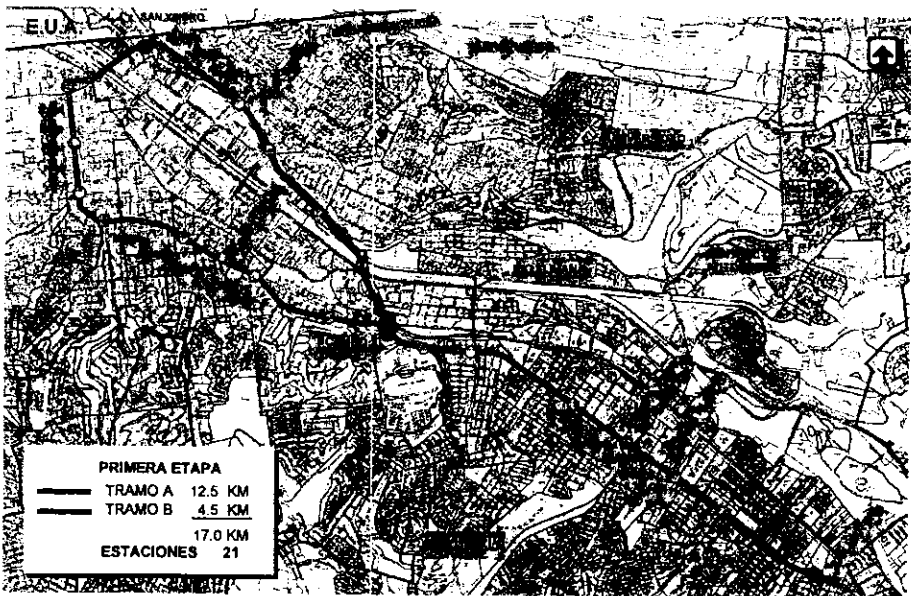
Entre Río Tijuana y José Gallegos en la acera norte del Boulevard existe postería con líneas aéreas de la C.F.E; si algún tramo interfiriera se puede solucionar elevando lo necesario las líneas mencionadas.

De la red de distribución de gas la línea de 4" de diámetro coincide con el trazo del Tren Ligero entre las calles de Barranquita y Privada de los Pinos

por lo que se considera la necesidad de reubicación de esa línea en el tramo mencionado. En las calles de Durango, Ensenada, Jalisco, Abelardo Rodríguez, Miguel Alemán, Sta. María, Gardenias y Av. de las Palmas la red de gas cruza el Boulevard Agua Caliente; con la distribución apropiada de los apoyos se podrá liberar la mayoría de estos cruces.

Otras interferencias que se deben considerar son: el camellón central con alumbrado público que se encuentran entre Río Lerma y Río Tijuana, así como entre Félix Gómez y Vientos Alisios. El paso peatonal de la intersección sur de la Av. G. Salinas y el paso a desnivel de Av. de las Américas - Bugambilias.

LOCALIZACION DE OBRAS INDUCIDAS



En la acera oriente entre José Gallegos y Lázaro Cárdenas y cruzando en esta avenida al lado poniente, y hasta la Av. 38 Sur existe canalización de Teléfonos del Norte, probablemente con fibra óptica; también la red de gas

se encuentra en ambas aceras, la energía eléctrica se distribuye por medio de líneas aéreas; como la solución de acceso a las estaciones es al centro de las mismas, en general no significan interferencia para la construcción. Sin embargo, será necesario modificar el camellón central y reubicar las banquetas con su alumbrado público entre la calle Félix Gómez y la Av. Vientos Alisios; también el paso peatonal del Boulevard Díaz Ordaz y la calzada Lázaro Cárdenas deberán modificarse para posibilitar la construcción del Tren Ligero.

5.- OPERACION DEL SISTEMA

OPERACION DEL SISTEMA

OPERACION DE LA LINEA

Para el análisis operativo de la línea, se consideró la longitud de servicio; la misma se utilizó para el análisis del número de trenes; de acuerdo a ésta longitud y considerando la posición geográfica de algunas estaciones, se determinó la posición de los servicios provisionales.

DISTRIBUCION DE TRENES

Se calcula el número de tal forma que la línea quede balanceada al inicio del servicio y para este caso se dejará un tercio del número total requerido en un extremo y el resto en el contrario.

