

21/68



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## APLICACION DE TECNICAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL EN LA DOSIFICACION, CANALIZACION Y ORIENTACION DE USUARIOS EN EL S. T. C. (METRO)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
 INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
 P R E S E N T A N :  
 ANA LILIA JURADO MUÑOZ  
 MARITZA LOZANO SANCHEZ  
 ADRIANA SANCHEZ GALLEN





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

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

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

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

# INDICE

APLICACION DE TECNICAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL EN LA:  
DOSIFICACION, CANALIZACION Y ORIENTACION DE USUARIOS  
EN EL S. T. C. (M E T R O).

C O N T E N I D O:

INTRODUCCION	1
I. CAPITULO I	4
EL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO.	
ORIGENES Y DESARROLLO.	
I.1. ANTECEDENTES	4
I.2. ORIGEN DEL METRO	6
I.3. DESARROLLO HISTORICO DEL METRO	
EN LA CIUDAD DE MEXICO	9
I.4. AMPLIACIONES DE LA RED	13
I.5. DESARROLLO FUTURO	16
II. CAPITULO II	18
OPERACION DEL METRO	
II.1. INTRODUCCION	18
II.2. DATOS OPERATIVOS Y CARACTERISTICAS	
DEL SERVICIO	21
II.3. ELEMENTOS DE APOYO	29
III. CAPITULO III	34
DIAGNOSTICO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS	
USUARIOS EN ESTACIONES Y TRENES DEL METRO	

IV. CAPITULO IV	46
TECNICAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL SUSCEPTIBLES DE APLICACION	
IV.1. INTRODUCCION	46
IV.2. LINEAS DE ESPERA	48
IV.3. MODELO DE NIVEL DE ACEPTACION	56
IV.4. ALGORITMO DE TRANSPORTE	58
IV.5. RED DE FLUJO MAXIMO	60
IV.6. PROBLEMA DE TRANSBORDO	61
IV.7. BALANCED DE RECURSOS	63
IV.8. INVENTARIOS	64
IV.9. RUTA MAS CORTA	66
IV.10. DISTRIBUCION DE PLANTA	67
IV.11. INGENIERIA DE METODOS	68
IV.12. TECNICAS PARTICIPATIVAS	69
V. CAPITULO V	74
RECOMENDACIONES	
AFENDICE	81
BIBLIOGRAFIA	92

# INTRODUCCION

## I N T R O D U C C I O N

En la Ciudad de México, se han integrado programas para proporcionar los servicios prioritarios a la población, utilizando de la mejor manera los escasos recursos con que se cuenta. La Capital de la República afronta grandes exigencias que implican el cambio permanente de una gran metrópoli, con un crecimiento rápido y desordenado.

Uno de los grandes problemas que se ha planteado nuestra ciudad desde años atrás, ha sido el transporte, por lo tanto una de las principales preocupaciones es dotar a los habitantes de una de las ciudades más pobladas y extensas del mundo, de los medios de movilización necesarios y adecuados.

El transporte de personas en cualquier modo conocido, requiere de una coordinación entre sus partes para propiciar el aumento de su capacidad, disminuir su costo, incrementar su eficiencia y seguridad y abatir la contaminación.

El Sistema de Transporte Colectivo, constituye por su capacidad de movilización, el eje de transportación de la ciudad. Con 18 años de servicio continúa con una demanda que crece cada año, que obliga a ofrecer un mayor y mejor servicio en forma permanente y con un claro sentido social. En las condiciones actuales de nuestra ciudad este tipo de transporte masivo de pasajeros, es indispensable para las actividades diarias.

Llama nuestra atención la presencia de situaciones problemáticas y de poco control, en las que se ve involucrado el

público usuario, y que indirectamente entorpecen el servicio como lo son las aglomeraciones, falta de fluidez, etc.

Para dichas situaciones se han implantado diversas soluciones que aunque han mejorado en cierta medida el servicio, no han sido lo suficientemente eficientes como para solucionar estos problemas.

Por otra parte, sabemos que la Ingeniería Industrial tiene como función social objetivo el incremento de la productividad, con la finalidad de generar un bienestar compartido, y siendo una disciplina que se encarga del diseño, mejora, instalación y operación de sistemas que integran: al hombre, materiales, maquinaria, equipo, información, energía y recursos económicos, pensamos en desarrollar en base a los conceptos que nos proporciona, una posible solución a los problemas que afectan al usuario en el STC. Esta solución tratará de darse, estableciendo la posible relación entre los elementos con los que cuenta el STC y las técnicas de Ingeniería Industrial que sean seleccionadas como susceptibles de aplicación.

Trataremos de llegar a una conclusión satisfactoria de este trabajo, por medio de la elaboración de cinco capítulos que se plantean en el siguiente orden:

- En el Capítulo I, se presenta un resumen histórico desde los inicios del Metro hasta nuestros días, presentando los antecedentes a su construcción, los orígenes de la determinación de las primeras líneas, el desarrollo de la Red y los planes de ampliación a futuro.

- En el Capítulo II, se da una explicación general de la operación del Metro, en donde incluimos una introducción referida al Área del Sistema que se relaciona directamente con los usuarios, un resumen de los datos operativos y características del servicio en donde se establecen los parámetros más relevantes de la transportación, así como los elementos de apoyo enfocados a mejorar el servicio.

- Contando ya con la información que proporcionan los capítulos anteriores y observando la problemática real que los usuarios viven, en el Capítulo III se lleva a cabo un diagnóstico del comportamiento de los mismos en estaciones y trenes del Metro.

- En el Capítulo IV, se recopilan las técnicas de Ingeniería Industrial, que después de un proceso de selección, se consideran como susceptibles de aplicación.

- Por último, en el Capítulo V, se exponen las conclusiones de este estudio, así como las recomendaciones pertinentes que aportan una solución real y posible a realizar.

# **CAPITULO I**

## **EL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO. ORIGENES Y DESARROLLO.**

## I. EL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO. ORIGENES Y DESARROLLO.

### I.1. ANTECEDENTES.

Alrededor de los años de 1950 y 1965 la Ciudad de México tuvo un alto crecimiento en su población, elevándose de 3'100,000 habitantes en 1950 a más de 6'300,000 habitantes en 1965, con una tasa de crecimiento demográfico en cada año superior al 5%.

Este crecimiento tan acelerado, trajo consigo una serie de problemas, como el abastecimiento de agua y red de drenaje correspondiente, la construcción de viviendas, hospitales, escuelas, construcción de vías de comunicación y transporte. El resultado fue que la ciudad se extendiera de 200 kilómetros cuadrados a 372 kilómetros cuadrados de superficie de 1950 a 1965 con longitudes máximas de 25 km. de Norte a Sur y de 20 km. de Oriente a Poniente, por lo que los habitantes de la ciudad tenían que recorrer grandes distancias a sus puntos de destino. Esto empezó a ser uno de los problemas más graves a resolver por el Departamento del Distrito Federal.

De la misma manera, el transporte empezó a crecer desmesuradamente sin resolver el problema; para 1965 la Dirección de Tránsito tenía registrados alrededor de 310,000 vehículos, de los cuales se consideraba que el 80% circulaba diariamente por la ciudad, de manera que había un promedio de 248,000 vehículos que transportaban más de 8 millones de pasajeros por día.

Las estadísticas de 1965, pronosticaban que la población llegaría a ser de 7 millones de habitantes en 1970 en la ciudad, y 2 millones más en las zonas periféricas, así, el problema de transporte y de tránsito se agravaba, haciendo que esta situación se tornara crítica en la zonas céntricas, en donde diariamente circulaban 4 mil unidades de transporte urbano, además de 150 mil automóviles que acudían al centro. En horas pico la velocidad de un transeúnte era mayor que la de un trolebús lo que hacía que se perdieran 4 millones de horas-hombre por día solamente en transporte. Estos congestionamientos traían adicionalmente un aumento en la contaminación ambiental y en el ruido.

La idea de poner a disposición de todos los ciudadanos, un medio colectivo de transporte que por sus características resultara atractivo para todo tipo de usuarios potenciales y que además resolviera el grave problema de transporte en general, culminó con la inauguración de la primera línea del Metro, en septiembre de 1969.

## 1.2. ORIGEN DEL METRO.

La decisión de construir un sistema de transporte rápido en nuestra ciudad, sistema que necesariamente habría de ser subterráneo en su mayor parte, se vió demorada durante muchos años por el tipo de problemas específicos que en el caso de nuestra ciudad venían a sumarse a los que son normales en obras de esta índole en cualquier lugar del mundo; de manera destacada los problemas de nuestro subsuelo y la incidencia de temblores. Sin restar importancia a las graves dificultades del financiamiento de las obras y a los problemas de tipo técnico que parecían presentar más obstáculos.

El Metro nació hace más de un siglo, en la ciudad de Londres. La afluencia de personas que necesitaban acudir al centro de la ciudad, en aquellos días la más poblada del mundo, afluencia cifrada en 750 mil personas diarias, animó a un grupo de hombres de empresa a crear una compañía denominada North Metropolitan Railway Company, de la que el primer tren subterráneo habría de recibir su nombre. Ahora se denomina Metropolitano o más brevemente Metro, a estos ferrocarriles subterráneos en casi todo el mundo.

El 10 de enero de 1863 se puso en marcha el primer tren subterráneo. La tracción en aquel primer Metro se hacía por medio de locomotoras de vapor, las que utilizaban carbón como combustible.

El Metro nació en Londres porque fue ahí donde se hicieron sentir primero las conveniencias, después los apremios y

finalmente las necesidades insoslayables que más tarde habrían de darse en muchas otras ciudades en crecimiento.

Después de Londres y antes que México, construyeron sus sistemas 35 ciudades. El ritmo de crecimiento que el número de metros siguió en los 110 años comprendidos en dichos periodos fué muy variable. En los primeros 90 años (de 1860 a 1950) iniciaron su servicio 18 sistemas, y en los 20 años siguientes lo hicieron otros 17. (TABLA I.2.1.).

Hoy funcionan un total de 91 metros, 77 de los cuales están siendo ya ampliados, lo que equivale al 85% del total; están en construcción 19 sistemas y son 35 las ciudades que llevan a cabo estudios técnicos y económicos para su implantación. Un total de casi 100 ciudades contarán dentro de unos años con sistemas rápidos de transporte colectivo.

No todos los metros son iguales. En extensión varían desde 406 km. como el de Londres, hasta los 600 m., como el de Estambul (Turquia).

No es México, la única ciudad que tiene una parte de las vías de su Metro sobre la superficie del terreno. El 26% en París, el 43% en Chicago, el 58% en Londres y el 89% en Nueva York lo hacen en la misma forma.

TABLA 1.2.1.

METRO	* LONDRES	* NUEVA YORK	* PARIS	* MOSCU	** MEXICO
FECHA DE INAUGURACION	1863	1868	1900	1935	1969
NUMERO DE LINEAS	9	26	17	9	8
LONGITUD TOTAL (KM).	398.0	436.0	294.7	197.0	131.5
NUMERO DE CARROS	3,875	6,263	3,545	3,000	2,206
PASAJEROS TRANSPORTADOS POR AÑO (MILLONES)	563.0	1,006	1,413	2,426	1,414
PRECIO DE VIAJE SIMPLE (PESOS)	1,584	1,980	1,325	135.96	100
PERSONAL DE LA EMPRESA	23,900	28,655	39,000	19,468	9,284
POBLACION SERVIDA (MILLONES)	6.7	18.0	8.5	9.1	17.3

\* DATOS ACTUALIZADOS A DICIEMBRE DE 1986

\*\* DATOS ACTUALIZADOS A DICIEMBRE DE 1987

### I.3. DESARROLLO HISTORICO DEL METRO EN LA CIUDAD DE MEXICO.

Ya en 1965 se evidenciaba que la solución al transporte masivo no podía orientarse con sistemas de superficie a pesar de que ya se habían construido tres vías rápidas, el Anillo Periférico, el Viaducto Miguel Alemán y la Calzada de Tlalpan, las cuales resultaron insuficientes. Ante esto se pensó en la conveniencia de construir el Metro para que constituyera la base del transporte colectivo en la Ciudad de México.

Para el inicio de la construcción, los contratos de ingeniería suscritos con firmas nacionales y extranjeras, se vieron complementadas con los contratos de ejecución de obras, suscritos con diez compañías mexicanas, con las que a su vez habrían de colaborar como subcontratistas incontables empresas nacionales.

En el aspecto financiero se contó igualmente con la colaboración decidida del gobierno y la banca francesa que sumaron su esfuerzo al que realizaba por su parte el Departamento del Distrito Federal, sobre el cual recaía por decisión presidencial, el costo de la obra civil, representada en lo fundamental por los túneles, vías y estaciones requeridas.

Se celebraron 12 concursos nacionales y 40 concursos internacionales, en los que participaron 9 países, habiendo sido otorgados contratos a concursantes mexicanos, franceses, canadienses y norteamericanos. Para nuestro Metro se optó por la técnica francesa que había mostrado durante años sus beneficios en el Metro de París.

En el subsuelo de nuestra capital, los mantos arcillosos que lo integran son fácilmente compresibles y presentan características sumamente desventajosas para la cimentación de edificios y otras construcciones. Estas características hacían imposible en casi todos los casos el empleo de sistemas de túneles tan ampliamente utilizado en muchas otras ciudades.

Se optó por el sistema de cajón, modificado y mejorado para hacer frente a las peculiares características de nuestro suelo.

Para los trazos de las líneas se estudiaron dos posibilidades:

- La primera, llamada "solución en cruz", que consistía en una línea Norte-Sur y cruzaría el primer cuadro de la ciudad, por la Av. 20 de Noviembre, rodeaba la Catedral y proseguía hacia el norte.

La línea Oriente-Poniente atravesaría el primer cuadro por la calle de Corregidora y seguiría por la calle Monte de Piedad. El cruce de las dos líneas se encontraría en la Plaza de la Constitución, con longitudes de Norte a Sur de 22 km. y de Oriente a Poniente de 16 km. .

- La segunda opción, fue la llamada "solución en anillo", con tres líneas, una Norte-Sur por Balderas y Reforma Nte., y dos líneas Oriente-Poniente de Zaragoza-Av. Chapultepec hasta la Av. Tacubaya, y la otra partiendo de Tacuba hacia el Zócalo y doblando hasta Tlaxcoaque.

Aquí las longitudes de las líneas se proyectaron de

acuerdo a la inversión que se estimaba de \$ 2,600 millones con 9.1 km. para la línea 1, de la Glorieta de Chapultepec y Tacubaya hasta el cruce de Calzada Zaragoza y Blvd. Aeropuerto. La línea 2 del Panteón Sanctorum a Tlaxcoaque con 10.7 km. y la línea 3 de La Villa hasta la Glorieta de Etiopla con 11.4 km..

Para estimar la cantidad de trenes que se requería en el sistema, se hizo un estudio en función de la demanda de transporte de pasajeros, de lo que se obtuvo que de 6 millones de habitantes que había en la ciudad en 1965, se generaban 8.4 millones de viajes al día lo que resultaba en 1.3 viajes por habitante.

La hora crítica de la mañana se presentaba entre las 7:00 y las 8:00 hrs., en la cual se transportaba el 7.9% del pasaje total. Por la tarde la hora crítica ocurría entre las 18:00 y las 19:00 hrs., alcanzando el 8.3% del total.

La población que había en el área de influencia de 2 km. de ancho por cada línea, resultaba en 1.8 millones de habitantes, lo que llevó a la conclusión de que viajarían diariamente 1.3 millones de pasajeros con un máximo de 20 mil pasajeros por hora en una dirección. A pesar de que la capacidad máxima de un tren con 9 vagones es de 1,530 pasajeros, se propusieron inicialmente trenes de 6 carros cada tres minutos. Esto dio como resultado el requerimiento de 50 trenes de 6 carros cada uno, o sea un total de 300 carros.

Para el 29 de abril de 1967, se creó el Organismo Público descentralizado llamado "SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO" (S.T.C.), que se encargó de supervisar el proyecto y la obra, y

más tarde la operación misma del Metro. Por su parte el grupo de empresas I.C.A. constituyó en febrero de 1967 la empresa "Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano" (I.S.T.M.E.), que llevaría a cabo el proyecto completo del Metro en la Ciudad de México.

La obra se realizó en 40 meses y dió paso a la primera línea del Metro con una longitud total de 11.5 km. que se extendía de la estación Zaragoza a Chapultepec con 16 estaciones y una longitud media entre estaciones de 844 m.

- El primero de agosto de 1970 se inauguró el tramo Tasqueña-Pino Suárez con 9.5 km. y 11 estaciones. El 14 de septiembre de 1970 entra en operación el tramo Pino Suárez-Tacuba con 11 estaciones y 7.9 km. En el mismo año, el 20 de noviembre la línea 3 del Metro es inaugurada en el tramo Tlatelolco-Hospital General con 4.8 km. y 7 estaciones, además de abrirse las estaciones de Juanacatlán y Tacubaya en la línea 1. El 10 de junio de 1972 se inaugura la estación Observatorio de la línea 1, para obtener una longitud de 15.2 km. - (\*).

El número de pasajeros transportados en 10 años (1969-1978) ascendió a 2,238 millones de pasajeros, equivalente a un promedio diario de 640,000 personas.

(\*) "El Metro de la Ciudad de México". Ing. Julián Díaz.

Para 1977 el Metro tenía en servicio tres líneas y recorría una distancia de 37.7 km. con 735 carros en operación, distribuidos de la siguiente manera:

- Línea 1: Zaragoza-Observatorio con 30 trenes.
- Línea 2: Tasqueña-Tacuba con 28 trenes.
- Línea 3: Tlatelolco-Hospital General con 5 trenes.

Todo en conjunto promediando una capacidad de 97,200 pasajeros por hora.

#### I.4. AMPLIACIONES DE LA RED.

Durante el periodo de 1970 a 1976, no se hicieron modificaciones ni ampliaciones a las tres líneas existentes del Metro.

Ya en 1976, estas líneas habían llegado a la saturación, por lo que se iniciaron los preparativos para ampliarlas en una nueva etapa.

Así, el 25 de agosto de 1978 se amplía la línea 3 con una longitud de 1.4 km. de Tlatelolco a La Raza. Para diciembre de 1979 se extiende nuevamente la línea 3 de La Raza a Indios Verdes con 11 km. de vía y 19 estaciones en servicio. Para agosto de 1980 la línea 3 queda ampliada hacia el sur hasta la calle de Emiliano Zapata, en 1983 se abre el tramo de Emiliano Zapata a Universidad, quedando un total de 23 km. en servicio en toda la línea; esto hizo que el número de usuarios aumentara de 220 mil en diciembre de 1976 a 670 mil en agosto de 1983 por cada día

laborable en esa línea.

