



4  
201

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**“ARAGON”**

**Estudio y Control Topográfico de la Línea No. 8  
del Sistema de transporte Colectivo de la  
Ciudad de México**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de:

**INGENIERO CIVIL**

Presenta:

**ALEJANDRO ARECHIGA JURADO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

San Juan de Aragón, Méx. 1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE.

<i>Capítulo</i>		<i>Página.</i>
I.	Introducción. . . . .	1
I.1.	Historia de la Ciudad de México.. . . .	3
I.2.	Antecedentes del Transporte Masivo. . . . .	8
I.3.	Creación del Sistema de Transporte - Colectivo. . . . .	13
II.	Levantamientos Topográficos.. . . .	18
II.1.	Levantamientos Planimétricos. . . . .	20
II.1.1.	Polígonos de Apoyo. . . . .	20
II.1.2.	Levantamientos Fotogramétricos. . . . .	24
II.1.3.	Levantamientos Directos.. . . .	32
II.1.4.	Instrumentos Empleados. . . . .	42
II.2.	Levantamientos Altimétricos.. . . .	57
II.2.1.	Bancos de Nivel Fijos. . . . .	57
II.2.2.	Bancos de Nivel Profundos. . . . .	61
II.2.3.	Bancos de Superficie. . . . .	62
III.	Proyecto de Alineamiento Vertical y Horizontal. . . . .	66
III.1.	Anteproyecto. . . . .	68

III.2.	Proyecto de Trazo.	. . . . .	86
III.2.1	Trazo Horizontal.	. . . . .	86
III.2.2.	Trazo Vertical.	. . . . .	102
IV.	Trazo y Replanteo de Proyecto.	. . . . .	111
V.	Control Topográfico de la Obra Civil.	. . . . .	119
V.1.	Control Planimétrico.	. . . . .	120
V.2.	Control Altimétrico..	. . . . .	127
VI.	Conclusiones.	. . . . .	135
	Anexo.	. . . . .	139
	Bibliografía.	. . . . .	145

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

## I. INTRODUCCION.

La ciudad de México que como todas las grandes ciudades, ha --- sido sujeta a una serie de cambios, originados desde su fundación, continúan hasta nuestros días y están íntimamente relacionados con las diversas necesidades y demandas que el transcurrir del tiempo - ha planteado.

Nuestros antepasados respondieron vitalmente a estas necesida-- des y lograron en un medio lacustre, agresivo y voraz, hacer surgir una de las ciudades más esplendorosas de los tiempos antiguos.

Los españoles crearon otra ciudad, asiento de su poder, de don-- de manaba su control financiero e ideológico. Ciudad de luz y de -- sombras, crecida caóticamente, sin planificación, la antigua Tenochtitlán proyectó en los tiempos que corrían, la imagen de una ciudad inhumana, en donde las aglomeraciones juegan un papel importante.

La historia de la ciudad de México es un resumen palpitante del ímpetu destructivo, pero a la vez creador, que ha animado a los me-- xicanos, a través de toda su historia. Recibe linaje de grandeza y esplendor desde sus orígenes, y su erección y desarrollo como el - mejor ejemplo de éste.

Debido a la importancia que ha adquirido en los últimos años -- el transporte metropolitano, y a las subsecuentes construcciones -- realizadas durante ellos: el presente trabajo trata acerca del *Estudio y el Control Topográfico* requerido, en la aplicación a la -- Obra Civil, en la Construcción de la *Línea No. 8 del Sistema de -- Transporte Colectivo de la Ciudad de México (Metro)*.

### I.1 HISTORIA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

La ciudad de México se fundó aproximadamente en los primeros -- años del Siglo XIV, 55 años después de que los primeros mexicanos -- llegaron a las riberas del Lago.