DEPOSITOS

Se considera el número de trenes asignado a cada extremo o número de posiciones de estacionamiento; en el extremo que colinda con la frontera o la estación "Puerta México" por el número calculado, no se requiere un depósito, debido a que en la longitud de la cola de maniobras caben perfectamente los trenes necesarios.

En lo que respecta a la zona sur de línea, debido a que el área para depósito se encuentra con fuerte desnivel con respecto a la terminal, se decidió que los trenes se estacionen en la cola de maniobras y el resto en la línea, en el tramo comprendido entre la estación terminal y la siguiente estación.

FOSA DE VISITA

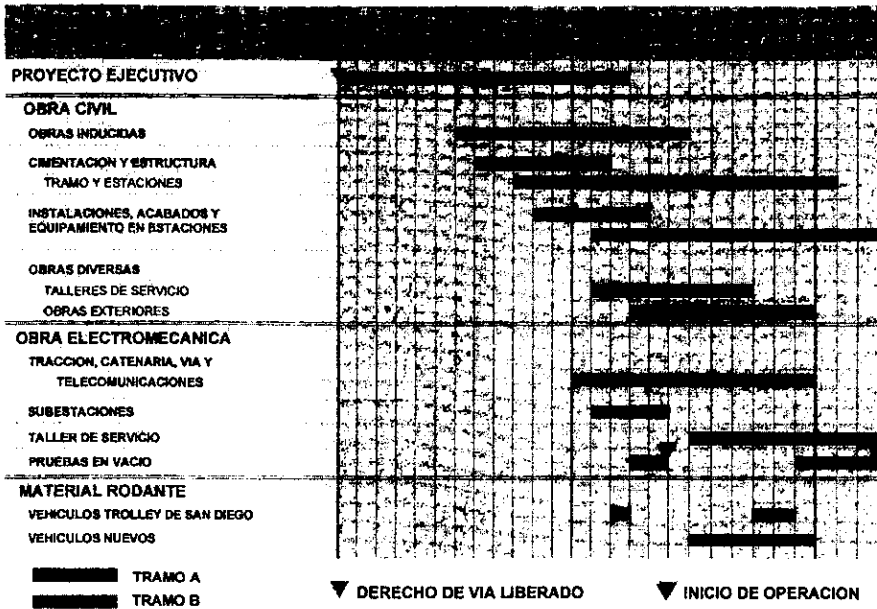
Se requiere para el mantenimiento de trenes, una fosa que atienda problemas pequeños que no tengan al tren fuera de operación por períodos prolongados de tiempo. Esta fosa se ubica en la estación terminal sur en solución elevada, lo más cerca de la terminal, de tal forma, que el tren averiado no tenga necesidad de realizar maniobras para entrar a ésta.

Operación de los trenes de la línea "A" con los de línea "B".

Debido a las características propias de la línea "B", (una sola vía) se analizó la compatibilidad del intervalo que tendría que guardar dicha línea en relación a su demanda y la línea "A", la cual operará a un intervalo mínimo de 360 segundos, por lo que la operación de la línea (A y B) puede considerar inyectar de línea "A" a la línea "B", un tren si y uno no.

6.- PROGRAMA

PROGRAMA



Se consideraron los volúmenes cuantificados de obra, procedimientos constructivos y tiempos de suministro.

7.- ANALISIS FINANCIERO Y DE INVERSION

ANÁLISIS FINANCIERO Y DE INVERSIÓN

Con el objetivo de analizar la factibilidad y las condiciones financieras del Tren Ligero Tijuana se llevó a cabo un análisis financiero que considera tres fuentes de financiamiento: créditos de apoyo a las exportaciones; un crédito en dólares de la banca comercial, en las mejores condiciones de mercado, y aportaciones de capital de los socios. Este análisis, considerado como el más viable, contempla la existencia de una línea de contingencia, acordada entre autoridades e inversionistas, que apoye al Tren Ligero en el caso de eventualidades ajenas al concesionario.

Asimismo, a fin de contar con elementos de juicio comparativos, se realizaron análisis en pesos corrientes considerando dos alternativas de financiamiento. La primera con una tasa de CETES + 3 puntos, de acuerdo a la sugerencia de BANOBRAS y la segunda con un crédito en UDIS a tasa anual de 10% real.