Por otro lado, la línea 4 es inaugurada en agosto de 1981, en su primer tramo que va de Candelaria a Martín Carrera con 7 estaciones y 7.5 km. de recorrido. Para mayo de 1982 se inaugura el tramo de Santa Anita a Candelaria con 3.5 km. y 3 estaciones, totalizando 11 km. y 10 estaciones para la línea 4.

En el oriente de la ciudad, en diciembre de 1981 es inaugurado el tramo Pantitlán-Consulado de la línea 5, con 7 estaciones y 9.2 km. de vía. Un nuevo tramo de la misma línea 5 es puesto en funcionamiento de Consulado a La Raza en julio de 1982 con 3.1 km. y 3 estaciones más. Para agosto de 1982 queda terminada la línea 5 con un tramo más de La Raza a Politécnico con 3.4 km. y 3 estaciones.

La línea 6 se inaugura en su tramo El Rosario-Instituto Mexicano del Petróleo en diciembre de 1983 con 8.3 km. y 7 estaciones.

En agosto de 1984, se inaugura el tramo Zaragoza-Pantitlán de la línea 1, así como el tramo de Tacuba a Cuatro Caminos de la línea 2.

El tramo de Tacuba a Auditorio, de la línea 7, se inaugura el 20 de diciembre de 1984.

En 1985 fueron inauguradas las siguientes ampliaciones:

- El día 22 de agosto se pusieron en servicio 2 estaciones de la línea 7: Constituyentes y Tacubaya, con una longitud de 2.73 km. permitiendo la correspondencia con la línea 1.

- El 19 de diciembre entraron en operación las

estaciones: San Pedro de los Pinos, San Antonio, Mixcoac y Barranca del Muerto, con una longitud de 5.1 km.

En 1986 se inauguró la ampliación de la línea 6, de Instituto Mexicano del Petróleo a Martín Carrera, poniendo en servicio 4 nuevas estaciones con 4.7 km.

El 26 de agosto de 1987, se inaugura el tramo Pantitlán - Centro Médico de la línea 9, con una longitud de 11.5 km. y 9 estaciones.

Además, se continúa trabajando en las siguientes ampliaciones:

La línea 7 Nte. (Tacuba-El Rosario) completando una línea que cruzará la ciudad de norte a sur por el poniente.

La línea 9 Pte. (Centro Médico-Observatorio) que a la vez que disminuirá la demanda de la línea 1, aumentará la capacidad de transporte en zonas céntricas de gran afluencia.

En el año de 1987, la red cuenta con 8 líneas que totalizan 131.5 km., siendo 114.368 km. la longitud de servicio. Con 15.26 km. de vía elevada, 28.003 km. de tramo superficial y 82.397 km. de tramo subterráneo, los que sumados equivalen a la longitud en operación. La longitud media entre estaciones es de 1,039.7 m. con un total de 118 estaciones.

El Metro, como sistema rápido de transporte colectivo urbano, ha demostrado cumplidamente su eficacia en las más variadas condiciones, tanto ambientales como de explotación. Nuestro sistema ha logrado aprovechar experiencias ajenas adaptándolas a nuestras condiciones propias, y constituye hoy uno de los orgullos de nuestra capital.

## I.5. DESARROLLO FUTURO.

Se piensa llegar al año 2,010 a tener 15 líneas con lo que quedará terminada la Red del Metro en la ciudad y zona metropolitana. Esto implicará tener una longitud total de 310 km.; o sea un promedio de construcción de 10 km. por año.

Se ha tomado en cuenta la producción de carros del Metro que se deberá tener para cubrir las ampliaciones futuras de acuerdo con la afluencia de usuarios, dando como resultado un promedio de 172 carros por año. Esto permite que la fábrica "Constructora Nacional de Carros de Ferrocarril" (C.N.C.F.), haga un promedio semanal de 3.3 carros, sin agotar su capacidad instalada que asciende a 5 carros por semana, y permite así que la capacidad que sobra se destine a otras ciudades como Guadalajara o Monterrey, o incluso se utilicen para la exportación.

Por otra parte, y con el objeto de diseñar un medio de transporte público urbano con alta capacidad de carga y costos moderados tanto de las instalaciones fijas y obra civil, como de los propios trenes, se realizó el proyecto del Metro Ligero, denominado FM-86.

Conjuntamente con C.N.C.F., el Sistema definió las especificaciones funcionales y técnicas de este material, de tal forma que, realizando la evaluación técnica-económica se determine el diseño mexicanizado que acelere el proceso de

integración nacional, con el consecuente impulso al desarrollo industrial del país y su particular efecto de saneamiento económico.

# **CAPITULO II**

## **OPERACION DEL METRO.**

## II. OPERACION DEL METRO.

### II.1. INTRODUCCION.

- El Sistema de Transporte Colectivo es un organismo dinámico y de crecimiento constante que debe actualizarse permanentemente en el ámbito tecnológico y funcional, adaptando su operación para brindar un servicio seguro, eficiente y rápido y no contaminante. Su estructura en igual forma debe estar conformada con criterios de funcionalidad que garanticen el servicio y con criterios programáticos que garanticen la eficiencia.- (\*).

En este caso la estructura programática permite identificar el área operativa del organismo con el ejercicio y aplicación de los recursos para cumplir sus funciones.

Las áreas operativas tienen como objetivos básicos la responsabilidad de transportar a los usuarios que requieren el servicio del Metro y conservar en buen estado los trenes e instalaciones necesarias para su circulación. En estas áreas se considera que trabajar en la transportación de personas es una alta responsabilidad, pues se trata de vidas humanas que deben llegar con oportunidad y seguridad a su destino.

(\*). INFORME ANUAL 1985.STC,METRO.

Dentro de la estructura orgánica del STC, la Subdirección de Operación a través de la Gerencia de Estaciones y Transportes representa el vínculo real entre el servicio proporcionado y los usuarios del mismo, como se puede observar en el Organigrama condensado. (Diagrama II.1.1.).

Dicha Gerencia, de conformidad con su objetivo general, ofrece a los usuarios del Sistema de Transporte Colectivo un servicio continuo y eficiente, desde su ingreso a las instalaciones por la estación de origen, hasta su salida por la de destino.

La Gerencia de Estaciones y Transportes está constituida por tres Subgerencias, por medio de las cuales realiza sus funciones y actividades.

1. La Subgerencia de Estaciones con la finalidad de coordinar las actividades de operación, conservación y seguridad de las estaciones de la Red para mantenerlas en funcionamiento, determina las políticas de operación, establece los sistemas de dosificación de usuarios de acuerdo a la capacidad de transporte disponible, propone las acciones para atender las emergencias que se presenten, notifica a las dependencias del Sistema correspondientes las averías de los equipos instalados, procesa y evalúa la información de los accidentes y averías técnicas que se generan de las actividades a fin de tomar las previsiones correspondientes, coordina con el Departamento de Relaciones Públicas las acciones que correspondan para la atención al público y controla la implantación de sistemas tendientes a mejorar la seguridad.

2. La Subgerencia de Transportes coordina los recursos relacionados con la conducción de los trenes a fin de lograr la prestación de un servicio seguro de transporte que satisfaga la demanda de los usuarios. Programa la operación de los trenes para cada una de las líneas de la Red del Metro, coordina con la Gerencia de Material Rodante el número de trenes requerido de acuerdo al programa de operación de trenes, regula la oferta de servicio de acuerdo a la capacidad de transporte disponible, participa en las campañas de orientación al público usuario en coordinación con el Departamento de Relaciones Públicas, evalúa la información generada en el desarrollo de las actividades de conducción de los trenes y toma las medidas preventivas y correctivas necesarias.

3. En la Subgerencia de Control Central se coordina la operación de los equipos de comunicaciones, de control de tráfico y de audímetro a efecto de mantener el servicio y evaluar su funcionamiento. Supervisa los sistemas para la operación y funcionamiento de los equipos instalados, y la recepción y análisis de la información que se genere en las estaciones y en las líneas en relación a la operación y a las averías de los trenes, instalaciones fijas y de la red de audímetro. Evalúa la programación musical y anuncios socioculturales que se transmiten a través de la red del mismo. Participa con la Subgerencia de Transportes en la elaboración de los programas de circulación y regulación de trenes, de los estudios de afluencia de usuarios, así como en los proyectos de control y retención de trenes, en donde colabora también la Subgerencia de Estaciones. En



coordinación con el Departamento de Relaciones Públicas interviene en la creación de programas para las campañas de orientación a los usuarios.

## II.2. DATOS OPERATIVOS Y CARACTERISTICAS DE SERVICIO.

Dentro de los datos más relevantes que se tienen sobre la operación del Metro encontramos que en 1987 se transportaron 1,414,116,996 usuarios, lo que significó el 3.83% de incremento con respecto al año anterior.

Durante el mismo año se tuvieron 243 trenes en circulación para las horas de mayor afluencia en los días laborables, los cuales recorrieron durante el año 26'756,564 km., cifra que se alcanzó con un cumplimiento del 98% de las vueltas programadas para atender la demanda de transporte.

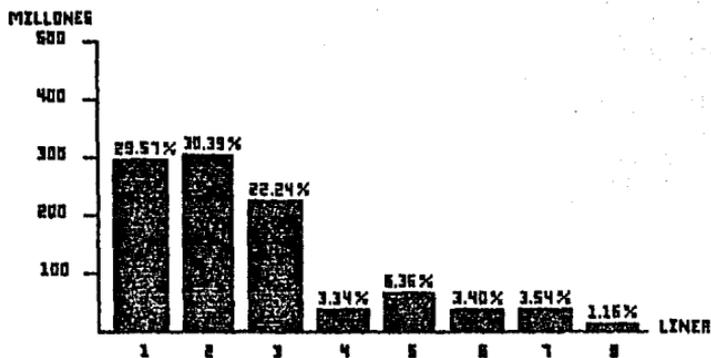
(GRAFICA II.2.1. PASAJEROS TRANSPORTADOS POR LINEA).

(TABLA II.2.1. PASAJEROS TRANSPORTADOS POR TIPO DE DIA).

En los días laborables de 1987 se transportaron 4'448,994 pasajeros en promedio, con un incremento del 5.40% en relación al mismo concepto en 1986; comparando esta cifra con la de 1978 se registra un incremento de 195%.

Las ampliaciones constantes de la red han venido creando mayores opciones de transporte, y la cantidad de personas que utilizan las instalaciones del Metro se han incrementado.

## PASAJEROS TRANSPORTADOS EN 1987



GRAFICA II.2.1.

(TABLA II.2.1. PASAJEROS TRANSPORTADOS POR TIPO DE DIA)

EN 252 DIAS LABORABLES 1,092'938,997 PASAJEROS

EN 52 DIAS SABADOS 174'592,186 PASAJEROS

EN 61 DIAS DOMINGOS Y FESTIVOS 146'585,813 PASAJEROS

- PROMEDIO DE PASAJEROS TRANSPORTADOS EN DIAS LABORABLES

4'448,994 -

LINEA	T I P O D E D I A		
	LABORABLE	SABADO	DOMINGO Y FESTIVO
1	314'863,683	54'900,928	48'409,075
2	337'342,314	52'356,430	40'066,766
3	247'689,315	35'845,531	30'916,527
4	35'254,680	6'597,108	5'442,927
5	68'130,200	11'391,230	10'402,440
6	37'567,904	5'615,007	4'824,059
7	39'448,011	5'836,547	4'829,186
9	12'642,890	2'049,405	1'694,833
RED	1,092'938,997	174'592,186	146'585,813

De ahí que se preste especial atención a todas las actividades relacionadas con el Programa de Control y Dosificación de usuarios durante las "horas punta", tanto matutina como vespertina en 42 de las 118 estaciones en funcionamiento, además de mantener la supervisión durante el tiempo que se proporciona el servicio en la totalidad de la red.

(GRAFICAS 11.2.2. AFLUENCIA ANUAL DE USUARIOS POR ESTACION - POR LINEA).

La maniobra de Control y Dosificación de Usuarios en las estaciones del STC, es el conjunto de actividades que tienen como finalidad preservar la seguridad de las personas y de las instalaciones durante las horas de mayor afluencia, con el máximo de aprovechamiento de la capacidad de carga de los trenes, sincronizando el avance del público según lo permita el intervalo de servicio, garantizando que en todas las estaciones sea posible abordar los trenes de acuerdo a la capacidad de transporte de la línea.

La operación de la maniobra se encuentra bajo la responsabilidad del Jefe de Estación y de los elementos de la policía de la estación, auxiliados por el Supervisor de Estaciones del tramo, por lo que para lograr la adecuada realización de la actividad, es necesario contar con el número requerido de elementos humanos para cada estación.

En lo que respecta a los recursos materiales (barandales, tubos, focos rojos, etc.) se requiere mantenerlos siempre operables y en buen estado.

**AFLUENCIA ANUAL DE USUARIOS POR ESTACION  
(MILLONES)**



LINEA 1 PASAJEROS

GRAFICA II.2.2.1.

C. CAMINOS		48.026
PANTEONES	4.207	
TACUBA		10.917
CUILAHUAC	13.916	
PAPOTLA	4.626	
C. MILITAR	10.239	
NORMAL		10.869
SAN COSME		15.691
REVOLUCION		15.080
HIDALGO		19.583
BELLAS ARTES		16.648
ALLEDE		18.626
ZOCCALO		37.880
SIND SUAREZ		10.724
S. ANTONIO ABAD		15.938
CHABCANO	2.483	
VIADUCTO		16.790
XOLA		19.181
V. DE CORTES		12.389
NATIVITAS		11.347
PORTALES		15.363
ERMITA		16.359
GRAL. ANAYA	9.689	
TASQUENA		45.214

LINEA 2

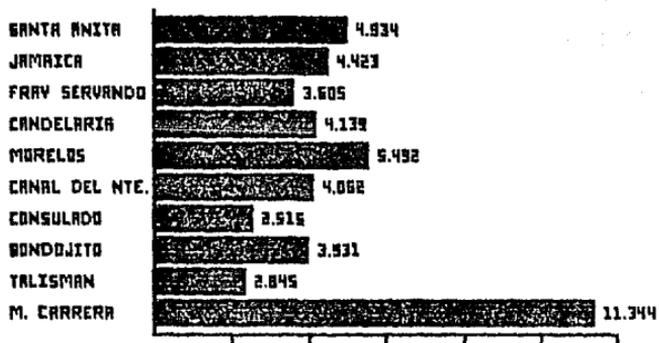
PASAJEROS

GRAFICA II.2.2.2.



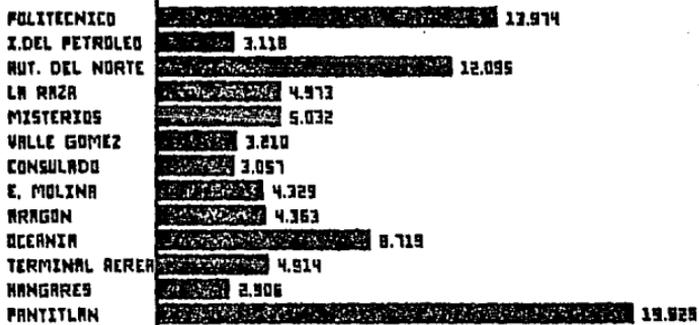
LINEA 3 PASAJEROS

GRAFICA II.2.2.3.



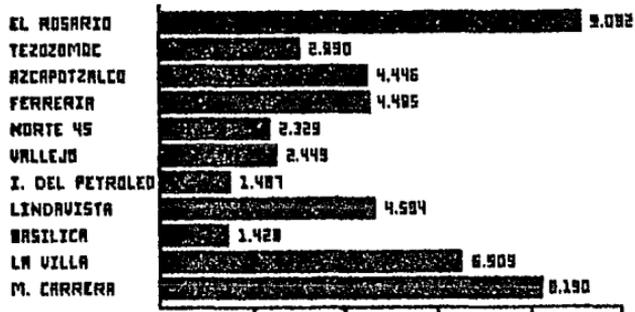
LINEA 4 PASAJEROS

GRAFICA II.2.2.4.



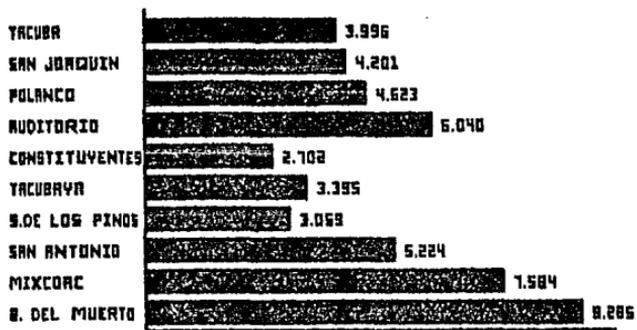
LINEA 3 PASAJEROS

GRAFICA 11.2.2.5.



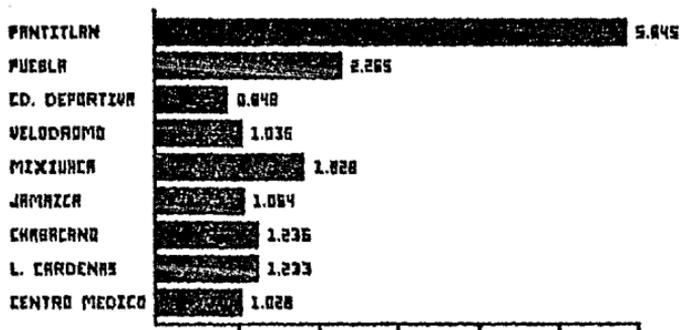
LINEA 6 PASAJEROS

GRAFICA II.2.2.6.



LINEA 7 PASAJEROS

GRAFICA II.2.2.7.



LINEA 9 PASAJEROS

GRAFICA II.2.2.8.

Para realizar la operación se hace uso de los siguientes lineamientos:

1. La maniobra debe iniciarse en los horarios establecidos y debe concluirse una vez que la oficina de Coordinación Operativa de Estaciones lo considere procedente, de acuerdo a las informaciones que tenga sobre la afluencia en las estaciones y condiciones del servicio existentes.
2. En la estación, el elemento de mayor jerarquía de la policía coordina que sus subordinados coloquen los implementos necesarios para que la maniobra se lleve a cabo de manera adecuada y oportuna, y una vez finalizada la misma, se debe dejar la estación en condiciones normales de operación.
3. El Jefe de Estación verifica que los implementos antes citados se coloquen y se retiren oportunamente; en caso contrario debe solicitar al elemento de mayor jerarquía de la policía, que tome las medidas necesarias para corregirlos.
4. Dentro de la maniobra, la señal ejecutiva para efectuar retenciones es dada al encendido de una luz roja, implemento que está colocado en cada uno de los puntos en los que se debe realizar la actividad antes señalada. Únicamente en casos imperativos, la señal será sustituida por instrucciones directas al personal ya sea por

medio de la voz, o con auxilio de un silbato.