El inicio de este asentamiento fue pobre y miserable, pero su -- engrandecimiento no tiene paralelo en la historia, pues de la más -- humilde servidumbre, habría de convertirse en la reina y señora de los lagos. Cuando entraron los españoles en ella, había 120.000 casas, habitando hasta 10 vecinos en cada una de ellas

En la ciudad había dos tipos de calles. Las primeras, eran de -- agua y estaban a espaldas de las casas, con camellones de tierra -- divididos por zanjas, en los cuales se sembraban legumbres. Estas -- calles se cruzaban en canoas y barquillas y por ellas se realizaba

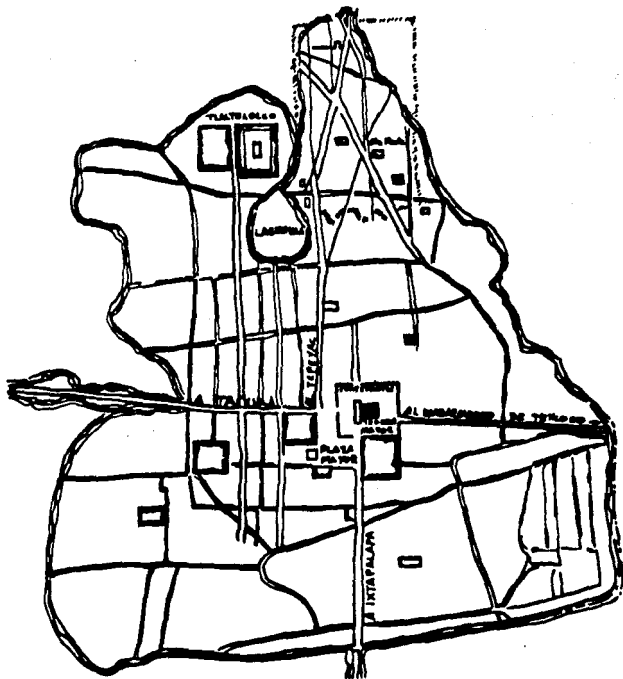
el abastecimiento de la ciudad, así como otros servicios. Las segundas, "todas de tierra", eran tan angostas que apenas podían ir juntas dos personas. A estos callejones salían las puertas de todas las casas.

Con respecto a su acceso, tenía tres entradas o calzadas hechas a mano, de tierra y piedra y tan anchas que podían pasar por ellas tres carretas juntas, o diez hombres a caballo. Estas eran la de -- "Iztapalapa" que salía de la puerta Sur del Templo Mayor, continuando por las que actualmente son: Avenidas José Ma. Pino Suárez, Sn. Antonio Abad y Calzada de Tlalpan, al llegar a la ahora Av. Popocatepetl se bifurcaba para alcanzar también Coyoacán, y con rumbo a -- Iztapalapa pasaba por Mexicalcingo (Pequeño México), para llegar a la orilla del Lago de Tláhuac. Otra era "Tlacopan", conocida hoy en día como Calzada México-Tacuba, iniciaba en la puerta Poniente del recinto del Templo Mayor y llegaba a la ribera de lago, a la altura de Popotla; también con un ramal hasta los manantiales de Chapultepec. Una más comunicaba el mercado de Tlatelolco (el centro comercial más importante del extenso imperio Azteca), yendo por lo que es la Avenida de la Reforma, hasta Nonoalco (figura 1).

Durante la Colonia, por motivos políticos y contra la opinión de algunos técnicos (de esa era), Cortés decidió poblar la Gran Tenochtitlán y emprendió su reconstrucción hacia noviembre de 1521. -



FIGURA 1



Tenochtitlán en 1521

Con el fin de borrar hasta los últimos vestigios de la antigua ciudad, dispuso la construcción de uno solar para una iglesia de Norte a Sur, formando manzanas o cuadras iguales.

Los conquistadores comenzaron a construir en el lado Sur de la Plaza (en los solares). De tal forma que en poco tiempo la ciudad -- contaba ya con un buen número de edificaciones. Estas eran de can-- tera y estaban enclavadas. Las calles eran anchas y rectas. En ellas podían transitar hasta tres carretas juntas.

En esta época, la ciudad tenía aproximadamente 14 leguas -- -- (78.000 metros) de circunferencia y la atravesaban tres acequias -- principales, por las cuales se realizaba el comercio entre indios y españoles. Tenía muchas plazas y mercados y conservaba las tres --- grandes Calzadas de la ciudad indígena; la ciudad quedó sujeta a -- grandes transformaciones. Se introdujeron animales de silla, tiro y carga, obligando a que muchas vías acuáticas se convirtieran en ca-- lles de tierra, desprovista de buenos pavimentos, de desagües y --- alumbrado.

El Siglo XIX trajo cambios definitivos a la estructura política y social de México que repercutiría en la augusta ciudad que el or-- gullo llegó a llamar la Ciudad de los Palacios.