La información de aforo y demanda utilizada en el presente análisis ha sido suministrada por firmas especializadas independientes de reconocido prestigio. Los montos de inversión son estimaciones de acuerdo a las condiciones financieras prevalecientes y a las características del proyecto. De llevarse a cabo éste, dichos montos tendrían que ser estudiados y/o modificados por el Consorcio Constructor Operador.

Las premisas del análisis son las siguientes:

Periodo Concesión	30 años
Periodo de construcción	27 meses
Inversión estimada	USD 190 Millones

PROGRAMA DE INVERSIÓN (MILES DE DÓLARES)

	TOTAL	1998	1998	1999	1999	2011	2018	2025
TOTAL	170,000	24,178	60,102	42,962	49,092	4,553	4,553	4,553

*Nota: El arancel es sobre el equipo importado.

Las inversiones a partir del segundo semestre de 1999, se cubren con el flujo del proyecto. Para satisfacer la demanda estimada, se tiene planeado comprar 16 vehículos usados al San Diego Trolley, y 13 Vehículos nuevos SIEMENS.

TPDA Inicial	80,000 personas
TMCA	1.5%
M ² por local comercial en venta	6,000 m ²
Precio por m ² /mes	12 USD
Ingresos por Publicidad	2.0% de los Ingresos
Gasto de Operación y mantenimiento	0.35 USD/pasajero
Administración/año	145 MUSD

ESTRUCTURA FINANCIERA

La estructura financiera propuesta considera 30% capital y 70% financiamiento sobre el monto total de la inversión, el cual incluye construcción, equipamiento, proyecto, fianzas y seguros y gastos financieros, entre otros.

ELEMENTOS CONSIDERADOS EN LA INVERSIÓN TOTAL PARA EL PROYECTO

Costo de construcción, IVA neto, Proyecto, Supervisión, Fideicomiso, Arancel, Seguros, Reservas, y Gastos Financieros.

RESULTADOS

La tarifa a la cual el sistema de transporte resulta rentable es el equivalente a precios constantes en nuevos pesos de 1.1 dólares estadounidenses, sin incluir el IVA.

Cabe señalar que, aportaciones privadas, municipales, estatales o federales, transferencia de recursos o subsidios podrán verse reflejados en favor de la tarifa, haciéndola más accesible a otros sectores de la población.

El gobierno absorberá los gastos relacionados con permisos, licencias y adquisiciones de terrenos afectados.

COBERTURA

Los eventos bajo los cuales se ejercerá la línea de contingencia son los siguientes:

- En caso de que el Gobierno Estatal, Federal o Municipal no permita al concesionario incrementar la tarifa del Tren Ligero de Tijuana de acuerdo a lo estipulado en el Título de Concesión.
- En caso de que se presente una disminución de la demanda respecto a lo proyectado, por variaciones en las premisas que la originaron, a causa de factores políticos o actos de gobierno.
- En caso de que no se lleve a cabo la reorganización del sistema de transporte de la ciudad de Tijuana de acuerdo al compromiso del Gobierno

Estatad y Municipal, así como el estacionamiento público en el corredor, en la medida que esto afecte la demanda proyectada para el Tren Ligero.

- En caso de que se presenten variaciones en el tipo de cambio por encima de lo proyectado en el análisis, y en la medida que se genere un déficit del flujo en pesos destinado para el pago de los compromisos en dólares, toda vez que la tarifa no se ajuste en la misma magnitud que el tipo de cambio, adquiridos con los bancos para la realización del proyecto.
- En caso de rescisión del contrato de concesión, en la medida que esto afecte el pago del total de las inversiones.



8.- CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Tijuana es una de las ciudades que presenta mayor índice de crecimiento poblacional en el país, con una tasa de 6.7% anual. Por tal motivo, es evidente la creciente necesidad de servicios e infraestructura en toda la mancha urbana, y en aquellas zonas de nueva creación.

Desde sus inicios, Tijuana ha tenido una vida muy dinámica y explosiva; en el presente siglo, ha sido una de las ciudades del país con mayor auge económico, y es en Tijuana donde se presenta la mayor actividad en cuanto al cruce de frontera en el país, lo que provoca que exista un gran movimiento de personas y de inversiones a corto, mediano y largo plazo.