5. El Jefe de Estación, responsable de coordinar la maniobra, es el que opera el encendido de los focos rojos que existen en la estación.
6. Para casos específicos, el Jefe de Estación debe coordinarse con el elemento de la policía de más alto rango en la estación.
7. El Jefe de Estación debe informar sistemáticamente del desarrollo de la maniobra: al Supervisor de Estaciones del tramo correspondiente y a la Oficina de Coordinación Operativa de Estaciones.
8. Bajo ninguna circunstancia se permite el paso a andenes a una cantidad mayor de usuarios a la cuota establecida para cada estación.
9. La implantación y la finalización de la maniobra debe tener una gran flexibilidad, a fin de operar las estaciones de tal forma que dentro de los máximos niveles de seguridad, se ocasione el mínimo de molestias al público usuario durante su traslado por las instalaciones.

Durante los días laborables, los horarios en que se efectúa la maniobra son: de 05:00 a la 09:00 hrs., la maniobra matutina y de 17:00 a 21:30 hrs., la vespertina, en la inteligencia de que estos podrán reducirse o ampliarse de acuerdo a las necesidades que se tengan.

Si fuera de estos horarios o en días sábados y

domingos, se llega a necesitar por algún motivo especial la implantación de la maniobra, esta deberá realizarse durante el tiempo requerido o mientras persista la situación, a juicio del Jefe de Estación.

Con motivo de las ampliaciones de la Red del Metro, se ha diversificado la captación de usuarios en las estaciones, la cual anteriormente se concentraba en determinados tramos. Debido a ello se hizo necesario llevar a efecto un análisis detallado de la afluencia durante las "horas punta" matutina y vespertina con el objeto de actualizar la aplicación de la Maniobra de Control y Dosificación de Usuarios, y de esta manera brindar al público un servicio más eficaz y seguro, con el máximo aprovechamiento de la capacidad de carga de los trenes.

Las estaciones en que se lleva a cabo la maniobra citada son las siguientes:

#### H O R A R I O   M A T U T I N O

LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3
Pantitlán	Tasqueña	Indios Verdes
Zaragoza		Basilica
Gómez Farías		Potrero
Aeropuerto		La Raza
Balbuena		Tlatelolco
Moctezuma		Guerrero
San Lázaro		Hidalgo
Candelaria		Balderas
Merced		
Pino Suárez		

Isabel la Católica  
Salto del Agua  
Balderas

H O R A R I O   V E S P E R T I N O

LINEA 1	LINEA 3
Observatorio	Universidad
Tacubaya	Zapata
Juanacatlán	Centro Médico
Chapultepec	Hospital General
Sevilla	Niños Héroes
Insurgentes	Balderas
Cuauhtémoc	Juárez
Balderas	Hidalgo
Salto del Agua	
Isabel la Católica	
Pino Suárez	
Merced	

De acuerdo con la relación entre la oferta y la demanda del servicio, se efectúa la proyección de la cantidad de usuarios a transportar programando el número de trenes en operación para cada una de las líneas y determinando el intervalo con el que deben circular, según las diferentes horas del servicio y tipo de día. A finales de 1987 se contaba ya con un total de 243 trenes de 7 carros cada uno, así como 19 carros adicionales.

En Operación	169
En Talleres	24 + 19 carros
En Reserva	50
	<hr/>
	243 + 19 carros

(TABLA II.2.2. TRENES EN SERVICIO EN 1987).

(TABLAS II.2.3. MARCHA TIPO PRACTICA POR LINEA).

La velocidad máxima de los trenes es de 80 km/h, alcanzando una velocidad comercial de 35.5 km/h, incluidas las paradas en cada estación. En comparación con la velocidad promedio de los automóviles en la ciudad, resulta que el Metro es de 2 a 4 veces más rápido que los medios de superficie, lo cual representa una ventaja más para el público usuario frente a otras modalidades de transporte.

En los días laborables en general, el servicio se inicia a las 05:00 hrs. y concluye a las 00:30 hrs., los sábados el horario es de 06:00 a 01:30 hrs., y los domingos y días festivos es de 07:00 a 00:30 hrs.

Utilizando las estadísticas de demanda establecidas pueden formularse las gráficas llamadas Polígonos de Carga, con las que se puede establecer el número de trenes que deben circular a una hora determinada con el intervalo de tiempo necesario entre ellos.

A partir de estos Polígonos de Carga, se elaboran los diferentes documentos de regulación, los que contienen las horas de salida de terminal de cada tren, así como la frecuencia de los

(TABLA 11.2.2. TRENES EN SERVICIO EN 1987).

LINEA	TIPO DE DIA		
	LABORABLE	SABADO	DOMINGO Y FESTIVO
1	37	33	24
2	38	35	25
3	40	26	21
4	7	7	7
5	15	12	11
6	11	10	8
7	10	9	8
9	11	9	9
RED	169	141	113

## (TABLAS II.2.3. MARCHA TIPO PRACTICA POR LINEA).

L I N E A 1  
(TIEMPOS ACUMULADOS A LA LLEGADA)

VIA 1			VIA 2	
ESTACIO- NAMIEN- TO (seg)	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACION	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACIO- NAMIEN- TO (seg)
---	0	PANTITLAN	31'15''	---
24	2'00''	ZARAGOZA	28'25''	24
24	3'35''	GOMEZ FARIAS	26'40''	24
24	5'05''	AEROPUERTO	25'10''	24
24	6'30''	BALBUENA	23'45''	24
24	8'05''	MOCTEZUMA	22'10''	26
30	9'25''	SAN LAZARO	20'40''	30
24	11'15''	CANDELARIA	18'50''	24
24	11'50''	MERCED	17'15''	24
33	14'35''	PINO SUAREZ	15'25''	33
24	16'00''	I. LA CATOLICA	14'05''	26
24	17'20''	SALTO DEL AGUA	12'40''	26
30	18'50''	BALDERAS	11'15''	30
24	20'10''	CUAUHTEMOC	9'55''	24
24	21'50''	INSURGENTES	8'15''	24
24	23'20''	SEVILLA	6'45''	24
24	24'40''	CHAPULTEPEC	5'25''	24
24	26'30''	JUANACATLAN	3'35''	24
24	28'30''	TACUBAYA	1'40''	24
---	31'00''	OBSERVATORIO	0	---
453''		VUELTA COMPLETA 68'05''		459''

L I N E A 2  
(TIEMPOS ACUMULADOS A LA LLEGADA)

VIA 1			VIA 2	
ESTACION- NAMIEN- TO (seg)	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACION	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACION- NAMIEN- TO (seg)
---	0	CUATRO CAMINOS	36'25''	---
16	2'25''	PANTEONES	33'25''	16
30	4'35''	TACUBA	31'10''	30
18	6'15''	CUITLAHUAC	29'35''	20
18	7'35''	PODOTLA	28'15''	18
20	8'50''	COLEGIO MILITAR	26'55''	18
18	10'10''	NORMAL	25'40''	18
18	11'35''	SAN COSME	24'15''	18
20	12'50''	REVOLUCION	22'45''	20
26	14'15''	HIDALGO	21'25''	26
20	15'35''	BELLAS ARTES	20'10''	20
20	16'50''	ALLENDE	18'55''	20
30	18'20''	ZOCALO	17'15''	30
30	20'05''	PINO SUAREZ	15'35''	30
18	22'05''	SAN ANTONIO ABAD	13'50''	18
18	23'25''	CHABACANO	12'30''	18
18	25'00''	VIADUCTO	10'55''	18
18	26'20''	XOLA	9'40''	18
18	27'45''	VILLA DE CORTES	8'10''	18
18	29'15''	NATIVITAS	6'40''	18
20	30'55''	PORTALES	5'00''	20
20	32'25''	ERMITA	3'30''	20
20	34'05''	GENERAL ANAYA	1'55''	20
---	36'35''	TASQUENA	0	---
452''		VUELTA COMPLETA	79'00''	452''

L I N E A 3  
(TIEMPOS ACUMULADOS A LA LLEGADA)

VIA 1			VIA 2	
ESTACIO- NAMIEN- TO (seg)	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACION	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACIO- NAMIEN- TO (seg)
---	0	INDIOS VERDES	28'39''	---
35	1'57''	BASILICA	26'35''	35
30	3'22''	POTRERO	25'11''	30
35	4'50''	LA RAZA	23'38''	35
30	6'57''	TLATELDCO	21'34''	30
30	8'25''	GUERRERO	20'06''	30
35	9'34''	HIDALGO	18'59''	35
30	10'20''	JUAREZ	18'14''	30
35	11'32''	BALDERAS	17'05''	35
25	12'41''	NINOS HEROES	15'58''	25
35	13'46''	HOSPITAL GENERAL	14'53''	35
35	14'57''	CENTRO MEDICO	13'40''	35
30	16'27''	ETIOPIA	11'49''	30
25	17'46''	EUGENIA	10'29''	25
30	18'57''	DIVISION DEL NTE.	9'25''	30
30	20'13''	ZAPATA	8'08''	30
25	21'53''	COYOACAN	6'37''	25
25	23'13''	VIVEROS	5'13''	25
30	24'31''	M. A. DE QUEVEDO	3'56''	30
30	26'17''	COPIILCO	2'04''	30
---	28'36''	UNIVERSIDAD	0	---
575''		VUELTA COMPLETA 82'00''		575''

L I N E A 4  
(TIEMPOS ACUMULADOS A LA LLEGADA)

VIA 1			VIA 2	
ESTACION- NAMIEN- TO (seg)	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACION	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACION- NAMIEN- TO (seg)
---	0	SANTA ANITA	15' 25''	---
13	1' 15''	JAMAICA	13' 40''	13
17	2' 55''	FRAY SERVANDO	11' 50''	17
21	4' 25''	CANDELARIA	10' 20''	21
17	6' 15''	MORELOS	8' 25''	17
17	8' 15''	CANAL DEL NTE.	6' 50''	17
21	10' 05''	CONSULADO	5' 00''	21
17	11' 40''	BONDOJITO	3' 25''	17
13	13' 20''	TALISMAN	1' 40''	13
---	15' 35''	MARTIN CARRERA	0	---
136''		VUELTA COMPLETA	36' 50''	136''

L I N E A 5  
(TIEMPOS ACUMULADOS A LA LLEGADA)

VIA 1			VIA 2	
ESTACION- NAMIEN- TO (seg)	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACION	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACION- NAMIEN- TO (seg)
---	0	POLITECNICO	22'50''	---
17	1'55''	I. DEL PETROLEO	20'40''	17
13	3'40''	AUT. DEL NORTE	18'50''	13
21	5'25''	LA RAZA	17'00''	21
15	7'50''	MISTERIOS	15'20''	15
15	8'45''	VALLE GOMEZ	13'45''	15
21	10'10''	CONSULADO	12'05''	21
15	11'55''	EDUARDO MOLINA	10'20''	15
17	13'55''	ARAGON	8'35''	17
21	15'40''	OCEANIA	6'30''	21
17	17'40''	TERMINAL AEREA	4'20''	17
15	19'25''	HANGARES	2'30''	15
---	22'05''	PANTITLAN	0	---

187''

VUELTA COMPLETA 51'10''

187''

L I N E A 6  
(TIEMPOS ACUMULADOS A LA LLEGADA)

VIA 1			VIA 2	
ESTACIO- NAMIEN- TO (seg)	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACION	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACIO- NAMIEN- TO (seg)
---	0	EL ROSARIO	18' 40''	---
20	2' 10''	TEZOMOC	16' 00''	20
20	4' 00''	AZCAPOTZALCO	14' 05''	20
20	6' 00''	FERRERIA	12' 05''	20
20	7' 50''	NORTE 45	10' 10''	20
20	9' 20''	VALLEJO	8' 40''	20
20	11' 00''	1. DEL PETROLEO	7' 05''	20
20	13' 00''	LINDAVISTA	5' 10''	20
20	14' 50''	BASILICA	3' 10''	20
20	16' 40''	LA VILLA	1' 40''	20
---	18' 20''	MARTIN CARRERA	0	---
180''		VUELTA COMPLETA 43' 10''		180''

L I N E A 7  
(TIEMPOS ACUMULADOS A LA LLEGADA)

VIA 1			VIA 2	
ESTACIO- NAMIEN- TO (seg)	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACION	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACIO- NAMIEN- TO (seg)
---	0	TACUBA	16'20''	---
17	1'50''	SAN JOAQUIN	14'00''	17
17	3'45''	POLANCO	12'10''	17
17	5'20''	AUDITORIO	10'35''	17
17	7'30''	CONSTITUYENTES	8'25''	17
24	9'15''	TACUBAYA	6'40''	24
17	11'05''	SAN PEDRO DE LOS PINOS	4'45''	17
17	12'30''	SAN ANTONIO	3'25''	17
17	14'05''	MIXCOAC	1'50''	17
---	16'25''	BARRANCA DEL MUERTO	0	---
143''		VUELTA COMPLETA	39'05''	143''

L I N E A 9  
(TIEMPOS ACUMULADOS DE LLEGADA)

VIA 1			VIA 2	
ESTACIO- NAMIEN- TO (seg)	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACION	TIEMPO ACUMU- LADO	ESTACIO- NAMIEN- TO (seg)
---	0	PANTITLAN	12' 56''	---
20	2' 12''	PUEBLA	10' 37''	20
20	3' 30''	CD. DEPORTIVA	9' 18''	20
20	5' 09''	VELODROMO	7' 42''	20
20	6' 26''	MIXIUHCA	6' 21''	20
25	7' 49''	JAMAICA	4' 54''	25
25	9' 22''	CHABACANO	3' 12''	25
20	10' 52''	LAZARO CARDENAS	1' 37''	20
---	12' 35''	CENTRO MEDICO	0	---
150''		VUELTA COMPLETA 35' 55''		150''

mismos.

Estas gráficas se realizan dada la necesidad de aprovechar de la manera más eficiente la capacidad de transporte del Metro, para estar en condiciones de cubrir la demanda. La modificación de las mismas, origina la elaboración de los documentos propios de la regulación de los trenes. En estos documentos se contempla una mayor cantidad de trenes en cada una de las líneas, una disminución en el intervalo entre tren y tren, la realización de las maniobras de cambio de vía en terminales dentro de márgenes más amplios y una mayor captación de usuarios para ser transportados dentro de las estaciones de la Red.

(GRAFICAS II.2.3. POLIGONOS DE CARGA).

El Sistema de Transporte Colectivo pondera los resultados de su operación y las condiciones prevalecientes a la demanda real mediante estudios estadísticos de las variantes de cada uno de los factores que intervienen. Los índices de operación muestran objetivamente la utilización de los recursos materiales y humanos, e igualmente sirven como base comparativa tanto con otros metros, como con el desarrollo de la propia Red del STC.

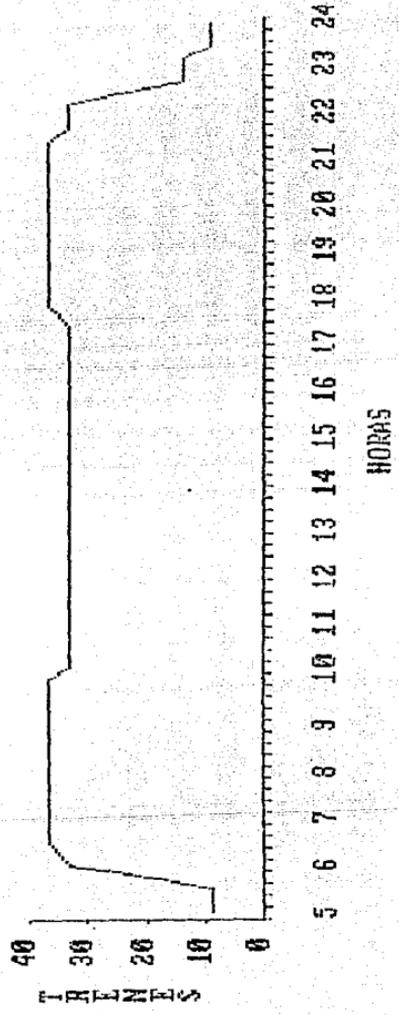
(TABLA II.2.4. RESUMEN DE INDICES DE OPERACION DURANTE 1978 - 1987).

La oferta de trenes se relaciona con la demanda de servicio, permitiendo cuantificar la capacidad de transporte diaria para cada línea. Como la afluencia de pasajeros en el

INTERVALO MINIMO 1'55''  
INTERVALO MAXIMO 8'00''

GRAFICA II.2.3.1.

L I N E A I  
DIAS LABORABLES



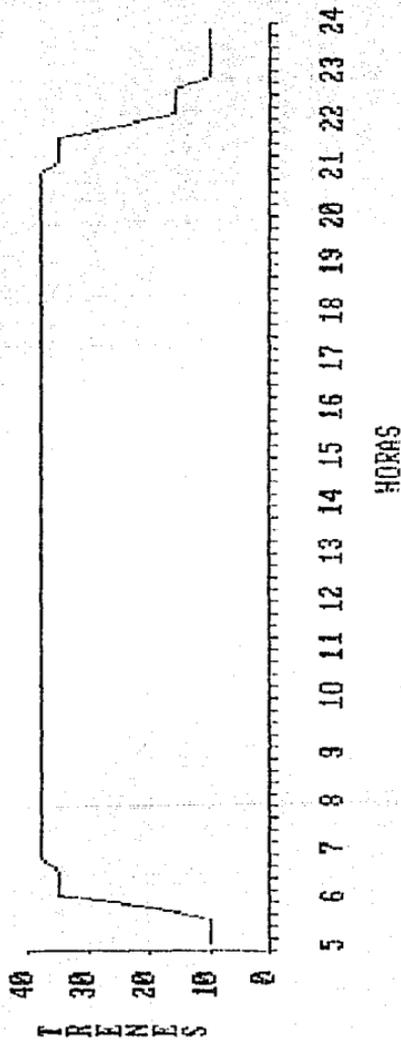
INTERVALO MINIMO 2'10''

INTERVALO MAXIMO 8'00''

GRAFICA II.2.3.2.