Bajo el empuje de las Leyes de Reforma se abrieron y pavimentaron las calles, se destruyeron y adaptaron conventos para servicios públicos del Estado. Durante el gobierno de Porfirio Díaz, la paz reinó, y el desarrollo se manifestó incontinentemente. Se desarrollaron obras cuantiosas reclamadas por los adelantos del Siglo y -- por las necesidades de una población en incremento. Una de estas -- fué la referida al saneamiento, con el objeto de desaparecer los -- vetustos conductos desagüadores de la época colonial y evitar las -- extensas y frecuentes inundaciones que en los tiempos de lluvia asg laban las principales calles.

Se procedió a la pavimentación de las calles con asfalto; se -- introdujo el alumbrado público, aún cuando en principio se extendió solo a unas cuantas calles; subsistiendo en otras el alumbrado de -- hidrógeno, considerado excesivamente caro.

La ciudad se triplicó en superficie, y como todas las capitales del mundo, empezó a ensancharse hacia el Poniente. Siendo el rumbo mas sombrío de la misma, callejuelas célebres en la historia del -- crimen. Del otro lado se levantaba el México moderno (formado por -- las colonias Santa María, Guerrero, Juárez y San Rafael).

En el Siglo XX. Ciudad y Urbanización aparecen entonces estre-- chamente ligadas; la primera representa el asentamiento humano pro-

piamente dicho; la segunda constituye el esfuerzo para hacerla cada vez más viable. Durante los inicios de este Siglo, el proceso de -- construcción de edificios suntuosos tipo europeo, se conserva hasta 1910. En estos años se inauguran las obras de desagüe del Valle de México; y varios edificios públicos de gran interés (Hospital General, Edificio de Geología por mencionar algunos).

La condición de la ciudad, en relación a sus servicios municipales, medios de comunicación y capacidad de consumo, ayudaron a su crecimiento. Como la misma fué creciendo, surgieron las ampliaciones de las colonias Roma y Condesa; hicieron el trazo de las calles de 20 metros de anchura, construyeron starjeas, instalaron cañerías de agua con pavimento asfáltico, sus banquetas fueron de concreto -- con árboles a sus orillas, se incluyó el alumbrado eléctrico.... -- siendo una verdadera urbanización.

## I.2 ANTECEDENTES DEL TRANSPORTE MASIVO.

La comunicación inicial de la ciudad era por vía acuática, -- exceptuando las grandes calzadas contruídas que eran de tierra; esta ciudad estuvo bien enlazada por su red de Calzadas y un sinúmero de canales de navegación, en un trazo ortogonal bien definido. Durante la Colonia el sistema de transporte fué transformado a uno de

arriería, con animales y el uso de carretas; motivo por el cual muchas vías acuáticas fueron segadas y convertidas en calles de tierra.

De acuerdo al Censo de 1895 el número de habitantes ascendía a 360,000. Sus límites se encontraban perfectamente marcados por las antiguas garitas de San Lázaro, Peralvillo, San Antonio Abad, Bucareli y San Cosme. El servicio de transporte se daba a través de los tranvías tirados por mulitas, y se complementaba con coches cerrados tirados por caballos, carretelas y carros de carga. Sin embargo, los tranvías de tracción animal fueron sustituidos por los eléctricos.

En cuanto al desarrollo de la ciudad, lo más trascendente fue la inauguración de las vías eléctricas que conectaban Mixcoac, Tlalpan, Xochimilco y colonias adyacentes con el centro, y a lo largo de las cuales se desarrollaron nuevos asentamientos humanos. Esto convirtió al tranvía en el vehículo de locomoción más importante, quedando el servicio de tracción animal solo en pocas calles.

Sin embargo los transportes acuáticos no desaparecieron por completo, aún en el Siglo XIX y principios del XX continuaron prestando servicio: canales como el de la Viga fueron esenciales en el abasto de hortalizas para la gran ciudad. También existió una línea

de vapores entre la ciudad de México y el Lago de Chalco.

Sin la electricidad y la gasolina que hacían posible el traslado de los automóviles, la ciudad capital se hubiera conservado -- diminuta, impotente para dar cabida a los innumerables inmigrantes -- que en su seno volcaban los grandes cambios sociales. Gracias a la gasolina, las primeras líneas de camiones fueron puestas en servicio entre 1915 y 1917.