Dadas las condiciones topográficas de la ciudad, y de los asentamientos en zonas vulnerables por fenómenos hidrometeorológicos, se presentan graves problemas de inundaciones, y de fallas en los sistemas de transporte. Aunado a esto, se tiene que sólo el 40% de la vialidad existente está pavimentada, y que la estructuración de rutas es ineficiente para la gran cantidad de parque vehicular con que se cuenta: 5,419 taxis, 1,256 calafías y 655 autobuses.

En la ciudad se generan en promedio 1'500,000 viajes por persona al día, de los cuales el 77% corresponden a transporte público y 23% a automóviles particulares.

En 1996 se llevaron a cabo estudios de movilidad en la ciudad, con objeto de conocer las características de los movimientos urbanos. De dichos estudios se desprende el hecho de que el corredor que concentra los mayores movimientos de transporte en la ciudad es el de Revolución - Blvd. Agua Caliente – Díaz Ordaz, con un total de más de 225,000 viajes por persona al día.

Adicionalmente se realizaron aforos peatonales y vehiculares en la garita de San Isidro, detectándose el cruce de 42,000 peatones y 45,000 vehículos por día.

Por los planteamientos expuestos anteriormente, decidí plantear una propuesta al grave problema de transporte en la ciudad de Tijuana. Después de estudiar las diferentes opciones y sistemas de transporte, la conclusión es que el Tren Ligero es la respuesta adecuada al problema específico de la ciudad, además de presentarse el hecho de que en la ciudad vecina de San Diego, California, se tiene ya en operación un sistema idéntico al propuesto, que serviría como apoyo en cuestiones técnico – operativas, así como de mantenimiento, a la vez que plantea la oportunidad de hacer un enlace de transporte muy eficaz entre ambas ciudades, en un futuro cercano.

El Tren Ligero es la concepción moderna del tranvía, al cual se le han mejorado diversos aspectos, tanto tecnológicos como operativos. Sus características de rendimiento a costo lo sitúan entre el tranvía y el metro y opera en derecho de vía exclusivo, a la vez de presentar la posibilidad de ramificarse, y por ende, hacer un mejor uso de su tramo troncal.

El Tren Ligero presenta una gran capacidad de aceleración así como de desaceleración; sus velocidades máximas se encuentran entre 70 y 80 km/h, dependiendo de los derechos de vía.

El sistema de tren ligero propuesto es material rodante U-2 o SD-100 de SIEMENS, que además de ser confiable, es similar al utilizado por el Metropolitan Transit System en San Diego, California. La capacidad de transporte de estos vehículos es de 64 pasajeros sentados y 186 parados, lo que da un total de 250 pasajeros por vehículo.

Con base en el número de usuarios para cada horizonte estudiado, se calculó el intervalo mínimo necesario para cumplir con la demanda y se analizó con diferente formación de trenes, previéndose 21 trenes al inicio de operaciones, con uno de reserva para mantenimiento.

Todas las estaciones tienen una longitud de 50 m., para recibir trenes de 2 unidades que podrán ser ampliadas a futuro para recibir trenes de 3 vagones.

El trazo de la Línea se plantea sobre el corredor de mayor movilidad, y el estudio de aforo para dicha Línea, estima una demanda de 80,000 pasajeros por día.

El sistema tendrá una longitud de 16.95 km., dividida en 2 tramos iniciales:

- Tramo A, con una longitud de 12.46 km. y 16 estaciones. Inicia su recorrido en la estación Puerta México, localizada en la garita fronteriza, corre a lo largo de la Av. Revolución, el Blvd. Agua Caliente y el Blvd. Gustavo Díaz Ordaz, y termina en la Av. San Martín, donde además de resolverse su terminal, se encuentran los talleres de mantenimiento menor.
- Tramo B, con una longitud de 4.49 km. y 5 estaciones. Continúa a partir de la estación Puerta México, y su trazo se desarrolla utilizando la vía del ferrocarril Tijuana – Tecate, hasta llegar a la Estación Agua Caliente donde se podrá transbordar al Tramo A.