L I N E A 2

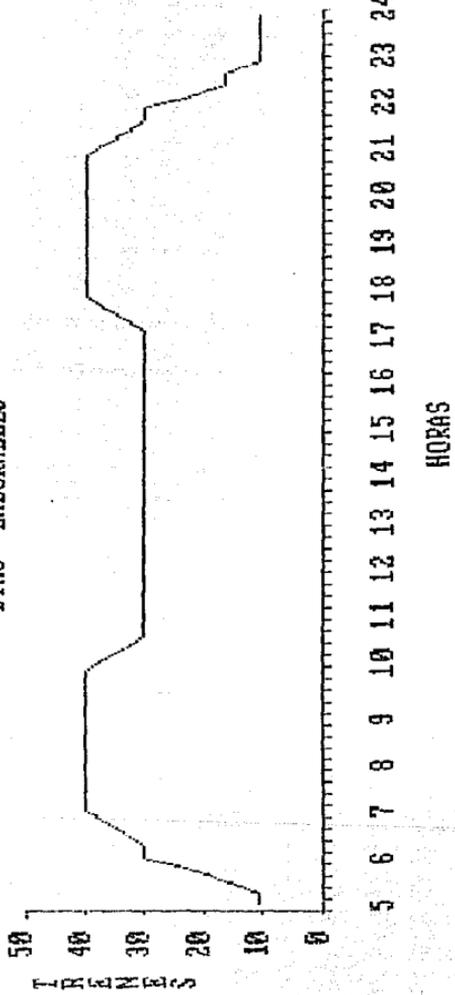
DIAS LABORABLES



INTERVALO MINIMO 2'05''  
INTERVALO MAXIMO 8'00''

GRAFICA II.2.3.3.

L I N E A 3  
DIAS LABORABLES

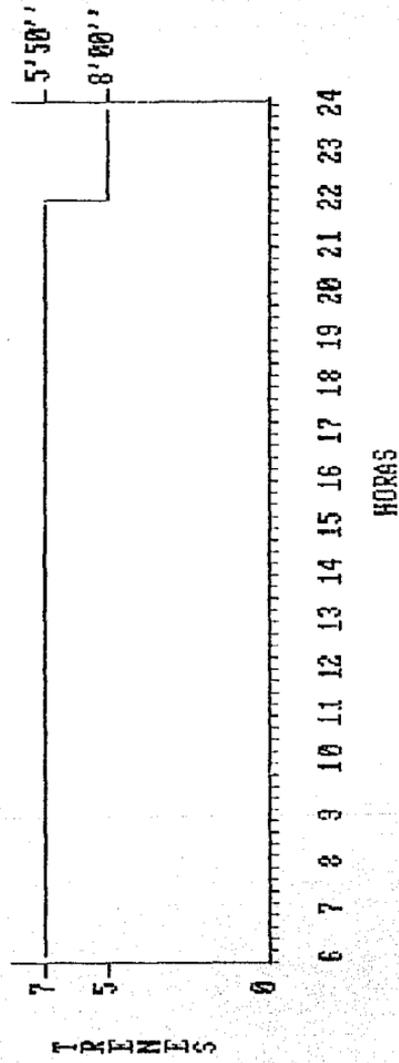


GRAFICA II.2.3.4.

L I N E A 4

DIAS LABORABLES

INTERVALO

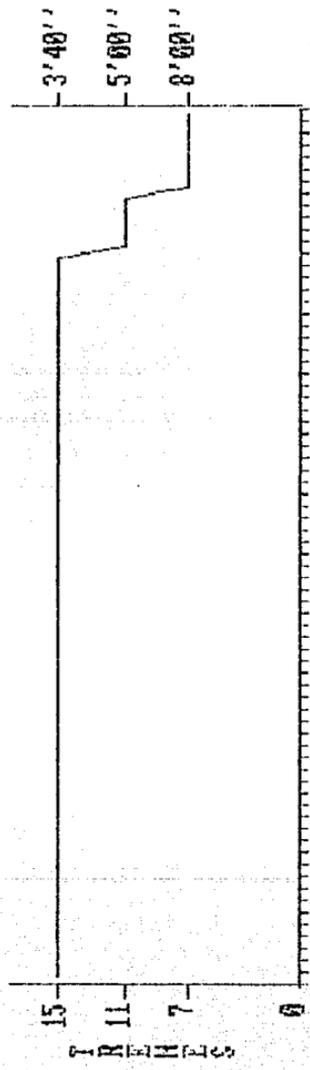


TRINETS

HORAS

GRAFICA II.2.3.5.

L I N E A  
DIAS LABORABLES



6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

HORAS

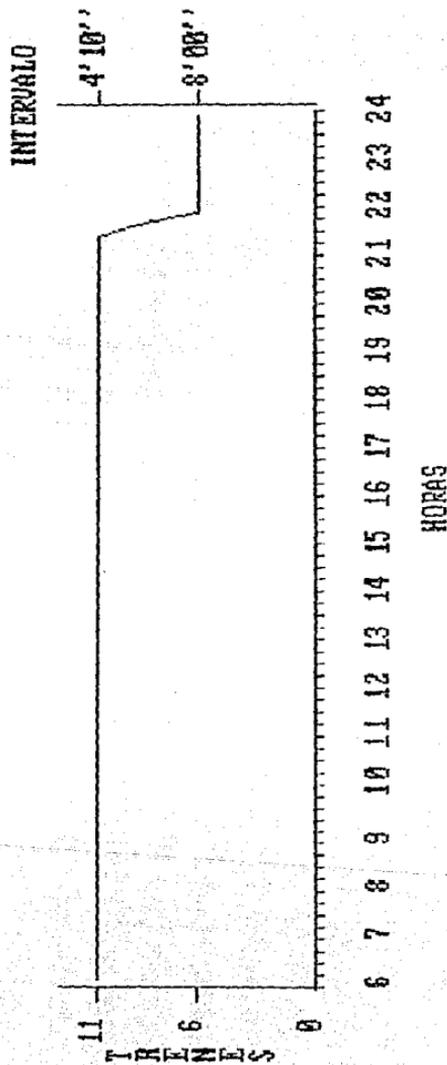
INTERVALO

3'40''  
5'00''  
8'00''

15  
11  
7  
0

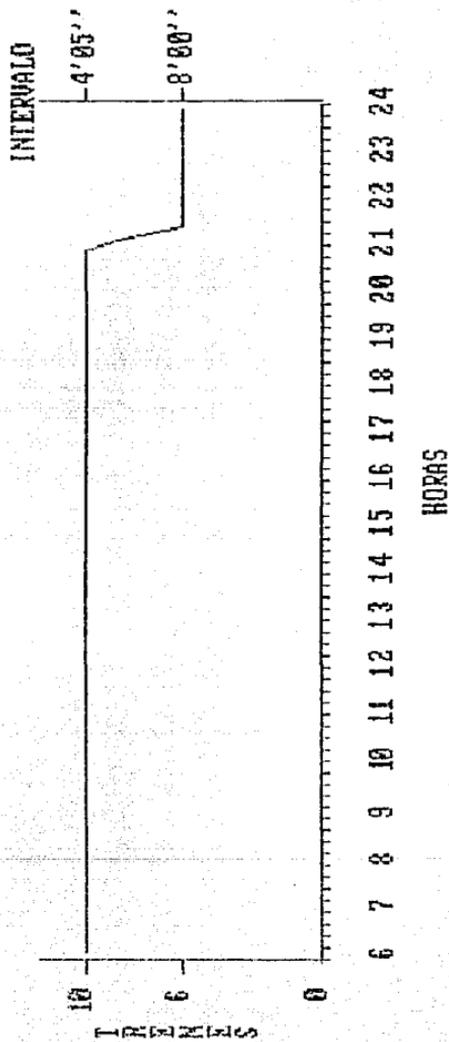
GRAFICA 11.2.3.6.

L I N E A 6  
DIAS LABORABLES



GRAFICA 11.2.3.7.

L I N E A 7  
DIAS LABORABLES



GRAFICA II.2.3.8.

L I N E A  
DIAS LABORABLES

INTERVALO

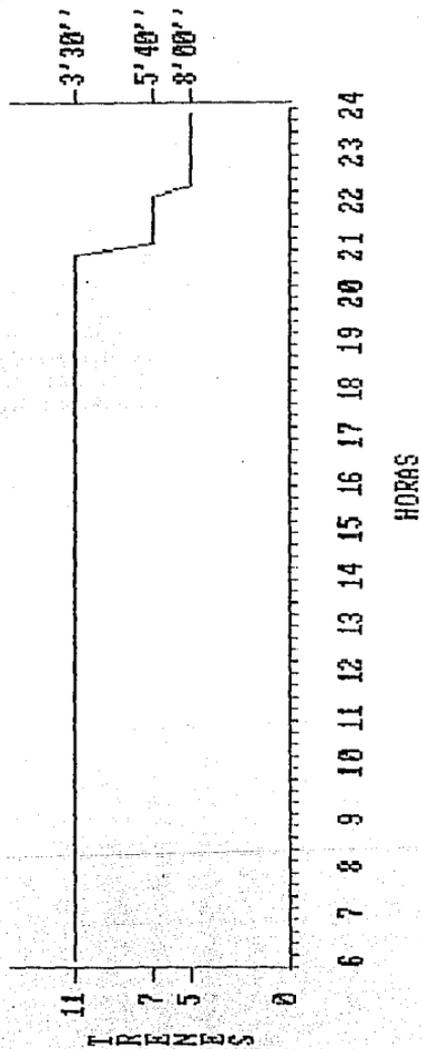


TABLE II-2-4.

	1978	1979	1980	1981	1982	198	1984	1985	1986	1987
PESAJEROS TRANSPORTADOS	736,862,102	837,498,700	905,606,332	937,451,653	1,027,481,727	1,116,758,619	1,243,245,657	1,284,544,130	1,361,932,570	1,454,116,596
PROVEDO DE PASAJEROS POR LINEA AEREA	2,380,782	2,555,849	2,738,050	3,011,482	3,152,051	3,402,091	3,830,639	4,113,877	4,230,934	4,440,994
REVENIDOS DE PASAJEROS POR LINEA AEREA	2,431,417	2,847,346	3,138,642	3,413,357	3,517,008	3,843,448	4,300,375	4,469,045	4,534,052	4,827,937
REVENIDOS DE PASAJEROS POR LINEA AEREA EN ESTABILDO	9,100,000	9,843,457	11,155,237	12,493,447	14,927,311	18,017,119	21,647,991	24,017,927	25,672,284	28,736,564
TOTAL DE CARGOS	832	882	882	1,035	1,250	1,744	1,940	2,080	2,152	2,206
DEGASTO DE PASAJEROS POR LINEA AEREA EN ESTABILDO	339,631,648	338,348,000	377,751,400	390,335,000	398,889,100	431,235,400	457,735,629	715,182,918	720,082,815	744,416,000
DEGASTO DE PASAJEROS POR LINEA AEREA EN ESTABILDO	8,32	9,45	9,05	8,79	7,72	6,89	6,38	6,12	5,89	5,87
PESAJEROS POR LINEA AEREA EN ESTABILDO	13,443,654	21,362,233	20,306,717	19,007,310	15,610,009	15,164,725	14,451,055	14,077,333	13,847,032	13,835,561
PESAJEROS POR LINEA AEREA EN ESTABILDO	864,882	951,782	1,021,300	1,006,356	847,616	646,360	640,334	636,752	651,955	641,032
REVENIDOS DE PASAJEROS POR LINEA AEREA EN ESTABILDO	91,732	100,674	113,932	114,337	109,833	98,839	100,874	104	110,680	109,161
PESAJEROS POR LINEA AEREA EN ESTABILDO	80,26	85,08	81,47	79,10	69,46	61,98	57,28	55,14	53,05	52,85
REVENIDOS DE PASAJEROS POR LINEA AEREA EN ESTABILDO	8,4689	8,4279	8,4153	8,3954	8,3045	8,3772	8,5235	8,5400	8,5387	8,5165
REVENIDOS DE PASAJEROS POR LINEA AEREA EN ESTABILDO	36,9932	36,4059	33,8163	31,2731	26,7042	23,3797	20,3300	20,9400	20,0491	22,0240

Metro es variable según el día de la semana, la capacidad ofrecida también fluctúa con el objeto de mantener un uso racional de los equipos.

(TABLA II.2.5. CARACTERISTICAS DEL SERVICIO).

### II.3. ELEMENTOS DE APOYO.

Por medio del equipo de AUDIOMETRO mencionado anteriormente, se brinda un servicio más al público usuario del STC. Desde que comenzó su funcionamiento, ha proporcionado esparcimiento con programas musicales, emitido mensajes de contenido social, impulsado campañas institucionales para crear conciencia al usuario e incluso transmitido mensajes comerciales.

Actualmente, con la instrumentación de un nuevo sistema de sonorización en toda la Red, AUDIOMETRO funciona como una estación de radio, que proporciona confort, en la medida de la circunstancia; y conciente de que las personas que utilizan el Metro forman un público heterogéneo trata de diversificar el tipo de música a programar durante el período de transmisión que abarca de las 06:00 a las 24:00 hrs.

Al hablar de VIDEOMETRO debe señalarse en primer término que la inversión de este equipo no la realizó el STC, sino que es una concesión otorgada a la empresa particular TVM.

En una primera etapa han sido instalados monitores de televisión en 27 estaciones de las líneas 1, 2, 3 y 7; y se

CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO

CONCEPTO	LÍNEA 1	LÍNEA 2	LÍNEA 3	LÍNEA 4	LÍNEA 5	LÍNEA 6	LÍNEA 7	LÍNEA 9	RED
INTERVALO MÍNIMO	1'55"	2'10"	2'05"	5'50"	3'40"	4'10"	4'05"	3'30"	1'55"
INTERVALO MÁXIMO	8'00"	8'00"	8'00"	8'00"	8'00"	8'00"	8'00"	8'00"	8'00"
INTERVALO EN HORAS CALLE DÍA LABORABLE	2'10"	2'20"	2'30"	5'50"	3'40"	4'10"	4'05"	3'30"	2'10"
NÚMERO DE TRENES	37	38	40	7	15	11	10	11	149
NÚMERO DE TRENES EN DÍA SÁBADO	33	35	26	7	12	10	9	9	141
NÚMERO DE TRENES EN DÍAS FESTIVOS	24	25	21	7	11	8	8	9	113
CAPACIDAD DE TRANSPORTE EN HORA PUNTA/DÍA	46,957	41,538	43,200	10,141	24,545	14,400	14,694	25,714	221,189
CAPACIDAD DE TRANSPORTE EN HORA VALLE/DÍA	41,538	38,571	31,765	10,141	24,545	14,400	14,694	25,714	201,310
CAPACIDAD DE TRANSPORTE EN DÍA LABORABLE/DÍA	777,000	705,000	637,500	183,000	415,500	245,000	240,000	427,500	9,430,500
NÚMERO DE VUELTAS EN DÍA LABORABLE	518	470	425	103	227	245	241	283	2,651
NÚMERO DE VUELTAS EN DÍA SÁBADO	476	442	332	110	227	224	226	235	2,369
NÚMERO DE VUELTAS EN DÍAS FESTIVOS	319	287	238	174	198	172	171	214	1,770
TOTAL ANUAL DE PASAJEROS Y RECARGAS	6,006,543	6,714,194	7,004,235	1,542,253	3,257,162	1,983,956	2,195,243	642,970	19,340,718
VILLETAS A RECARGAR POR PASAJERO	109,210	126,693	129,704	118,635	141,614	172,400	127,131	120,554	123,034
VELOCIDAD COMERCIAL (KPH)	32.10	34.05	34.54	36.24	38.58	37.02	40.81	36.77	36.27
DURACIÓN MÍNIMA DE LA VUELTA	68'05"	79'00"	82'08"	26'50"	51'10"	43'10"	39'05"	35'55"	35'55"

TABLA 11.2.5.

transmite durante 18 horas al día. El proyecto se ampliará hasta cubrir toda la Red.

La programación de la emisión está dividida en tres partes: el primer tercio es para el servicio del Metro, para difundir campañas que creen conciencia y orienten al usuario. El segundo tercio se utiliza para transmitir pequeñas cápsulas culturales y de interés popular. Finalmente el último tercio es tiempo del concesionario donde se emiten comerciales de diversa índole, siempre dentro de los reglamentos internos del Sistema, es decir, la publicidad es seleccionada.

El STC recibe un 48% de los ingresos de la publicidad pagada que se transmite, hecho que ayuda económicamente al mismo.

VIDEOMETRO proporciona servicio permitiendo dar orientación oportuna y esparcimiento a los usuarios; también instrumenta, debido a la localización de los equipos, algunos mecanismos de seguridad como son, el ayudar a una mejor distribución del público en el andén y que éste no rebase la línea de seguridad.

En lo que respecta al número de TAQUILLAS en operación, se instrumenta un procedimiento mediante el cual se analiza y determina periódicamente la apertura o cierre de las mismas, atendiendo a la demanda de usuarios.

Brindar al usuario del Metro una atención oportuna y servicio ágil de venta de boletos otorgando un servicio que observe una continua adecuación en la distribución de personal, ajustándolo a los requerimientos de la operación, fue una

condicionante que permitió que por cada taquillera el Metro transportase durante el año a un millón de usuarios.

La implantación de una nueva tarifa y el empleo del abono de transporte fueron hechos que acordes con la situación financiera del DDF, conllevaron el cambio de la política tarifaria, que buscando no afectar la economía familiar de las clases populares, sanease las finanzas públicas del sector. Hecho que implicó un cambio de trascendental importancia en la historia del Metro y que esmeró la atención al público en TAQUILLAS. La disposición adoptada implicó que el STC haya diseñado y aplicado a partir del 10. de agosto de 1986, un conjunto de acciones orientadas a adecuar los equipos asociados a esta implantación y la capacitación del personal vinculado a la misma.

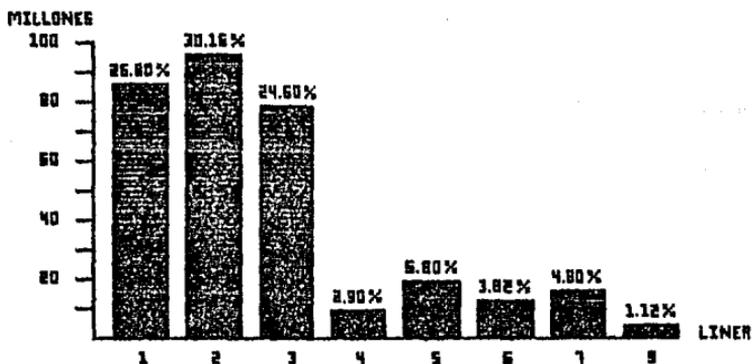
En materia de adecuación de torniquetes fue necesario acondicionar 235 para recibir el boleto tipo abono, así como determinar las especificaciones técnicas de éste.

El comportamineto en el uso del abono de transporte contra el boleto uni-viaje fue incrementándose en su empleo, estabilizándose al finalizar el año de 1987 en aproximadamente el 22.5%.