Desde el primero de enero de 1929 se empezaron a sentir los -- problemas del tránsito que cada día adquiría mayor importancia por el aumento considerable de vehículos (aproximadamente 40,000).

En 1930 empezaba a percibirse la densificación del área urbana, el incremento de los problemas habitacionales en el Centro de la -- ciudad; la falta de infraestructura y equipamiento urbano para atender a 1'217,663 habitantes; la condición de la misma en relación a sus servicios, medios de comunicación y capacidad de consumo.

México empezó a romper las ligaduras que ataban sus movimientos. El crecimiento demográfico y la actividad mercantil indicaban como caso urgente destruir las barreras que se oponían al movimiento y -- desahogo del tránsito, abriendo y ampliando nuevas avenidas. Las -- dimensiones seguían creciendo siendo bastante molestas, sin embargo

a consecuencia del gran desarrollo de los negocios, el número de --  
automóviles resultaba crecidísimo, lo que hacía ya el tránsito di--  
fícil.

Los camiones estaban en sorda competencia con los tranvías, a --  
los que desplazarían años mas tarde. Los coches de sitio cobraban --  
libremente la dejada.

Para 1957 se calculaba que en el Distrito Federal vivían cuatro  
millones de habitantes; en 1963, cinco millones y medio, y en 1965,  
seis millones; con lo que la agravante de que la Capital seguía cre--  
ciendo en forma ininterrumpida; el número de vehículos que circula--  
ban por las calles, se multiplicó varias veces.

Según el XI Censo General de población y Vivienda, el Distrito  
Federal alcanzó en 1990 los 8'236,970<sup>1</sup> habitantes, la población de  
los municipios conurbados se estimó en 10'000,000<sup>2</sup> por lo que la --  
zona metropolitana conjuntó los 18'236,970 habitantes. Con la info--  
ración obtenida de los censos realizados entre 1950 y 1990, se ha --  
elaborado pronósticos para los años de 1994, 2000 y 2010; se estima  
de acuerdo a la hipótesis de crecimiento media marcada para la polí--  
tica demográfica del Distrito Federal y el Estado de México, que la

---

<sup>1</sup> .Datos Preliminares.

<sup>2</sup> .Información No Disponible.  
Se estima dicha información.

zona metropolitana podría llegar a tener en el año 2010. 30.34 millones de habitantes, correspondiendo 15.74 al Distrito Federal y 18.56 millones a los municipios conurbados.

Como los estudios de origen y destino son factor importante para la definición de la política a seguir en cuanto a transporte se refiere, la *Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR)* ha elaborado investigaciones que indican que en 1983 se generaban 2.4 millones de viajes/persona/día (VPD), de los viajes registrados en ese año el 29.08% se realizaron en el Metro, 25.97% en autobuses urbanos, el 19.04% en automóviles particulares, 14.04% en autobuses suburbanos, 8.21% en taxis colectivos y el 3.66% restante en taxis libres, tranvías, trolebuses y otros medios de transporte.

El *Programa Integral de Transporte (PIT)* presentó en 1990 un diagnóstico muy amplio de la situación del transporte de la ciudad de México. Entre otros datos, menciona que diariamente se realizan más de 29 millones de VPD. El 75% dentro del Distrito Federal y el 25% en la zona conurbada.

El transporte público de pasajeros en el Distrito Federal, dispone de: ocho líneas del Metro; una línea de tren ligero; 234 rutas de autobuses de pasajeros; 27 líneas de trolebuses y 105 rutas de combis y microbuses. Su distribución no corresponde a las necesida-



des y es posible encontrar zonas habitacionales atendidas por varios medios de transporte, en tanto que en otras no hay atención (cuadro 1.1).