Se desarrollaron dos estaciones tipo: la estación elevada con andenes laterales y sus variantes en la Av. Revolución para el tramo A, y la estación superficial para el tramo B.

Para el proyecto estructural, el análisis y diseño estructural se rigió por los lineamientos estipulados en el Reglamento de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California de 1992 en vigor, y por las normas del American Association of Highway an Transportation Officials (AASHTO).

Para efectos de la energía requerida en el sistema, ésta será tomada de la red preferente y emergente de la ciudad, a través de subestaciones rectificadoras de tracción localizadas a lo largo del trayecto; para alimentar las cargas internas de las estaciones de pasajeros se utilizarán tableros de distribución, alimentados directamente de la red pública. Sólo para el taller se considerará una subestación de distribución.

De manera paralela, se plantea la regeneración urbana y revitalización del corredor urbano donde se ubica la Línea, peatonalizando la Av. Revolución, comercializando grandes espacios localizados bajo la estructura de la Línea, eliminando el estacionamiento en la vía pública, creando para ello zonas especiales para este hecho, adecuación de banquetas a lo largo del trazo de la Línea, así como remodelando vialidades coincidentes.

La propuesta incluyó un sencillo análisis financiero y de inversión, el cual considera tres fuentes de financiamiento: créditos de apoyo a las exportaciones; un crédito en dólares de la banca comercial y aportaciones de capital de los socios. Este análisis, considerado como el más viable, contempla la existencia de una línea de contingencia, en el caso de eventualidades ajenas al concesionario.

El análisis realizado, arrojó una tarifa con la cual el sistema resulta rentable que es el equivalente, a precios constantes en pesos, de USD 1.1, sin incluir el IVA.

Los estudios y planteamientos han sido hechos considerando que será un Consorcio Constructor Operador privado, quien tendrá a manera de concesión la construcción y operación de la primera Línea de Transporte Ligero en Tijuana. Todos los resultados de esta propuesta deberán ser revisados y ajustados por dicho Consorcio, en caso de llevarse a cabo ésta.

La presente propuesta tiene como único fin dar una alternativa de solución al grave problema de transporte de la ciudad de Tijuana, B.C., ya que además de ser urgente dar un mejor servicio de transporte a su población, es necesario revitalizarla, siendo una puerta de entrada tan importante al país.



9.- BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Zamudio Ramírez Eduardo, Gerencia de Transporte, Dirección General de Desarrollo de Negocios Grupo ICA, 1997.
- Molinero Molinero Angel, Sánchez Arellano Luis. Transporte Público: Planeación, Diseño, Operación y Administración. Universidad Autónoma del Estado de México, 1997.
- Il Diplomado Internacional de Transporte. Diseño de una Ruta Operativa en el Area Metropolitana del Valle de México. División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, 1997.
- Erossa Martin Victoria E. Proyectos de Inversión en Ingeniería. Editorial Limusa-Noriega, 1991.
- Romero Aceves Ricardo. Horizontes Bajacalifornianos. Central Impresora Litográfica. México, 1966.
- Cuenca Díaz Hermenegildo, General de División DEM. Monografía del Estado de Baja California. México, 1976.
- Suárez Reynoso Saturnino y Zárate Rocha Luis, Ingeniería Financiera ante la Globalización: Esquemas de Financiamiento para la Formación de Consorcios, XXIII Convención Panamericana de Ingenieros, México, 1994.
- Mercamétrica de 80 ciudades mexicanas. Vol. 1, 1997. Mercamétrica Ediciones, S.A.
- Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE), 1997. INEGI.
- Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población. Gobierno del Estado de Baja California, 1994.
- Instituto Mexicano del Transporte. Seminario Internacional Proviaal México 1994.

- Reglamento de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, 1992.
- Normas, American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Cd. de México. D.D.F.
- Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, Presidencia de la República, México, 1995.
- La Ingeniería Civil Mexicana, un encuentro con la historia, Colegio de Ingenieros Civiles de México, México, 1996.
- Grupo ICA, revista editada por Grupo ICA, México.
- Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 1995, INEGI, México, 1996.
- Comisión Federal de Electricidad. Archivo
- Distribución de Gas de Tijuana. Archivo.
- Teléfonos del Norte. Archivo.