(GRAFICA II.3.1. PASAJEROS QUE EMPLEARON ABONO).

El funcionamiento de los PARADEROS de autobuses urbanos y suburbanos, transportes eléctricos y taxis colectivos con itinerario fijo, está ligado con la operación de las estaciones del Metro como zona de transbordo seguro y eficiente, que beneficia diariamente en promedio a cerca de 1.7 millones de

### PASAJEROS QUE EMPLEARON ABONO



GRAFICA 11.3.1.

usuarios, presentándose una afluencia diaria promedio de 26,400 vehículos y operándose 145 rutas.

Durante 1986 la Coordinación General de Transporte y la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano entregaron al Organismo para su administración 7 paraderos más, que sumados a los que ya se manejaban hacen un total de 15, integrándose así un total de 280,000 metros cuadrados.

En lo que se refiere a la Orientación e Información de los usuarios, el DEPARTAMENTO DE RELACIONES PUBLICAS del STC, realiza actividades específicas para lograr este objetivo.

En primer término, atiende las solicitudes de información sobre las diferentes opciones para transportarse dentro del Metro, y proporciona planos con la Red del mismo. A través de los Módulos de Orientación e Información ubicados en las estaciones de correspondencia, se reciben sugerencias que son canalizadas a las dependencias respectivas del propio Organismo para su estudio y posible aplicación.

Se pretende constantemente que la operación del STC se realice con un alto grado de seguridad para sus instalaciones, equipos y servicio, enfocando la VIGILANCIA principalmente a la prevención, protección, atención y orientación al usuario.

Los sistemas de VIGILANCIA del Organismo se están dotando de recursos más modernos para mejorar su función y estrechar la coordinación con las autoridades de la ciudad.

Los cuerpos de policía representan por su distribución y número de elementos, la primera instancia para conocer los

sucesos que se dan dentro del Metro y para reportar los hechos al Servicio Central de Vigilancia de este Organismo, el cual es el responsable de la coordinación integral para la atención de los incidentes que se presentan.

La VIGILANCIA que se ejerce constantemente en la revisión de instalaciones y en la detección de daños provocados por comportamientos del usuario o por desgaste usual, generan reportes que activan trabajos de mantenimiento protegiendo de esta forma el patrimonio del Sistema. Es preocupación constante que el cuerpo de VIGILANCIA cumpla con su función, sin embargo, cuando alguna persona altera el orden, el servicio de VIGILANCIA recurre a los abogados con que cuenta el Sistema, quienes se encargan de reclamar los daños o proceder conforme a la Ley.

Durante el año de 1987, se realizaron diversas acciones encaminadas a implantar un sistema integral de VIGILANCIA, estableciéndose un estrecho vínculo de coordinación entre los elementos del Sistema y los servicios contratados de VIGILANCIA.

Reflejo de las tareas emprendidas en materia de VIGILANCIA, ha sido el creciente control de vendedores ambulantes en estaciones y trenes, lográndose disminuir en una proporción importante esta problemática dentro de las instalaciones del Metro, cuestión que se entiende es un problema social que rebasa al Organismo, pero es indispensable su control dentro de las posibilidades del Metro.

# **CAPITULO III**

**DIAGNOSTICO SOBRE EL  
COMPORTAMIENTO DE LOS  
USUARIOS EN ESTACIONES  
Y TRENES DEL METRO.**

### III. DIAGNOSTICO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS USUARIOS EN ESTACIONES Y TRENES DEL METRO.

Tomando en cuenta que con la investigación realizada en los capítulos anteriores se ha alcanzado un conocimiento general del Sistema, así como de su operación, en esta parte de nuestro estudio expondremos un análisis del comportamiento de los usuarios dentro de estaciones y trenes del Metro.

En base a este análisis será posible diagnosticar los diferentes problemas que en relación con los usuarios, afectan el servicio que proporciona el STC, de esta manera podrán ser tipificados en rubros generales para plantear posibles soluciones a los mismos mediante la aplicación de técnicas específicas de Ingeniería Industrial.

Uno de los elementos que nos sirvió de ayuda para realizar este análisis fue la sección de Comportamiento y Control de Afluencia que proporcionó apoyo técnico a la operación, mediante la elaboración y planteamiento de diversos estudios que presentan medidas preventivas y correctivas que al instrumentarse por las áreas operativas conllevan al mejoramiento del servicio que se brinda al público usuario.

Una de sus actividades primordiales se encuentra en la medición de la operación en la red de transporte, así como el diseño de acciones alusivas a procedimientos operativos, desempeño del personal y comportamiento del usuario.

Lo anterior se cumple con la realización de diversos estudios, en sus aspectos de proceso de información y el análisis

de datos, para ofrecer un diagnóstico y sugerencias de medidas preventivas y correctivas.

Algunos documentos que nos fueron de utilidad son:

1.- El análisis del Perfil de Operación de la Red del Metro y de cada una de las líneas. Este se realiza a partir del seguimiento diario de los principales parámetros de la operación: afluencia, vueltas realizadas, número de incidentes, valor de las interrupciones del servicio y retardos acumulados; obtenidos del informe diario de operación.

Este informe se compara con el del año anterior; con representaciones gráficas e interpretaciones escritas. De la revisión de información se detectan las desviaciones en la operación diaria y mensual a fin de instrumentar acciones correctivas.

A partir del resumen de Perfil de Operación, donde se hace un análisis comparativo de los valores de operación de la red, registrados durante 1986 contra los de 1985, encontrando que solo son 204 días laborables analizados en 1985.

De los parámetros que establece el informe los más representativos para nuestro estudio son:

- Afluencia.

Valores mayores a 4'298,828 en 1986 - 39%

Valores entre 3'870,361 y 4'298,828 en 1986 - 56%

Valores inferiores a 3'870,361 en 1986 - 5%

- Cantidad de eventos que perturbaron la circulación (incidentes).

Mayores a 68 - 39 %

Entre 41 y 68 - 58 %

Menores de 41 - 3 %

Los valores establecidos de afluencia, nos permiten conocer la cantidad promedio de usuarios que se maneja en la red. Estos valores pueden especificarse por línea y por estación. Estos valores se utilizarán dentro de los algoritmos o técnicas que posteriormente propondremos.

El número de incidentes podrá utilizarse como un parámetro de medición indirecta de la eficiencia del servicio en la red, es decir, existe una correlación entre estos dos indicadores.

2.- El informe de incidentes con usuarios, dentro del programa de análisis de opinión pública y actitudes hacia el servicio, llevado a cabo a partir del anexo II del informe diario de operación, clasificando los incidentes con usuarios por línea y estación, edad y sexo de los usuarios involucrados, así como día y hora, además de dar una tipificación de los incidentes más frecuentes.

Este informe se elabora a través de datos recibidos diariamente permitiendo llevar una estadística importante de lo que afecta a los usuarios, así como sus características.

Del resumen de incidentes con usuarios de 1986 es posible conocer los tipos de incidentes más frecuentes:

Total de incidentes - 5600

- Usuarios remitidos a la delegación por agresión e insultos 32 %
- Recolección manual de boletos por falta de torniquetes 28 %
- Usuarios atendidos por enfermedad o accidente con requerimiento de servicio de ambulancia 23 %
- Usuarios atendidos en áreas de la estación con necesidad de primeros auxilios, retirándose por sus propios medios 16 %
- Otros incidentes ( recuperación de objetos caídos a vías entregados a su dueño en estación, recuperación de objetos caídos a vías remitidos a objetos extraviados, fallecimientos, partos, etc. 1 %

La información adicional de este informe es la siguiente:

- Día y hora en que ocurrió la mayor cantidad de incidentes con los usuarios.

LUNES	15 %
MARTES	15 %
MIERCOLES	15 %
JUEVES	14 %
VIERNES	15 %
SABADO	14 %
DOMINGO	12 %

5:00 - 8:59	17 %
9:00 - 12:59	19 %
13:00 - 16:59	24 %
17:00 - 20:59	28 %
21:00 - 00:59	12 %

- Líneas y estaciones con mayor número de incidentes y/o accidentes.

LINEA 1	26 %
LINEA 2	26 %
LINEA 3	18 %
LINEA 4	8 %
LINEA 5	6 %
LINEA 6	6 %
LINEA 7	10 %

PIND SUAREZ (1 y 2)	5 %
HIDALGO (2 y 3)	5 %
PANTITLAN (1 y 5)	4 %
BALDERAS (1 y 3)	3 %
MIXCOAC	3 %
CANDELARIA (1 y 4)	2 %
LA RAZA (3 Y 5)	2 %
SAN ANTONIO	1 %
95 ESTACIONES RESTANTES	75 %

- Relación de edad y sexo de los usuarios involucrados en los incidentes.

1 a 15 años	7 %
16 a 30 años	66 %
31 a 45 años	17 %
46 a 60 años	7 %
61 años en adelante	3 %
MASCULINO	66 %
FEMENINO	34 %

Estos datos nos servirán para localizar en que área ocurren dichos incidentes, el tipo de naturaleza del mismo y por quien son cometidos, así como el día y la hora en que suceden.

3.- El informe del análisis de las carreras de los trenes y de los tiempos de estacionamiento superiores a tres minutos nos presenta a partir de una muestra en la lectura de las cintas de cronotaquígrafos (\*) de los trenes de las líneas 1, 2 y 3 un índice del cumplimiento de los tiempos de recorrido y desviaciones de los mismos. Elaborando a partir de este una estadística.

Dicho informe se utiliza principalmente en la planeación operativa del futuro.

(\*) Registrador de diferentes parámetros tales como: tiempo, velocidad, modo de conducción, apertura de puertas y aplicación de los frenados de urgencia.

Con este informe, dado que podemos conocer las desviaciones del cumplimiento de los tiempos de recorrido podemos darnos cuenta de en que línea el servicio resulta menos predecible para el usuario, es decir que el usuario llegue a tiempo a su destino.

4.- La atención y análisis de las cédulas de quejas y sugerencias de usuarios referentes a los servicios prestados por la Gerencia de Estaciones y Transportes, a efecto de llevar una estadística de estas; incluye un perfil del usuario por sexo y edad.

La información recibida se acumula y se realiza un informe, concluyendo con una relación de los temas sugeridos más importantes para las campañas.

Por medio de las quejas y sugerencias que se reciben, este informe muestra la opinión que tiene el usuario sobre el sistema. De esta manera, podemos darnos cuenta de lo que le afecta en relación al servicio prestado y de esta forma podemos encontrar la manera de corregirlo.

#### Resumen del Estudio de las Quejas y Sugerencias.

( Remitidas a la Gerencia de Estaciones y Transportes )

- Total de cédulas recibidas	32	
Quejas	11	(35 %)
Sugerencias	21	(65 %)

- Temas alusivos a quejas.

( Carácter impredecible del servicio )

Retardos	6
Estacionamiento prolongado en estaciones e interestaciones	2

( Relación Institucional - Información al Usuario )

Volumen audio-metro	2
Monitores	1

- Temas alusivos a sugerencias.

( Carácter del servicio )

Aumentar trenes en horas punta	2
Ampliar horario de servicio	1
Ampliar tiempos de estacionamiento en horas punta	1

( Relación Institucional )

Campañas para crear conciencia	14
Otros temas	3

Perfil del usuario.-

Puede verse que se recibieron más sugerencias que quejas y las edades de las personas que las aportaron fluctúan entre los 26 y los 58 años. El 63 % de las cédulas fueron hechas por hombres, de las cuales el 25 % corresponde a quejas y el 38 % a sugerencias. Por otra parte el 37 % de cédulas restantes fueron presentadas por mujeres y de éstas el 9 % fueron quejas y el 28 % sugerencias.

5.- El informe del análisis de prensa se realiza a partir de la síntesis informativa que elabora el Departamento de Relaciones Públicas y tiene por objeto el llevar una estadística acerca de cual es el periódico, periodista, revista o columna que alude más al STC, así como determinar la tendencia positiva, neutral o negativa de estos.

Este documento además de proporcionarnos un conocimiento general de la información difundida referente al Metro, nos manifiesta la opinión sobre el servicio y de esta manera es posible mejorarlo.

Las notas publicadas se clasifican en base a tres temas generales, que son los siguientes:

- a) El Metro y su entorno; que incluye lo referente a: subsidios, costo del boleto, ampliaciones, aportaciones al desarrollo urbano, la vialidad y la ecología, eventos internacionales, proyectos no realizados y actividades socioculturales.
- b) Servicio y atención al usuario; conteniendo: circulación de trenes, mantenimiento, vigilancia, seguridad, aseo, demanda de transporte, incidentes, vendedores ambulantes en el interior de las estaciones, comodidad, información y trato a los pasajeros.
- c) STC y sus recursos humanos; abarcando: relaciones entre el Organismo y sus trabajadores y comentarios acerca de los funcionarios de la empresa o el sindicato.

El tema más importante para nuestro estudio es el que menciona el servicio y atención al usuario y éste es un medio adicional para conocer la opinión general del público.

Resumen del análisis de prensa.

( Total de inserciones analizadas 2242 )

Tendencia Positiva.

Tema a)	41 %
Tema b)	9 %
Tema c)	3 %

Tendencia Neutral.

Tema a)	14 %
Tema b)	3 %
Tema c)	2 %

Tendencia Negativa.

Tema a)	15 %
Tema b)	11 %
Tema c)	2 %

Puede observarse que es más alta la tendencia negativa en las notas en lo que se refiere al tema de interés y esto puede ser un indicador importante en la condición real del servicio y la atención que se brinda al usuario.

6.- La realización de campañas para crear conciencia e imagen institucional, tanto en el público usuario como en el

personal del STC tiene una periodicidad que procura estar de acuerdo a una calendarización ya establecida para cada uno de los mensajes que se quieren transmitir y cuyo contenido corresponde a las necesidades y lineamientos del Organismo.

7.- El llevar a cabo investigaciones sobre el punto de vista del usuario acerca del servicio ofrecido por el STC, es uno de los medios más importantes para conocer la concepción real que estos tienen del Organismo.

A este respecto se realizó en Noviembre de 1986, una encuesta a 770 usuarios, de la cual se obtuvo el siguiente resumen:

Resumen de la investigación aplicada a los usuarios.

(De Julio a Noviembre de 1986)

-Distribución por edades, ocupación y sexo

- EDAD

De 11 a 20 años	57 %
De 21 a 30 años	31 %
De 31 a 40 años	6 %
De 41 a 50 años	3 %
De 51 a 60 años	2 %
60 años en adelante	1 %

- OCUPACION

Estudiantes	52 %
Empleados	32 %
Obreros	9 %
Amas de Casa	5 %
Comerciantes	2 %

- SEXO

Masculino	60 %
Femenino	40 %

Las opiniones obtenidas en el estudio, pudieron clasificarse de la siguiente manera:

- Descontento por ser objeto de empujones.
- Agresión verbal y física.
- Constantes retrasos.
- Falta de cortesía, consideración a los niños y ancianos, falta de cuidados de los padres hacia sus hijos.
- Abuso de autoridad.
- Inconformidad por los vendedores ambulantes, limosneros, cantantes, personas en estado de ebriedad.
- Inconformidad al viajar por falta de una distribución adecuada en los carros.
- Falta de dispositivos de seguridad que eviten los robos dentro de las instalaciones.
- Agresión sexual.
- Haber observado actos destructivos por los mismos usuarios del Metro.

# **CAPITULO IV**

**TECNICAS DE INGENIERIA  
INDUSTRIAL SUSCEPTIBLES  
DE APLICACION.**

#### IV. TECNICAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL SUSCEPTIBLES DE APLICACION.

##### IV.1. INTRODUCCION.

Este capitulo muestra la aplicaci3n de las t3cnicas de Ingenieria Industrial a los problemas que ya han sido tipificados mediante el diagn3stico realizado en el STC.

B3sicamente se encontraron dos tipos de problemas:

- Dosificaci3n de usuarios.
- Canalizaci3n de usuarios.

La falta de una dosificaci3n correcta ocasiona diversas molestias al pasajero, tales como demoras, sobrecupo, aglomeraciones, etc. .

Para la soluci3n de este problema se proponen las siguientes t3cnicas:

- Lineas de espera.
- Modelo de nivel de aceptaci3n.
- Algoritmo de transporte.
- Red de flujo m3ximo.
- Problema de transbordo.
- Balanceo de recursos.
- Inventarios.

Otro problema que se presenta con cierta frecuencia es la canalizaci3n de usuarios.

Este se refiere principalmente a los recorridos que efectua el usuario dentro de las estaciones, tanto de transbordo

como terminales e intermedias.

Se sugieren para llevar a cabo la correcta canalización de los usuarios las siguientes técnicas:

- Ruta más corta.
- Distribución de planta.
- Ingeniería de métodos.

Estamos conscientes de que existen múltiples técnicas de Ingeniería Industrial, sin embargo en este estudio unicamente hemos descrito la aplicación de aquellas que consideramos las más idóneas.

Cabe mencionar que a pesar de que tanto la canalización como la dosificación de usuarios, constituyen dos de los problemas más importantes que se presentan en el STC, en relación con los usuarios, no son los únicos, también fueron encontrados otra clase de problemas tales como la orientación de usuarios ( falta de letreros y señales suficientes, etc.), servicio en taquillas, entre otros.

Es importante aclarar que aunque no ignoramos la existencia de las diversas deficiencias, nos hemos avocado principalmente a resolver los problemas de canalización y dosificación de usuarios, debido a que además de ser de los problemas que más afectan al sistema, también son los aspectos que se encuentran dentro de los objetivos que se han fijado para este trabajo.

## IV.2. LINEAS DE ESPERA.

Una situación de espera básicamente se caracteriza por un flujo de clientes que llegan a una o más instalaciones de servicio. Al llegar a la instalación se le puede dar servicio al cliente inmediatamente, o bien, puede tener que esperar a que esté disponible la instalación.

Tales instalaciones de servicio son difíciles de programar "óptimamente" debido a la presencia del elemento aleatorio en modelos de servicio y de llegada. Por consiguiente ha evolucionado una teoría matemática de tal manera que proporciona medios para analizar tales situaciones; esta es la teoría de colas o líneas de espera, la cual nos describe modelos de llegadas y/o salida (servicio) por las distribuciones apropiadas de probabilidad. Esta técnica involucra los siguientes parámetros y variables:

$n$  = Número de clientes en el sistema.

$p_n$  = Probabilidad de estado estable (el comportamiento del sistema es independiente del tiempo) de exactamente  $n$  clientes en el sistema.

$\lambda$  = Tasa media de llegadas (número de clientes que llegan por unidad de tiempo).