### 1.3 CREACION DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO.

En 1967 (29 de abril) por decreto presidencial se creó el organismo público llamado "Sistema de Transporte Colectivo (STC)", con la finalidad de construir, operar y explotar un tren rápido con recorrido subterráneo y superficial para el transporte colectivo del Distrito Federal. En los años siguientes, el mundo prehispánico que vivía en nuestro subsuelo se hizo patente cuando las autoridades del Distrito Federal iniciaron los trabajos de excavación para instalar el tren subterráneo. En 1969 (4 de septiembre) fue la inauguración de la primera línea del Metro Subterráneo; inicio de la transformación de las comunicaciones interurbanas en una ciudad, ya marcada como una de las más extensas y de mayor índice de crecimiento; con ruta Zaragoza-Observatorio con 16.6 km. de longitud y 19 estaciones. En 1970 (10. de agosto) se puso en operación la segunda línea con ruta Taxqueña-Tacuba, con 18.2 km. de longitud y 22 estaciones, y la línea 3 puesta en operación el 20 de noviembre de 1970 con recorrido de Tlatelolco-Hospital General, con 7 estaciones y 7.4 km. de longitud. El total de la primera etapa de proyectos y --

Cuadro 1

Distribución de Viajes por Medio de transporte.

	Medio	No. de Vehículos	(1)	Viaje/Persona/día (2)		
	Metro	2,269	0.09%	4.8	16.30%	
	Ruta 100	3,500	0.15%	4.2	14.26%	
D.F.	STE	450	0.02%	0.535	1.82%	
	Combin y Microbuses	50.000	1.99%	7.2	24.45%	
	Taxis	50.000	1.99%	1.0	3.40%	
	Autobuses	7.000	0.28%	5.5	18.68%	
Edo.	Combin y Microbuses	19,561	0.78%	1.8	6.11%	
Mex.	Taxis	6,502	0.26%	139,282	0.02%	25.05
				5.56%		85.08%
D.F.	Automóviles Particulares	1'572,180	62.59%	2'372,180	3.3	11.21%
Edo.	Automóviles Particulares	800.000	31.85%		1.1	3.74%
Mex.			(3)			4.4
	Total			2'511,462		29.45

(1) Unidades susceptibles de operación.  
 (2) Millones de viajes.  
 (3) Datos estimados G.E.M.  
 La suma de los porcentajes da el 100% -- del total, ya sea de los vehículos o V.P.D.  
 Fuente: Programa Integral de Transporte.

construcción que comprendió estas tres líneas fué de 42.2 km., de los cuales 32.1 eran subterráneos y 10.1 de superficie, con 48 estaciones, de las cuales tres son de transbordo.

Para 1988 se contó con una red de 154 kilómetros, con lo cual se inauguró la parte norte de la Línea 7 y la poniente de la 9, --- siendo estas construcciones de 5.3 y 11.5 km, respectivamente en su última etapa, con lo cual se tiene 100 estaciones de paso y 16 de transbordo, correspondientes a 8 líneas puestas en operación a la fecha.

En 1989 se inicia la construcción de la Línea "A" Pantitlán-Los Reyes La Paz, Estado de México; línea que por primera vez traspasa los límites del Distrito Federal; El 75% de su trazo se ubica en él y el 25% en el Estado de México. Su extensión será de 17 kilómetros, 14 en el Distrito Federal y tres en el Estado de México. Contará -- con 10 estaciones separadas 1.5 kilómetros en promedio. Esta fluirá por la avenida Ignacio Zaragoza, saliendo de Pantitlán y continuará al oriente hasta Los Reyes-La Paz. Primera vez que se utilizarán -- ruedas metálicas en el Metro, y los trenes serán alimentados por -- línea aérea transversal y no por barra guía.

La línea 8 que comunicará de la estación Indios Verdes a Iztapalapa (estación Constitución de 1917), con una extensión aproxima-

da de 30 kilómetros, con 23 estaciones separadas en promedio 1.2 -- kilómetros. Esta fluirá por la Calzada de Guadalupe, Paseo de la -- Reforma, Eje Central Lázaro Cárdenas, Avenida Francisco del Paso y Troncoso, y Avenida Ermita Iztapalapa. Esta línea será construida -- en dos etapas, siendo la primera Iztapalapa-Salto del Agua (la que se tratará en este trabajo); y una segunda etapa siendo esta Salto del Agua-Indios Verdes. De acuerdo a las prioridades estipuladas -- por Covitur y el Departamento del Distrito Federal.

El "Programa Maestro del Metro" tiene provista una red de - --- 332.24 kilómetros con 15 líneas para el año 2010. Una de las cuales contempla la construcción de líneas hacia el norte, de la colonia - Guerrero a Ciudad Azteca, en Ecatepec (cuadro I.2). Se realizan estudios de prefactibilidad para construcción concesionada de un tren elevado que iría de Satelite y Tlalnepantla al Monumento a la Madre.