$\mu$  = Tasa media de servicio por servidor ocupado (número de clientes servidos por unidad de tiempo).

$c$  = Número de servidores en paralelo.

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$  = Intensidad de tráfico.

$\rho / c$  = Factor de utilización para  $c$  instalaciones en servicio.

$W_s$  = Tiempo promedio de espera por cliente en el sistema.

$W_q$  = Tiempo promedio de espera por cliente en la cola.

$L_s$  = Número esperado de clientes en el sistema.

$L_q$  = Número esperado de clientes en la cola.

La forma de calcular los valores de  $W_s$ ,  $W_q$ ,  $L_s$  y  $L_q$  dependerà del tipo de sistema, condiciones de llegada, salida y disciplina del servicio.

Básicamente esta técnica puede ser aplicada para tres finalidades dentro del STC: mejor servicio en taquillas, dosificación de usuarios en torniquetes y dosificación de usuarios en los andenes.

a) Taquillas.

Utilizando esta técnica podemos conocer el número óptimo de servidores en cada taquilla.

Para empezar, el sistema a estudiar considerará desde el momento en que el usuario se forma en la cola, hasta que salga de la taquilla.

El modelo que emplearemos para la solución de este problema tomará en cuenta que las llegadas de los usuarios y el tiempo que dura el servicio corresponden a distribuciones Poisson y exponencial respectivamente. Además el número máximo de clientes permitidos en el sistema, así como la fuente o población serán teóricamente infinitos.

Para este caso en particular tenemos que:

$$L_q = \frac{c \rho}{(c - \rho)^2} \times pc$$

\* El número esperado de clientes en la cola es igual al cociente del número de taquilleras por la intensidad de tráfico de clientes, entre el cuadrado de la diferencia de los mismos, todo esto multiplicado por la probabilidad de que existan  $c$  clientes en el sistema. \*

$$L_s = L_q + \rho$$

\* El número esperado de clientes en el sistema es igual a los clientes que están en la cola más la intensidad de tráfico de clientes (clientes que llegan / clientes atendidos). \*

$$W_q = L_q / \lambda$$

\* El tiempo promedio que espera un cliente en la cola es igual al número de clientes en la cola entre el número de clientes que llegan por unidad de tiempo. \*

$$W_s = W_q + 1/\mu$$

\* El tiempo promedio que espera un cliente en el sistema es igual al tiempo promedio que espera en la cola más el tiempo que tarda en ser atendido. \*

Si queremos encontrar el número óptimo de servidores en cada taquilla será necesario obtener un "Costo Total" por unidad de tiempo, al que denominaremos  $TC(c)$ .

Este  $TC(c)$  se calcula de la siguiente manera:

$$TC(c) = \cdot(c) (C1) + (L_s(c)) (C2)$$

\* El "Costo Total" es igual al número de taquilleras multiplicado por la ponderación por taquillera adicional por unidad de tiempo, más el número de usuarios en el sistema con  $c$  taquilleras multiplicado por la ponderación de la espera por unidad de tiempo. \*

donde:

$c$  = Número de servidores.

$C_1$  = Ponderación por servidor adicional por unidad de tiempo.

$L_s(c)$  = Número esperado de usuarios en el sistema habiendo  $c$  servidores.

$C_2$  = Ponderación de la espera por unidad de tiempo que espera el cliente en la fila.

Basándonos en la condición necesaria para un mínimo de esta función tenemos que:

$$TC(c - 1) \geq TC(c) \quad \text{y} \quad TC(c + 1) \geq TC(c)$$

que aportan la condición:

$$L_s(c) - L_s(c + 1) \leq C_1/C_2 \leq L_s(c - 1) - L_s(c)$$

El valor  $C_1/C_2$  nos indica donde se encuentra el valor óptimo de servidores.

b) Torniquetes.

En lo que respecta a la dosificación de usuarios en torniquetes, podemos emplear esta técnica de manera semejante a como lo hicimos en el caso de taquillas, es decir, podemos

buscar el número de servidores óptimo, tomando como servidores a los torniquetes.

Se toma en cuenta el mismo modelo que en el caso anterior y la misma función de optimidad:

$$TC(c) = (c) (C1) + (Ls(c)) (C2)$$

\* El "Costo Total" es igual al número de torniquetes multiplicado por la ponderación por torniquete adicional por unidad de tiempo, más el número de usuarios en el sistema con c torniquetes multiplicado por la ponderación de la espera por unidad de tiempo. \*

dando el siguiente significado a las variables:

c = Número de torniquetes.

C1 = Ponderación por torniquete adicional por unidad de tiempo.

C2 = Ponderación de la espera por unidad de tiempo que espera el cliente en la fila.

Ls(c) = Número esperado de usuarios en el sistema habiendo c torniquetes.

En este caso el "sistema" abarca desde que el usuario se forma para entrar al torniquete, hasta que sale de éste.

c) Andenes.

El "sistema" a considerar en el caso de andenes, comprenderá desde el momento en que el usuario sale del torniquete hasta que baja del tren.

Esta técnica puede utilizarse de muy diversas formas; en primer lugar puede ser empleada de manera similar a como se hizo en los dos casos anteriores, tratando de encontrar el número óptimo de vagones (servidores) que se deben asignar en cada estación:

$$TC(c) = (c) (C1) + (Ls(c)) (C2)$$

\* El "Costo Total" es igual al número de vagones multiplicado por la ponderación por vagón adicional por unidad de tiempo, más el número de usuarios en el sistema con c vagones multiplicado por la ponderación de la espera por unidad de tiempo. \*

para tal efecto las variables deben tomar el siguiente significado:

c = Número de vagones.

C1 = Ponderación por vagón adicional por unidad de tiempo.

Ls(c) = Número esperado de usuarios en el sistema habiendo c vagones.

C2 = Ponderación de la espera por unidad de tiempo que espera el usuario. En este caso la espera abarca desde el momento en que sale del torniquete hasta que aborda el tren.

Otra aplicación de esta técnica, para el caso de andenes, sería el tratar de encontrar el número máximo de usuarios en el "sistema".

Pueden ser utilizados dos modelos, el primero considerando que se tiene un solo servidor (el tren), en cuyo caso se considerarán las siguientes fórmulas:

$$\lambda_{ef} = \lambda (1 - p_n)$$

\* La tasa efectiva de llegadas es igual a la tasa media multiplicada por la probabilidad del número de usuarios en el sistema. \*

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda (1 - p_n)}$$

\* El tiempo promedio de espera por cliente en la cola es igual al cociente del número esperado de clientes en la cola entre la tasa efectiva de llegadas. \*

$$W_s = W_q + 1/\mu$$

\* El tiempo promedio de espera en el sistema por cliente es igual a la suma del tiempo promedio que espera en la fila más el tiempo que tarda en ser atendido. \*

$$L_q = L_s - \frac{\lambda (1 - p_n)}{\mu}$$

\* El número esperado de clientes en la fila es igual al número de usuarios en el sistema menos la intensidad efectiva de tráfico de usuarios dividida entre la tasa media de servicio. \*

$$L_s = \frac{\rho [1 - (n+1) \rho^n + (n) (\rho^{n+1})]}{(1-\rho) (1-\rho^{n+1})}$$

Esta expresión nos proporciona el número esperado de clientes en el sistema en función de la intensidad de tráfico.

El segundo modelo sería considerar al número de servidores igual al número de vagones del tren, donde las fórmulas a emplear serían:

$$\bar{c} = \text{Número esperado de vagones ociosos} = \sum_{n=0}^c (c-n) p^n$$

$$L_q = p^0 \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!(c-\rho)^2} \left[ 1 - \left( \frac{\rho}{c} \right)^{n-c} - \frac{1}{(n-c)(\rho/c)^{n-c}(1-\rho/c)} \right]$$

$$L_s = L_q + (c - \bar{c})$$

\* El número esperado de usuarios en el sistema es igual al número de usuarios en espera más la diferencia entre el total de vagones y los vagones ociosos. \*

Una vez determinado el modelo a emplear calcularemos  $TC(\mu, n)$ , que representa el "Costo Total" del tiempo de espera y de servicio por unidad de tiempo, con la  $\mu$  y la  $n$  óptimas.

$$TC(\mu, n) = (C1)(\mu) + (C2)(L_s) + (C3)(\eta) + (C4)(\lambda)(pn)$$

\* El "Costo Total" es igual a la ponderación por aumento unitario en la tasa de servicio multiplicada por ésta, más la ponderación de espera por unidad de tiempo multiplicada por el número esperado de usuarios en el sistema, más la ponderación por unidad adicional de acomodo multiplicada por el número máximo de usuarios en el sistema, más la ponderación por usuarios que no abordan el tren multiplicada por la

tasa de llegadas y la probabilidad de que haya  $n$  clientes en el sistema. \*

donde:

C1 = Ponderación por aumento unitario en  $\mu$  por unidad de tiempo.

C2 = Ponderación de espera por unidad de tiempo de espera del usuario.

C3 = Ponderación por unidad de tiempo por unidad adicional de acomodo.

C4 = Ponderación por usuarios que no abordan el tren.

Al minimizar esta función se obtienen la  $\mu$  y la  $n$  óptimas.

#### IV.3. MODELO DE NIVEL DE ACEPTACION.

El modelo de nivel de aceptación reconoce la dificultad de encontrar valores de ponderación para los diferentes rubros y por tanto está basado en un análisis más directo. Emplea directamente las características de operación del sistema al decidir sobre los valores óptimos de los parámetros de diseño. La optimidad aquí se considera en el sentido de satisfacer ciertos niveles de aceptación establecidos por el decisor. Dichos niveles se definen como los límites superiores sobre los valores de las medidas conflictivas que se desean balancear o equilibrar.

En el caso del STC, si deseamos determinar el valor óptimo del número de torniquetes, las dos medidas en conflicto pueden tomarse como:

1. Tiempo promedio de espera en el sistema  $W_s$ .
2. Porcentaje de tiempo inactivo de los torniquetes  $X$ .

Las dos medidas reflejan las aceptaciones del usuario y del torniquete. Sean  $\alpha$  y  $\beta$  los niveles de aceptación (límites superiores) para  $W_s$  y  $X$ . Entonces el nivel de aceptación puede expresarse de la siguiente manera:

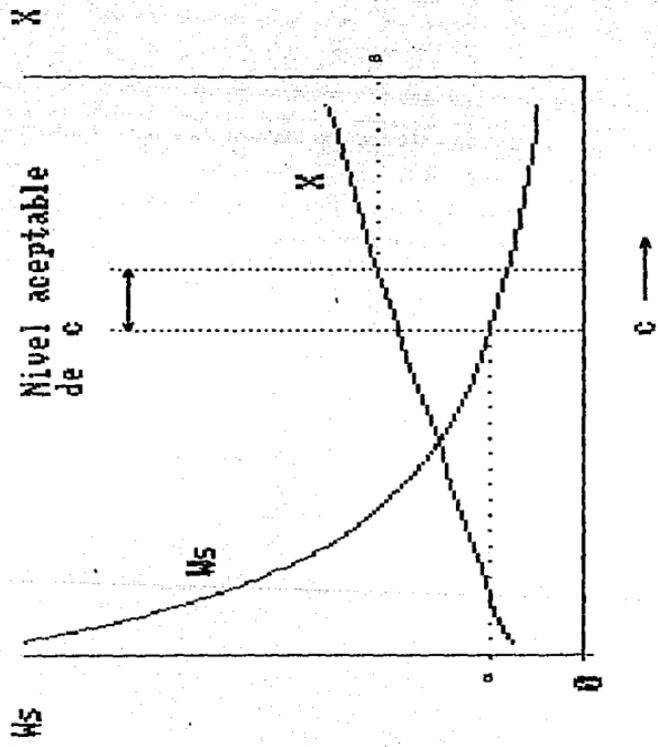
Determinar el número de torniquetes tal que:

$$W_s \leq \alpha \quad \text{y} \quad X \leq \beta$$

La expresión para  $W_s$  es la empleada en el análisis de taquillas. La expresión de  $X$  esta dada por:

$$X = 100 ( 1 - \rho / c )$$

La solución del problema puede determinarse más fácilmente graficando  $W_s$  y  $X$  en función de  $c$ . Localizando  $\alpha$  y  $\beta$  en la gráfica, se puede determinar inmediatamente un intervalo aceptable de  $c$  que satisfaga ambas restricciones. Naturalmente si estas dos condiciones no se satisfacen simultáneamente, sería necesario relajar una o ambas restricciones antes de tomar la decisión. ( GRAFICA IV.3.1. ).



GRAFICA IV.3.1.

Además es posible calcular la ponderación aproximada de la espera por cliente por unidad de tiempo (C2) implicada por la selección de c para los niveles dados de aceptación.

Del modelo para la obtención del número de servidores óptimo, tenemos que:

$$Ls(c) - Ls(c+1) \leq C1/C2 \leq Ls(c-1) - Ls(c)$$

o bien:

$$\frac{C1}{Ls(c-1) - Ls(c)} \leq C2 \leq \frac{C1}{Ls(c) - Ls(c+1)}$$

Esto determina el intervalo equivalente a C2 suponiendo que puede estimarse la ponderación por servidor adicional por unidad de tiempo (C1). El intervalo dado de C2 da los valores que equivalen a seleccionar c de acuerdo con los niveles específicos de aceptación  $\alpha$  y  $\beta$ .

#### IV.4. ALGORITMO DE TRANSPORTE.

Este algoritmo resuelve principalmente, problemas que requieren que determinados bienes situados en diversos orígenes, se trasladen físicamente a puntos destino, de tal manera que se satisfagan las demandas, sin exceder las capacidades de los orígenes y a costo mínimo.

Haciendo una analogía con el STC, tenemos que los puntos origen representarán una determinada estación donde aborda el pasajero, los puntos destino serán las estaciones a la que el público usuario desea llegar y los pasajeros representarán el

bien a trasladar.

Podemos llevar esta información a una tabla similar a la siguiente:

	Salto del Agua	Juárez	Niños Héroes	Cuahtémoc	
Balderas	C11	C12	C13	C14	(A1)
Hidalgo	C21	C22	C23	C14	(A2)
	(B1)	(B2)	(B3)	(B4)	

donde:

$C_{ij}$  = Ponderación de transportar a los pasajeros de la estación  $i$  a la  $j$ .

$A_i$  = Número de pasajeros que suben en la estación  $i$ .

$B_j$  = Número de pasajeros que bajan en la estación  $j$ .

Para resolver este problema será necesario, primeramente aplicar el método de la esquina noroeste o bien el método Vogel, cualquiera de estos nos llevará a obtener la solución inicial del problema.

Se recomienda utilizar el método Vogel ya que este nos acerca más a la solución óptima.

Una vez planteada la analogía será posible utilizar alguno de los paquetes de computadora ya existentes para resolver el algoritmo de transporte.

#### IV.5. RED DE FLUJO MAXIMO.

Por medio de esta técnica es posible determinar cual es la mayor cantidad de un bien que se puede enviar de un lugar a otro cualquiera de la red, desde luego pueden existir uno o más caminos que unen a estos dos puntos, estos caminos tienen restricciones en cuanto a la cantidad de ese bien que puede ser transportado por ellos.

Para aplicar esta técnica al STC, será necesario trazar una red de transporte, donde cada estación será representada por un vértice. Los vértices estarán unidos mediante arcos los cuales llevarán un número  $C_i$  al inicio del mismo representando la cantidad de pasajeros que puede fluir, como máximo, de la estación  $i$  a la  $j$  y otro número  $C_j$  al final del arco que representará la máxima cantidad de pasajeros que pueden fluir de la estación  $j$  a la  $i$ . Designaremos, arbitrariamente a las estaciones terminales, que consideraremos como "origenes" y a las estaciones terminales consideradas como "destinos". Los orígenes estarán conectados a un "origen común" al igual que los destinos a un "destino común".

Con la red de esta forma, se puede aplicar el siguiente algoritmo para determinar el flujo máximo:

- Primeramente se localiza una cadena que vaya del "origen común" al "destino común".

- Se encuentra en esta cadena el arco con la menor capacidad de flujo (mayor que cero). Se denota a esta capacidad como  $C^*$ . Se aumenta  $C^*$  al flujo neto del origen al destino.

- Se resta  $C_i$  a la cantidad  $C_i$  de cada arco en la cadena. Se suma  $C_j$  a la cantidad  $C_j$  de cada arco en la cadena.

- Se vuelve a localizar otra cadena y se repiten las operaciones anteriores.

- El proceso termina cuando ya no exista ninguna cadena que vaya del "origen común" al "destino común".

Para efectos de estudio se considerará inicialmente el flujo neto asignado como cero, al igual que los valores  $C_j$ , es decir, solo se tomará en cuenta el flujo en un sentido.

De esta manera obtendremos la cantidad óptima de pasajeros a transportar de una estación a otra.

Es importante aclarar, que esta técnica no necesariamente tiene que ser aplicada en toda la red, sino que también es posible utilizarla solo en un fragmento de ésta.

#### iv.6. PROBLEMA DE TRANSBORDO.

Esta técnica considera el abastecimiento de módulos o puntos intermedios; las restricciones que se tienen se originan al plantear que la cantidad de un recurso o bien que llega a un punto más lo que éste produce debe ser igual a lo que de éste salga más lo que consume.

Haciendo una analogía con el STC, tenemos que, los pasajeros que van de una estación a otra más los que suben en esa estación, deben ser la misma cantidad de los que permanecen en el tren más los que bajan.

Analíticamente:

$$\sum_{i \neq k} X_{ik} + a^*k = \sum_{j \neq k} X_{kj} + b^*k$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

en donde:

$X_{ik}$  = Número de pasajeros que se transportan de la estación  $X_i$  a la  $X_j$  con  $i \neq j$ .

$a^*k$  = Número de pasajeros que abordan en la estación  $X_k$ .

$b^*k$  = Número de pasajeros que bajan en la estación  $X_k$ .

Además llamaremos abastecimiento neto a  $a_k$  y demanda neta a  $b_k$  definidas las siguientes expresiones:

$$a_k = \begin{cases} 0 & \text{si } b^*k \geq a^*k \\ a^*k - b^*k & \text{si } b^*k < a^*k \end{cases}$$

$$b_k = \begin{cases} 0 & \text{si } a^*k \geq b^*k \\ b^*k - a^*k & \text{si } a^*k < b^*k \end{cases}$$

De esta manera si designamos a  $K_{ij}$  como la ponderación entre una estación  $X_i$  y la  $X_j$ , lo que tendremos que resolver es el siguiente problema de programación lineal:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (K_{ij}) (X_{ij})$$

con las restricciones:

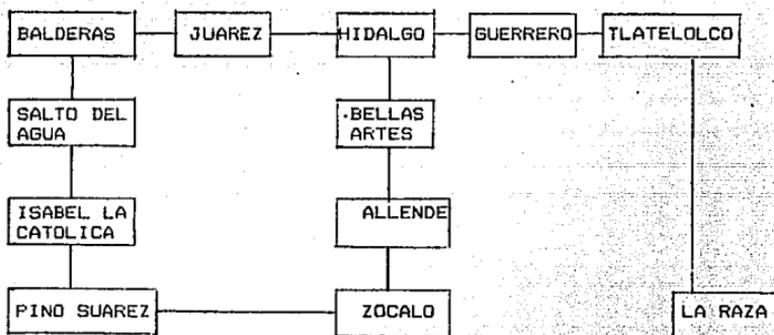
$$\sum_{i=1}^n X_{ik} - \sum_{j=1}^n X_{kj} = a_k - b_k \quad ; \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$X_{ik}, X_{kj} \geq 0$$

#### IV.7. BALANCED DE RECURSOS.

A continuación se describe un método para asignar recursos en aquellos proyectos en donde no solo se desea evitar el que se requieran más recursos de los que se dispone, sino además procura que los recursos disponibles no utilizados sean mínimos.

Es posible aplicar esta técnica para tratar de resolver el problema de dosificación de usuarios; consideremos el siguiente fragmento de la red de transporte:



Además consideraremos la siguiente tabla:

ESTACION	PONDERACION	PASAJEROS POR DIA
A	2	a
B	7	b
C	6	c
D	11	d
E	9	e
F	8	f
G	3	g
H	10	h
I	4	i
J	5	j

La columna ponderación se refiere a aquellas estaciones que poseen una importancia en cuanto a número de pasajeros, es decir, a mayor número de pasajeros, mayor ponderación.

Una vez teniendo estos datos es necesario aplicar el algoritmo de ruta crítica, para después obtener el diagrama de barras y observar en él si la distribución de los pasajeros es la adecuada conforme al cupo óptimo, de no ser así será necesario reordenar la tabla conforme a las ponderaciones y a las holguras obtenidas con la ruta crítica, analizando estación por estación para encontrar en cuales será necesario aumentar o disminuir el número de pasajeros.

#### IV.B. INVENTARIOS.

Un problema de inventario existe cuando es necesario guardar bienes físicos o mercancías con el propósito de satisfacer la demanda durante un tiempo específico. Las decisiones de cuándo hacer pedidos y en qué cantidad, son típicas de cada problema de inventario. La demanda requerida puede satisfacerse una vez según todo un lapso específico o almacenando cierta cantidad cada unidad de tiempo durante dicho lapso.

En el caso del STC, aplicaremos esta segunda opción para tratar de resolver el problema de la dosificación de usuarios, específicamente utilizaremos el modelo que considera limitaciones en el almacén.

Sea  $A$  el área máxima disponible dentro del tren para  $n$

pasajeros y  $a_i$  las necesidades del área del tren por cada pasajero en la  $i$ -ésima estación. Si  $y_i$  es la cantidad de pasajeros que suben en la  $i$ -ésima estación, la restricción de requisitos del tren, en cuanto a cantidad de pasajeros será:

$$\sum_{i=1}^n (a_i)(y_i) \leq A$$

Sean  $b_i$ ,  $k_i$  y  $h_i$ , la cantidad de pasajeros que bajan en cada estación, la ponderación de cada estación y la ponderación de la permanencia en el tren en cada estación, respectivamente.

Por consiguiente el problema será:

$$\min TCU (y_1, \dots, y_n) = \sum_{i=1}^n (k_i b_i / y_i + h_i y_i / 2)$$

sujeto a:

$$(a_i)(y_i) \leq A$$

$$y_i > 0 \text{ para toda } i$$

La solución general de este problema se obtiene con el método de multiplicadores de Lagrange, obteniendo la siguiente ecuación:

$$y_i^* = \sqrt{\frac{(2)(k_i)(b_i)}{h_i - (2)(\lambda^*)(a_i)}}$$

donde  $\lambda^*$  es el valor óptimo del multiplicador de Lagrange, este valor puede encontrarse por ensayo y error sistemáticos ya que por definición  $\lambda < 0$  en el caso anterior de minimización, entonces ensayando los valores negativos sucesivos de  $\lambda$ , el valor  $\lambda^*$  deberá resultar en valores simultáneos de  $y_i^*$  que satisfagan la restricción dada en el sentido de igualdad. Por consiguiente, la determinación de  $\lambda^*$  automáticamente proporciona  $y_i^*$ .

#### IV.9. RUTA MAS CORTA.

Esta técnica consiste en encontrar cuál es la cadena que da el menor valor de distancia, tiempo o costo (según lo que indiquen los valores de los arcos) entre dos nodos cualesquiera de una red con arcos dirigidos.

La correcta canalización de los usuarios dentro de las estaciones, no solo incluye las llamadas horas punta, sino que además debe considerar aquellas horas donde la afluencia es menor, especialmente en las estaciones de transbordo. Con el fin de mejorar la canalización de los usuarios aplicaremos esta técnica de la siguiente manera:

En primer lugar será necesario trazar un croquis o mapa de la estación a estudiar; en este mapa marcaremos los diferentes caminos que puede tomar el usuario ya sea del andén a la salida, del andén al transbordo, etc. según sea el caso, estos caminos constituirán una red.

El segundo punto consiste en etiquetar el nodo inicial de la red como  $W_1 = 0$  y definir un conjunto de nodos etiquetados ( $X$ ) y un conjunto de no etiquetados ( $\hat{X}$ ).

A continuación se consideran todos los arcos que tienen su origen en un nodo  $X$  y su final en un nodo  $\hat{X}$ , es decir, todos los arcos:

$$(X, \hat{X}) = \{ (i, j) / i \in X \text{ y } j \in \hat{X} \}$$

y se calcula:

$$W_1 + C_{ij}.$$

también se calcula:

$$Wp' + Cpq = \text{mínimo } |W_i' + C_{ij}| \quad (i,j) \in (X,X)$$

que será la etiqueta del nodo q, o sea:

$$Wq' = Wp' + Cpq$$

Se coloca el nodo q en el conjunto X.

El algoritmo termina cuando se ha etiquetado al nodo final.

De esta manera habremos obtenido la ruta más corta que une al andén con algún otro punto de la estación y ésta podrá ser el recorrido que siga el usuario cuando no sean horas punta.

#### IV.10. DISTRIBUCION DE PLANTA.

Esta técnica nos ayuda a aprovechar un espacio determinado con el fin de que la línea de producción sea más eficiente, esto se logra encontrando la colocación óptima de la maquinaria y equipo de acuerdo a una simetría y un orden de procesamiento determinados.

Esta técnica puede ser aplicada al STC para tratar de resolver el problema de la canalización de usuarios. Haciendo una analogía, podemos considerar al público usuario como el producto en proceso y los serpentines dirigirán el recorrido que deben seguir para obtener un mayor aprovechamiento del espacio de la estación y mayor fluidez dentro de la misma.

#### IV.11. INGENIERIA DE METODOS.

Esta técnica consiste en crear, diseñar y seleccionar los mejores métodos, materiales, procesos, herramientas, equipos y habilidades para fabricar un producto o prestar un servicio, con la máxima productividad, incluyendo el estudio de tiempos correspondiente.

Esta técnica puede ser útil para establecer bajo las diferentes condiciones (aglomeraciones, baja afluencia, etc.), los diferentes tiempos de recorrido del usuario al trasladarse de un punto de la estación a otro.

Estos tiempos de recorrido nos ayudarán a diseñar la colocación de los serpentines, puertas, señales, etc., que indicarán el camino a seguir por el usuario cuando quiera dirigirse a determinada parte de la estación, ya sea desde el momento en que entra a ésta o bien cuando baja del tren.

#### IV.12. TECNICAS PARTICIPATIVAS.

Este grupo de técnicas constituyen una herramienta muy útil para la solución de problemas, ya que involucran, como su nombre lo indica, la participación de diferentes personas con el fin de encontrar la mejor solución a un problema determinado.

Aunque estas técnicas no se relacionan directamente con el usuario, puesto que no involucran las variables que anteriormente habíamos utilizado, pueden ser de gran ayuda a nivel organización, es decir, a los diferentes Departamentos, Subgerencias y Gerencias ( en especial a la Gerencia de Estaciones y Transportes) les será posible hacer uso de ellas para mejorar el servicio y la atención al usuario.

Es importante mencionar que estas técnicas pueden ser especialmente empleadas para ayudar a resolver el problema de la orientación de usuarios.

A continuación se describen brevemente aquellas técnicas participativas que pueden tener una mayor aplicación en el STC.

##### a) Tormenta de ideas.

Tiene como propósito generar una gran cantidad de ideas, estimular la creatividad y aprender y practicar el pensamiento divergente.

Cada persona debe hablar por turno, sus ideas deben ser registradas exactamente como se han expresado y nadie debe criticar o interrumpir a los demás. Las soluciones se desarrollan partiendo de las ideas de los demás.

b) Selección de problemas.

Clasifica los problemas en orden de prioridad. Cada miembro del grupo asigna un puntaje a los problemas. Esta ponderación se compara con la de los otros participantes; se suman los puntajes y el que recibe el mayor número es el que se selecciona como el área de problemas que preocupa a la mayoría del grupo que está participando en la solución del problema.

c) Diagrama Causa - Efecto.

Representa visualmente causas probables en categorías específicas y ayuda a visualizar el problema. El problema que aparece en el cuadro Efecto, debe ser un producto o proceso mensurable; cualquier cosa que pueda producir el efecto se considera una causa probable.

Esta técnica también se conoce como Diagrama de Espina de Pescado.

d) Recopilación de datos.

Establece medidas confiables y válidas para determinar las causas de los problemas. Expone problemas reales y elimina los intuimos.

Esta técnica debe emplearse cuando el grupo está dispuesto a empezar a investigar el problema; por lo general se usan procedimientos como registros de mediciones, tabulación de frecuencias, diagramas de localización e informes. Los miembros del grupo deciden qué cantidad de datos es necesaria para resolver el problema, cómo se recopilarán y cómo se controlará el registro de estos.

e) Análisis de Pareto.

Traduce el análisis de los datos a números y porcentajes. Presenta en forma obvia al observador los " pocos vitales " y los " muchos triviales ". Crea criterios para el paso subsecuente, generando ideas para la solución de problemas.

Una vez que se han identificado las causas, se deben de listar en una hoja de trabajo en orden de importancia (de la más importante a la menos). En una o más columnas de la hoja de trabajo se registran los datos, con la cantidad total en la parte inferior; otra columna se utiliza para el porcentaje del total de unidades medidas de cada una de las causas; la última columna se emplea para el porcentaje acumulativo; los factores importantes aparecerán como obvios en esta columna, ya que mostrarán las causas que representen al menos el 80 % del problema.

Con estos datos se construye el Diagrama de Pareto: las causas deberán aparecer en la parte inferior del diagrama; la unidad de medición de porcentajes debe aparecer como gráfica de columnas, la causa con el mayor porcentaje se encontrará en el extremo izquierdo; los porcentajes acumulativos se encontrarán como una gráfica de líneas, las causas menores aparecen como rendimientos decrecientes sobre esta línea.

f) Técnica de Grupo Nominal (NGT).

Cada miembro del grupo registra sus ideas en tarjetas, el moderador se encarga de recoger y mezclar las tarjetas; cada una de las ideas se discute con el fin de aclararla; cada participante pondera las ideas según su propio criterio; el

moderador se encargará de sumar el puntaje de cada uno de los rubros, el puntaje más alto indica el consenso del grupo, aunque se llevo a él mediante un trabajo individual.

g) Diagrama "Por qué - Por qué".

Proporciona a los miembros un método alternativo para identificar las causas principales de un problema. Cada paso divergente del análisis se realiza preguntando "Por qué", la respuesta a estas preguntas son las causas del problema; puesto que cada paso es un proceso divergente, se requiere un proceso convergente para determinar qué causas son importantes.

h) Diagrama "Cómo - Cómo".

Ayuda a determinar los pasos específicos que se deben seguir para implantar una solución y por tanto ayuda a formular un plan específico de acción.

Se empieza con una solución y se exploran posibles formas de realizar la acción en cada etapa preguntando "Cómo"; en cada etapa de la cadena se puede emplear un proceso convergente para disminuir la lista de alternativas antes de tomar el próximo paso divergente; se listan las ventajas y desventajas, probabilidades de éxito y costo relativo de cada alternativa para facilitar un proceso de selección más objetivo.

i) Análisis de campo de fuerza.

Ilustra los pros y los contras relativos de una solución u ocurrencia. Representa los pros y los contras como fuerzas restrictivas o motivadoras; ayuda a desarrollar una

estrategia que corrija una solución para tomar en cuenta estas fuerzas.

Todas las posibles fuerzas restrictivas y motivadoras se representan con flechas cuya extensión depende de la intensidad relativa que estas representan; el grupo discutirá acerca de estas fuerzas para llegar a un consenso sobre las extensiones relativas de las flechas. Basándose en el diagrama, el grupo puede empezar a hacer una lista de estrategias que tomen en cuenta estas fuerzas.

j) Estratificación.

Ayuda a la resolución de problemas que se relacionan con recopilación de datos, análisis de los mismos, así como muestras y pruebas. Divide y clasifica los datos en grupos relacionados para que así cada grupo pueda ser estudiado en forma separada.

k) TKJ.

Proporciona las causas comunes a los problemas más usuales dentro de un sistema, así como las soluciones a estos.

Cada miembro del grupo anota en tarjetas aquellos problemas que considera afectan al sistema, el moderador se encarga de recopilar cada una de estas tarjetas y mezclarlas, para después clasificarlas en grupos según su origen; una vez obtenida la causa principal del problema se sigue el mismo procedimiento pero con el fin de obtener la solución del problema.

# CAPITULO V

## RECOMENDACIONES.

## V. RECOMENDACIONES.

Una vez establecido que el Metro es un organismo que proporciona servicio de transporte masivo, rápido y eficiente, a una gran cantidad de usuarios, misma que se incrementa constantemente, recorriendo grandes distancias en distintas zonas de la ciudad y con un proyecto de expansión a corto y largo plazo, es importante conocer los problemas que afecten directamente a los usuarios del mismo en sus diferentes magnitudes y consecuencias, no solo para solucionar aquellos que ya se presentan, sino también prevenir los que puedan surgir con la única finalidad de proporcionar el mejor servicio posible.

De esta manera surge la idea de proporcionar una alternativa de solución a los problemas, utilizando técnicas de Ingeniería Industrial. Estas técnicas han podido relacionarse con el STC, a través del establecimiento de analogías entre los conceptos teóricos de las mismas y los elementos propios del sistema, tales como: estaciones, pasillos, andenes, taquillas, torniquetes, trenes, etc. .

El estudio que hemos realizado contiene el diagnóstico de problemas en el STC, respecto a la orientación, canalización y dosificación de usuarios y la exposición de las técnicas de Ingeniería Industrial seleccionadas como posibles de aplicar para los casos mencionados.

Llegamos al punto de tratar de establecer un mecanismo que dará pauta para desarrollar una aplicación real de dichas técnicas para solucionar los problemas planteados.

Este mecanismo se basará principalmente en el uso de una computadora personal (PC) y de un Programa Maestro que contará con un menú de aquellos problemas que afecten más al Sistema en relación con los usuarios, y de paquetes de computadora ya existentes que se avoquen a la resolución de las técnicas que tratan de dar solución a los problemas mediante diversos métodos matemáticos. Se sugiere este tipo de mecanismo ya que nos permite manejar la información con facilidad y fluidez.

El esquema que proponemos indica los pasos que podrán seguirse para la obtención de resultados satisfactorios.

## ESQUEMA DE TRABAJO

### 1. ESTABLECIMIENTO DE HERRAMIENTAS.

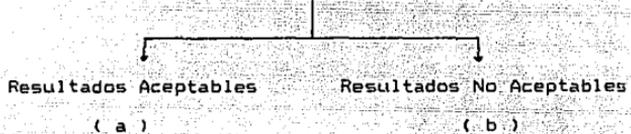
Elementos de cómputo necesarios.

### 2. RECOPIACION DE DATOS.

- Definición de variables.
- Definición de fuentes de información.

### 3. SIMULACION.

Encaminada a la obtención de resultados congruentes.



- Crear Programa Maestro con diferentes opciones

Buscar nuevas opciones

- Plantear un método para obtener los datos necesarios para el Programa Maestro de una manera eficiente.



REALIZACION DE PRUEBAS

### 4. IMPLANTACION DEL PROGRAMA MAESTRO.

Capacitación para el manejo del mismo.

### 5. CONTROL Y RETROALIMENTACION.

Modificaciones y mejoras.

## 1. ESTABLECIMIENTO DE HERRAMIENTAS.

Para este punto, proponemos que una computadora personal ( PC ) sea la herramienta principal para poner en marcha el mecanismo que se sugiere. Junto con ella se seleccionarán los programas que solucionarán los algoritmos de las técnicas de Ingeniería Industrial propuestas anteriormente.

Cabe mencionar que existen paquetes que reúnen varios de estos programas y que pueden ser utilizados como tales. No se descarta la posibilidad de utilizar distintos lenguajes en la computadora ya que cada uno de ellos ofrece diferentes ventajas y alternativas de aprovechamiento.

## 2. RECOPIACION DE DATOS.

### a) Definición de variables.

Se hará la lista de todas las variables involucradas en cada una de las técnicas seleccionadas para resolver un problema específico; estas pueden ser: Afluencia, Frecuencia de Trenes, Número de Trenes, Horarios, Índices de Operación, Datos Operativos, Distribución de Taquillas, etc. .

Tomando en cuenta que estos datos pueden ser requeridos ya sea por la totalidad de la red, por línea o por estación.

### b) Definición de fuentes de información.

Establecer contacto con las diferentes Áreas del STC que proporcionan los documentos donde pueden obtenerse los datos mencionados anteriormente.

Estos documentos pueden ser: Informes de Operación, Estadísticas, Gráficas de Polígonos de Carga, etc. .

### 3. SIMULACION.

Una vez establecidas las herramientas y definido las variables y las fuentes de información se llevará a cabo la simulación de las situaciones problemáticas que puedan presentarse. Esto se hará con el fin de conocer la utilización real de las técnicas, además de analizar los resultados que se obtengan.

#### a) Resultados Aceptables.

En este caso nos referimos a la obtención de resultados que representen realmente soluciones a los problemas, es decir, no se trata solamente que la técnica funcione sino que el resultado que proponga pueda ser correlacionado con un sistema real, además de interpretarse como una solución.