Cuadro 2.

**Metro, Prioridades y Zonas por Servir.**

Prioridad	Origen - Destino	Longitud km.	Número de estaciones
1	Línea A Pantitlán - Los Reyes	17.0	10
2	Línea 8 Iztapalapa - Salto del Agua	16.8	16
3	Línea 10 Guerrero - Ecatepec	20.0	20
4	Línea 7 Rosario - Tlanepantla	3.0	3
5	Línea 9 Tacubaya - Observatorio	1.5	1

	Costo km (millones)	Total (millones)
Línea A	64,704	1'099,968
Línea 8	83,303	1'399,469
Línea 10	80,925	1'618,500
Línea 7	75,000	225,000
Línea 9	130,000	195,000

Fuente: Programa Integral de Transporte.

# **CAPITULO II**

## **LEVANTAMIENTOS**

### **TOPOGRAFICOS**

## II.

### LEVANAMIENTOS TOPOGRAFICOS.

Los levantamientos incluyen trabajos como la determinación de linderos, la localización de esquinas, la ejecución del derecho de vía para carreteras y ductos, y la adquisición de los datos para la elaboración de planos oficiales de subdivisión de tierras.

Los levantamientos catastrales, son aquellos ejecutados por el gobierno federal o estatal, en relación con la disposición de vastas áreas de terreno conocidas como de propiedad pública.

Los estudios de rutas se realizan con objeto de proyectar y construir una amplia variedad de obras de ingeniería asociadas con el transporte y la comunicación. Abarcando carreteras, vías férreas, ductos, canales y líneas de transmisión.

Los levantamientos topográficos se efectúan con el fin de obtener los datos del terreno, necesarios para la elaboración de planos o cartas topográficas. Involucra una amplia gama de trabajos de campo y gabinete que culminan en la edición e impresión de cartas multicolores, con curvas de nivel, que representan relieve del terreno, lagos y ríos, así como carreteras, vías férreas, puentes y demás obras construidas por el hombre.

Los levantamientos aéreos hacen uso de fotografías tomadas con cámaras de precisión montadas sobre aeroplanos especialmente diseñados. Los resultados, son por lo general, mosaicos de fotografías -- verticales traslapadas, vistas oblicuas del paisaje, y cartas o --- planos topográficos trazados a partir de las fotografías. Estas --- fotografías son muy valiosas para complementar la información obtenida mediante otros trabajos topográficos.

## II.1 LEVANTAMIENTOS PLANIMÉTRICOS.

### II.1.1 Polígonos de Apoyo (Poligonales).

Todo proyecto de Ingeniería, primordialmente los de *Ingeniería Civil*, tienen como fundamento principal los Levantamientos Topográficos, y su principal documento de trabajo es el "plano". Parte importante de la Topografía está referida a la manera de obtener la - información de campo, su transformación a datos numéricos, a la manera de representar estos datos en los planos, y a la forma correcta de interpretarlos. Uno de los procedimientos para tomar esta información es la ubicación del terreno con vértices que conforman un polígono. Esta poligonal deberá ser cerrada, o iniciar y terminar - en puntos coordenados, para verificar la calidad requerida.



En ocasiones al efectuar este levantamiento, es difícil la medición directa a lo largo y a través del lindero, por obstáculos, o interferencias cualesquiera. Motivo por el cual se utilizan los polígonos de apoyo o auxiliares.

Los vértices de las poligonales empleadas para el proyecto del *Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México*, se graban en el pavimento, o bien se hince un clavo de acero, para poder garantizar su conservación y fácil identificación durante el proceso del proyecto y el desarrollo del mismo, ya que estos son utilizados en replanteos posteriores y obtención de información complementaria.

El valor de los ángulos se determina empleando Teodolitos Electrónicos T1600 (sus datos y configuración se tratarán en el tema correspondiente). Se efectúan tres series de lecturas, que constan de una lectura en cada posición del anteojo del aparato (para cada una de ellas); diferencias mayores de 12", entre lecturas no son aceptadas. Esta aceptación de diferencia máxima es justificada por las condiciones de observación en zonas urbanas; refracción por temperatura del pavimento, paso de vehículos y peatones, y contaminación atmosférica.