Posteriormente se estructurará un Programa Maestro con las distintas opciones que pueden utilizarse, ya que un problema puede tener distintas alternativas de solución y a estas puede llegarse mediante diferentes métodos matemáticos. (Ver tabla V.1).

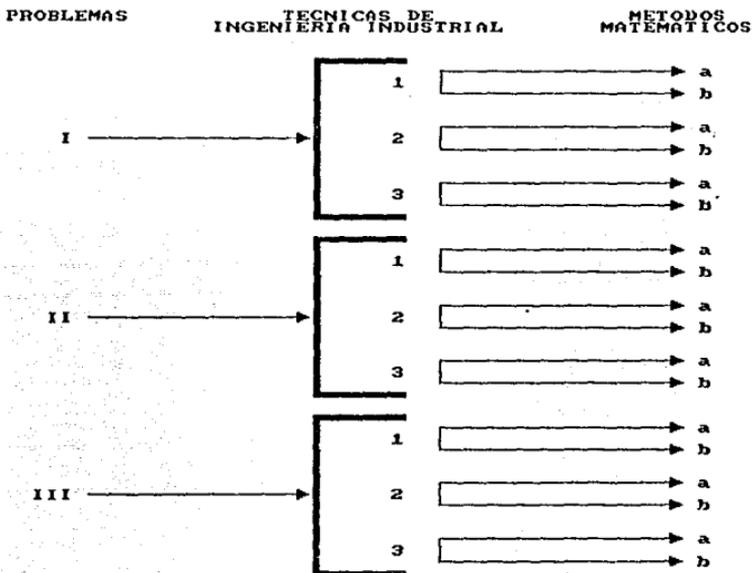
Deberá tomarse en cuenta que para elaborar este Programa Maestro será necesario estandarizar algunos procesos, de acuerdo a situaciones que han presentado el mismo comportamiento a lo largo del tiempo o con mucha frecuencia.

Deberá plantearse un método para que la obtención de los datos necesarios sea rápida y eficiente.

Proponemos que se lleve a cabo mediante la comunicación indirecta de la terminal PC que maneje el Programa Maestro, con las terminales que se encuentren en las distintas áreas del STC, por medio de discos que contengan la información.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ESTRUCTURACION DEL PROGRAMA MAESTRO.



#### REALIZACION DE PRUEBAS.

Estas se llevarán a cabo con la finalidad de tener un punto de vista objetivo en el caso de la implantación del Programa Maestro dentro del STC.

#### b) Resultados No Aceptables.

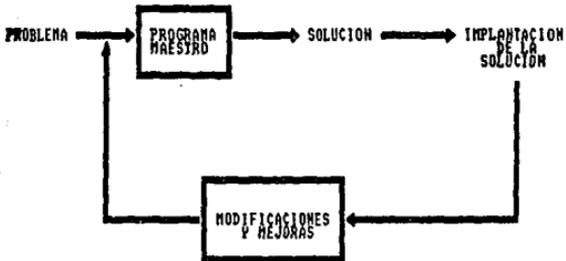
En este caso, contrariamente al inciso anterior, será necesario buscar otra alternativa de utilización de la técnica, dentro del mismo problema o en otro distinto; o en su defecto desecharla.

#### 4. IMPLANTACION DEL PROGRAMA MAESTRO.

Se deberá seleccionar y capacitar personal de las distintas áreas del STC que intervienen directamente en el análisis de estos problemas (Estaciones y Transportes, Vigilancia, Relaciones Públicas, Comunicaciones ); los que formarán un grupo que se avocará a trabajar con el Programa Maestro para dar solución a los mismos.

#### 5. CONTROL Y RETROALIMENTACION.

El personal que trabajará con el Programa Maestro será el encargado de realizar el control del mismo, además de proponer modificaciones y mejoras que puedan surgir de la retroalimentación.



# A P E N D I C E

AFENDICE.

## PROGRAMACION LINEAL.

La programación lineal tiene como finalidad encontrar el valor óptimo del objetivo del sistema, sujetándose a una serie de restricciones que surgen de las relaciones que existen entre dos entidades; estas relaciones funcionales pueden ser expresadas como ecuaciones lineales.

Esta técnica trata con sistemas cuyo problema es asignar recursos limitados entre actividades que compiten, de la mejor forma posible.

Un modelo de programación lineal consta de tres partes principales: la función objetivo, restricciones explícitas y restricciones implícitas.

La función objetivo se expresa como una función matemática lineal y cada uno de sus términos indica el beneficio que se obtiene por cada actividad y al sumarse dan el beneficio total del sistema, se busca encontrar el máximo o el mínimo según sea el caso.

Las restricciones explícitas reciben este nombre porque se indican textualmente. Cada uno de sus términos indica cuántos recursos está consumiendo cada actividad, y la suma de estos representa la cantidad de recursos que consume el sistema. Son desigualdades del tipo menor o igual que ( $\leq$ ) e indican que se debe consumir menos o como límite lo que se tiene.

Las restricciones implícitas indican únicamente que el valor de las variables o nivel de las actividades deben ser cero o con un valor positivo.

#### RUTA CRITICA.

La ruta crítica nos permite determinar si una actividad del proyecto es crítica, es decir, si una demora en su comienzo causará una demora en la fecha de terminación del proyecto. Si la actividad no es crítica, tendrá un tiempo de holgura y por lo tanto se puede demorar.

La ruta crítica es una cadena de actividades críticas que conecta al nodo inicial de la red que representa a un proyecto determinado, con el nodo final de la misma.

Este método consta de los siguientes pasos:

1. Listar las actividades del proyecto.
2. Construir una matriz de secuencias.

En esta matriz se debe indicar qué actividades deben seguir inmediatamente a una actividad, qué actividades deben terminarse antes de que esta actividad pueda comenzar y qué actividades deben efectuarse simultáneamente con esta actividad.

3. Construir la red de actividades.

En esta red, los arcos dirigidos representarán las actividades y los nodos indicarán el principio y el fin de cada actividad. Cada actividad estará representada por un y solamente un arco en la red; no se puede representar la misma actividad dos

veces.

Dos actividades diferentes no pueden identificarse por el mismo nodo inicial y el mismo nodo final. Esta situación puede surgir cuando dos actividades deben realizarse simultáneamente. Para evitar confusiones se introduce una actividad ficticia al principio o al final de alguna de las actividades; esta actividad ficticia solo se introduce para la construcción de la red y no tiene ningún significado, por lo tanto no consume ningún recurso del proyecto.

4. Numerar los nodos de la red.
5. Determinar la duración de las actividades.
6. Calcular el tiempo de comienzo más próximo.

Los cálculos comienzan desde el nodo inicial y prosiguen hasta el nodo final. En cada nodo se calcula un número que representa el tiempo de comienzo más próximo de las actividades. Este tiempo se denota como  $CP_i$ , iniciando con  $CP_1=0$ ; la forma de obtener los restantes  $CP$ 's es:

$$CP_j = \max \{ CP_i + D_{ij} \}$$

7. Calcular el tiempo de terminación más lejano.

Estos cálculos comienzan en el nodo final y terminan en el inicial. En cada nodo se calcula un número que es el tiempo de terminación más lejano de una actividad. Si el nodo final de la red es el nodo  $n$  y el tiempo de terminación más lejano se denota como  $TL_j$ , los cálculos comienzan con  $TL_n = CP_n$ . La fórmula para calcular los demás valores es:

$$TL_i = \min \{ TL_j - D_{ij} \}$$

8. Calcular los tiempos de inicio más lejano (CLij) y el tiempo de terminación más temprano (TPij); estos se calculan de la siguiente manera:

$$CL_{ij} = TL_j - D_{ij} \quad TP_{ij} = CP_i - D_{ij}$$

9. Calcular la holgura libre.

La holgura libre se define como el exceso de tiempo disponible menos la duración de la actividad y se calcula de la siguiente manera:

$$HL_{ij} = CP_j - CP_i - D_{ij}$$

10. Calcular la holgura total.

La holgura total es la diferencia entre el máximo tiempo disponible para realizar la actividad y su duración, es decir:

$$HT_{ij} = TL_j - CP_i - D_{ij}$$

11. Calcular la ruta crítica.

La ruta crítica estará constituida por todas las actividades con holgura total igual a cero.

## SIMULACION.

Básicamente existen tres tipos de simulación:

- Modelo analógico.
- Modelo continuo.
- Modelo discreto.

El modelo analógico reemplaza al sistema original por un análogo que es más fácil de manipular.

El modelo continuo representa el sistema que experimenta cambios uniformes en sus características en el tiempo. Estos puntos coinciden con la ocurrencia de ciertos eventos que son cruciales para efectuar cambios en el funcionamiento del sistema. La clave de un modelo discreto es la identificación de los eventos que describen totalmente el comportamiento del sistema. Cada evento define un punto en el tiempo que significa la terminación de una o más actividades y/o el comienzo de nuevas.

Este último modelo de simulación es el más utilizado y el que se recomienda para analizar los posibles resultados que puede tener la aplicación de cualquier técnica en un sistema.

## TECNICAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL

A continuación se mencionan algunas de las técnicas de Ingeniería Industrial que se emplean con mayor frecuencia, dando una explicación breve de cada una.

- Diagrama de flujo. Nos permite estructurar la información, los pasos a seguir y las diversas opciones que puedan presentarse.

- Distribución de planta. Nos ayuda a encontrar la óptima colocación del inmueble en determinado espacio.

- Ingeniería de métodos. Consiste en crear, diseñar y seleccionar los mejores métodos, materiales, procesos, herramientas, equipos y habilidades para fabricar un producto o prestar un servicio, con la máxima productividad, incluyendo el estudio de tiempos correspondiente.

- Análisis Factorial. Analiza cada uno de los factores que intervienen dentro de una empresa o actividad, con el fin de encontrar la función más limitante.

- Punto de equilibrio. Encuentra la cantidad óptima de producto por fabricar con el mínimo costo.

- Diagramas de Gantt. Programa las actividades correspondientes en un periodo determinado, encontrando la secuencia óptima.

- Análisis de sensibilidad. Indica que tan estable es un valor óptimo encontrado, los efectos que causa el introducir otra variable o una restricción extra al problema ya resuelto.

- PERT (Program-Evaluation-Review-Technique). Permite la consideración de cientos de actividades, dando margen e incertidumbre.

- Algoritmo de transporte. Resuelve problemas que requieren que determinados productos situados en puntos orígenes, se trasladen físicamente a puntos destino, de manera que satisfagan las demandas sin exceder las capacidades de las fuentes a costo mínimo.

- Ruta crítica. Determina si una actividad del proyecto es crítica, es decir, si una demora en su comienzo causará una demora en la fecha de terminación del proyecto.

- Ruta más corta. Encuentra cual es la cadena que da el menor valor de distancia, tiempo o costo.

- Ruta de valor máximo. Indica el camino de mayor valor de distancia, tiempo o costo.

- CPM (Critical Path Method). Es un método de camino crítico tomando en cuenta una gran cantidad de variables, dándonos el orden óptimo en que se deben realizar las actividades así como aquellas que son prioritarias.

- Caminos Hamiltonianos. Dada una gráfica se dice que un camino es hamiltoniano si pasa una vez y solo una vez por cada vértice de la gráfica.

- Asignación de recursos. Modifica una planeación inaceptable; cambia la secuencia de las actividades en forma tal que se respeten las disponibilidades y se minimicen los posibles incrementos en la duración del proyecto obtenida del plan original.

- Balanceo de recursos. Asigna recursos de los que se dispone, aprovechando estos de la manera más eficiente, además se procura que los recursos disponibles no utilizados sean mínimos.

- Sociogramas. Encuentra el factor más representativo de un sistema.

- Árboles de decisión. Representa y analiza una serie de factores a través del tiempo, ayudándonos a encontrar la mejor solución a un problema determinado, partiendo de varias opciones.

- Árbol de mínima expansión. Encuentra el árbol de menor costo, distancia o tiempo de una red, según el significado de las variables.

- Red de flujo máximo. Determina cual es la mayor cantidad de un bien que se puede enviar de un nodo a otro cualquiera de la red, desde luego que deben existir una o más cadenas entre estos nodos y los arcos que las constituyen tienen restricciones en cuanto a la cantidad de ese bien a fluir.

- Red de flujo mínimo. Determina el flujo mínimo que circula en una red.

- Red de circulación. Determina para cierto lapso el número de vehículos que debe circular por cada ruta o que debe estacionarse, de tal manera que el flujo total hacia el último nodo sea máximo.

- Sensibilidad de flujo. Encuentra cuales son los arcos de una red cuya eliminación ocasiona la disminución del flujo máximo que podía circular por la red original.

- Problema de abastecimiento. Determina la cantidad de un bien que debe enviarse de un lugar a otro con el menor

costo.

- Asignación de tránsito. Determina el nivel de servicio proporcionado por una red dada, para un conjunto de demandas previamente especificadas. Indica cómo se distribuye el flujo de vehículos sobre una red.

- Asignación óptima de personal. Asigna a los candidatos a aquellos puestos que reporten a la empresa un valor total máximo.

- Modelo de interdependencia industrial. Determina las relaciones de producción de las industrias de un sistema económico dado, a fin de tener cantidades prefijadas de mercancías en los sectores finales de consumo.

- Secuencia óptima. Nos indica cual es la secuencia de las actividades para minimizar el tiempo total.

- Cadenas de Markov. Involucra diversos problemas en los que interviene la toma de decisiones, proporcionándonos un método alternativo para la resolución del mismo.

- Líneas de espera. Determina el tiempo de espera, la longitud de la línea, el número adecuado de servidores, etc..

- Simulación Montecarlo. El modelo involucra muestras aleatorias a partir de una distribución de probabilidad por medio de la cual se encuentra una posible solución a un problema determinado.

- Programación lineal. Trata con sistemas cuyo problema es asignar recursos limitados entre actividades que compiten entre sí, de la mejor forma posible.

- Programación dinámica. Resuelve problemas que

requieren de tomar decisiones interrelacionadas entre sí.

- Problema de transbordo. Se plantea un problema de transporte pero considerando el abastecimiento de módulos o ciudades intermedias.

- Tormenta de ideas. Genera una gran cantidad de ideas, estimula la creatividad.

- Selección de problemas. Clasifica los problemas en orden de prioridad. Selecciona un área de problemas que preocupe a la mayoría de los miembros de un grupo.

- Diagrama causa efecto. Representa visualmente causas probables en categorías específicas.

- Recopilación de datos. Establece medidas confiables y válidas para determinar las causas de los problemas. Expone problemas reales y elimina los intuitivos.

- Análisis de Pareto. Traduce el análisis de los datos a números y porcentajes. Genera ideas para la solución de problemas.

- Gráficas e histogramas. Clasifica los datos complejos en la forma más significativa. Determina qué mecanismo visual se adapta a los datos: líneas, barras, columnas de superficie, circular, diagramas de flujo, PERT, gráficas de organización o histogramas.

- Técnica de Grupo Nominal (NGT). Genera una gran cantidad de ideas. Obtiene ideas que se conciben en ambientes confusos, ruidosos o poco estimulantes.

- Diagrama "por qué - por qué". Proporciona a los miembros un método alternativo para identificar las causas

principales de un problema.

- Diagrama "cómo - cómo". Ayuda a determinar los pasos específicos que se deben seguir para implantar una solución y por lo tanto ayuda a formular un plan específico de acción.

- Análisis de campo de fuerza. Ilustra los pros y los contras relativos a una solución u ocurrencia.

- Estratificación. Ayuda a la resolución de problemas que se relacionan con recopilación y análisis de datos.

- Gráficas de control. Proporciona técnicas para elaborar gráficas y estadísticas para poder mejorar los resultados del proceso. Mejora estos indicando con claridad cuándo el proceso está fuera de control y cuándo los ajustes están garantizados. Mejora los resultados del proceso evitando ajustes innecesarios al mismo que varía por azar. Indica tendencias que pueden causar bajos rendimientos o problemas futuros.

- Análisis de valor para la calidad. Proporciona un medio para analizar un producto que satisface los requisitos funcionales en el momento o lugar oportunos con la calidad esencial, al costo más bajo.

# BIBLIOGRAFIA

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

- Baena Paz Guillermina  
Instrumentos de Investigación  
Ed. Mexicanos Unidos, México 1982:
- Barra Ralph  
Círculos de Calidad en Operación. Estrategia Práctica para  
Aumentar la Productividad y las Utilidades.  
Ed. Mc Graw Hill, U.S.A. 1985.
- Bazaraa y Jarvis  
Programación Lineal y Flujo de Redes  
Ed. Limusa - Wiley, 1981.
- Cázares Hdez. Laura, María Christen y otros  
Técnicas Actuales de Investigación Documental  
Ed. Trillas, México 1983.
- Coss Bu Raúl  
Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión.  
Ed. Limusa, México 1983.
- Espinoza Ulloa Jorge  
El Metro de México  
México 1973.

- Flores Zavala Victor  
Ingeniería de Sistemas  
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. México 1982.
  
- Geoffrey Gordon  
Simulación de Sistemas  
Ed. Diana, México 1980.
  
- Hall Arthur D.  
Ingeniería de Sistemas  
Ed. C.E.C.S.A., México 1978.
  
- Hillier y Lieberman  
Introducción a la Investigación de Operaciones  
Ed. Mc Graw Hill, 1982.
  
- Hesse Rick, Woolsey Gene  
Applied Management Science  
Ed. Science Research Associates Inc., U.S.A. 1980.
  
- Jauffred Francisco J., Moreno Bonett Alberto  
Métodos de Optimización: Programación Lineal - Gráficas  
Representaciones y Servicios de Ingeniería, México 1980.
  
- Rojas Soriano Raúl  
Métodos para la Investigación Social  
Ed. Folios Ediciones, México 1983.

- Shamblin James E., G. T. Stevens Jr. y otros  
Investigación de Operaciones: un enfoque fundamental  
Ed. Mac Graw Hill, México 1982.
  
- Taha Handy  
Investigación de Operaciones, una introducción  
Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A.  
México 1981.
  
- Análisis Técnico - Económico de un Sistema de  
Telecomunicaciones por Fibras Ópticas para el Metro  
Tesis U.N.A.M. 1985.
  
- Compendio de Datos Técnicos Relevantes del Metro  
Documento Técnico No. 17, STC, México, Dic. 1987.
  
- Informe Anual  
STC, México 1985.
  
- Informe Anual  
STC, México 1986.
  
- Informe Anual  
STC, México 1987.

- Manual de Organización Institucional del Sistema de Transporte Colectivo.

- Seguridad y Servicio. Gerencia de Estaciones y Transportes. Manual de la Maniobra de Control y Dosificación de Usuarios en las Estaciones de la Red.  
Septiembre 1985.