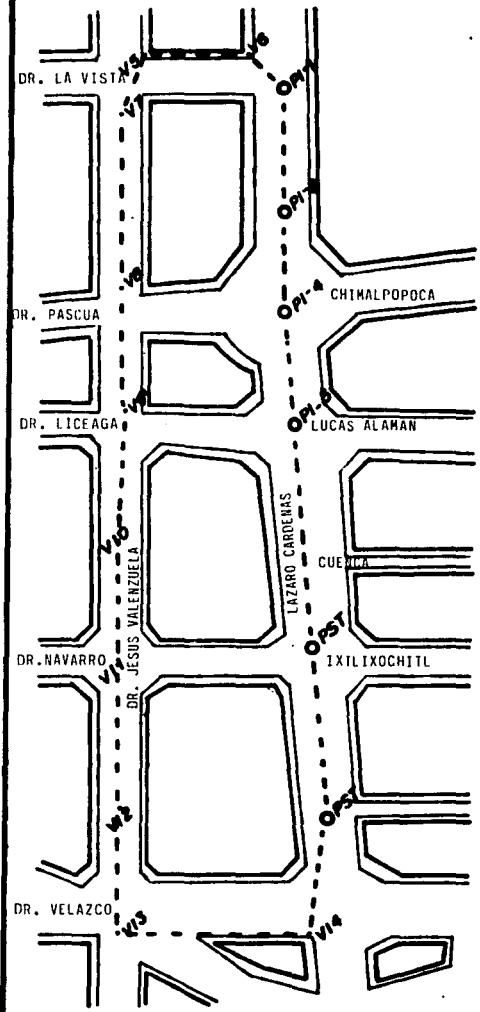
El valor máximo permitido (tolerancia) en la correlación angular para el cierre del polígono, es de  $12\sqrt{n}$ ; donde n= número de --

vértices; y para las distancias 1:20,000; donde el numerador es el error que se permite en la cantidad expresada por el denominador.

Se contempla a continuación el registro y cálculo de una poligonal, tomando en consideración que debido a programas de computadoras, se evita y elimina el cálculo manual de toda la planilla incluida, ya que estos son absorbidos por las máquinas y estas nos dan las coordenadas "X" e "Y", siempre que el error angular sea tolerable, para que la máquina acepte los valores y efectúe sus operaciones (planilla de cálculo 1).



CORRECCIONES	CORRECCION		PROYECCION CORREGIDA			COORDENADAS		V
	X	Y	X	Y	X	Y	X	
0	56.197	0.004	0.001	-93.156	65.196	8093.495	12753.182	PI-1
3	33.778	0.001	0.001	-30.142	33.777	8063.353	12786.959	V-6
5	69.470	0.000	0.001	10.736	69.469	8074.089	12786.959	V-5
7	-21.165	0.002	0.000	59.089	-21.165	8133.178	12835.263	V-7
0	-65.798	0.004	0.001	116.854	-65.799	8250.032	12769.464	V-8
0	-73.741	0.005	0.002	131.445	-73.743	8381.477	12695.721	V-9
4	-127.901	0.008	0.003	227.542	-127.904	8609.019	12567.817	V-10
7	-126.911	0.008	0.003	227.045	-126.914	8836.064	12440.903	V-12
4	-114.556	0.008	0.003	204.302	-114.559	9040.366	12326.344	V-12
3	-78.587	0.005	0.002	144.738	-78.589	9185.104	12247.755	V-13
9	-131.038	0.002	0.003	-40.547	-131.044	9144.557	12116.714	V-14
1	45.002	0.003	0.001	-84.668	45.001	9059.889	12161.715	PST
3	91.140	0.005	0.002	-149.518	91.138	8910.371	12252.853	PST
1	311.426	0.019	0.007	-510.902	311.419	8399.469	12564.272	PI-5
5	55.132	0.004	0.001	-101.501	55.131	8297.968	12619.403	PI-4
21	67.585	0.004	0.002	-111.317	67.583	8186.651	12686.986	PI-2
2	Ex=0.033							
	0.088							



CALCULO

PLANILLA DE CALCULO  
NUMERO 1

POLIGONAL DE APOYO

## II.1.2 Levantamientos Fotogramétricos.

La fotogrametría es la ciencia de obtener medidas confiables -- por medio de fotografías métricas. Estas se subdividen en dos categorías básicas:

- a) Fotogrametría Terrestre.
- b) Fotogrametría Aérea.

a) La *Fotogrametría Terrestre* toma las fotografías con la cámara sobre un trípode, y el eje óptico del lente es horizontal por lo general, siendo en otros casos inclinada.

b) La *Fotogrametría aérea* hace uso de fotografías tomadas desde cualquier vehículo aéreo. Las fotografías verticales se toman con el eje óptico apuntando verticalmente hacia abajo en el momento de la exposición, se obtienen con cámaras montadas en aviones que vuelan siguiendo una línea recta, pero con suficiente traslape entre exposiciones adyacentes, para permitir el posterior examen estereoscópico de las imágenes. Las fotografías producidas sobre una línea determinada constituyen una faja de vuelo, y se toma un número suficiente de fajas para cubrir el área requerida. Se especifica que los traslapes entre imágenes de fajas adyacentes sean de 60% entre fotos y 30% entre líneas.

Cuando el paso del "Metro", es por túnel, con profundidad media de 23 mts., el cual cruza por varias manzanas construídas, y no es posible realizar el trazo directamente sobre el terreno, entonces - se hace indispensable referir dicho trazo a las edificaciones impor-  
tantes y permanentes, para determinar analíticamente las distancias y ángulos entre los puntos de inflexión.

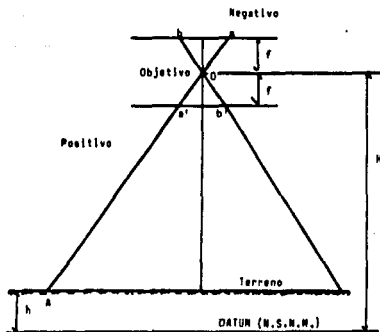
Se emplean planos topográficos obtenidos por el método fotogramétrico, en la planeación (escala 1:2500), se emplean vuelos realizados anteriores a un año; y en el proyecto ejecutivo (escala -- -- 1:500), requiere de vuelos bajos para poder obtener la escala mencionada, y ser recientes por las constantes modificaciones llevadas a cabo en la ciudad.

En algunas ocasiones, no es posible contar con la restitución - fotogramétrica actual, en su oportunidad; ya que los vuelos quedan sujetos a restricciones de autoridades, lo que agrava la dificultad de efectuar este trabajo. Lo que origina la elaboración de planos - con levantamientos directos.

La escala de una fotografía es la relación entre una distancia medida sobre la fotografía y la distancia correspondiente sobre el terreno. Esta relación puede expresarse en general como:

1. Fracción representativa: E de 1/2400
2. Escala (tradicional): E es 1 cm = 2400 cm (figura 2).

FIGURA 2



ESCALA DE UNA FOTOGRAFIA VERTICAL.

De las relaciones de escala, es posible calcular la longitud -- horizontal de una línea entre dos puntos cualesquiera de elevaciones distintas, cuyas imágenes aparezcan en una fotografía. Para --- ello, se necesita conocer la altura del objetivo "H", las elevaciones de los dos extremos de la línea, y la distancia focal "f" de la cámara. El procedimiento general es:

- 1) Se establece el sistema de coordenadas con el punto principal -- como origen, unando las marcas fiduciales de la fotografía.
- 2) Se miden a escala las coordenadas "x, y" de cada extremo.
- 3) Se calculan las coordenadas terrestres, "x, y", para cada una de las coordenadas imagen, "x, y".
- 4) De las coordenadas terrestres, se calcula la longitud de la línea.

Es esencial poner el signo algebraico apropiado a las coordenadas rectangulares medidas en la fotografía.

Considerando que "A y B" (figura anterior), representan los extremos de la línea cuya longitud se determinará, y que "a y b" son las imágenes de dichos puntos. Las elevaciones de dichos puntos son " $h_a$  y  $h_b$ ", respectivamente.



En la foto se miden a escala las coordenadas "x, y" de los puntos "a y b". las coordenadas de los correspondientes puntos en el terreno pueden obtenerse:

$$X_1 = x \frac{H - h_1}{f} \quad Y_1 = y \frac{H - h_1}{f}$$

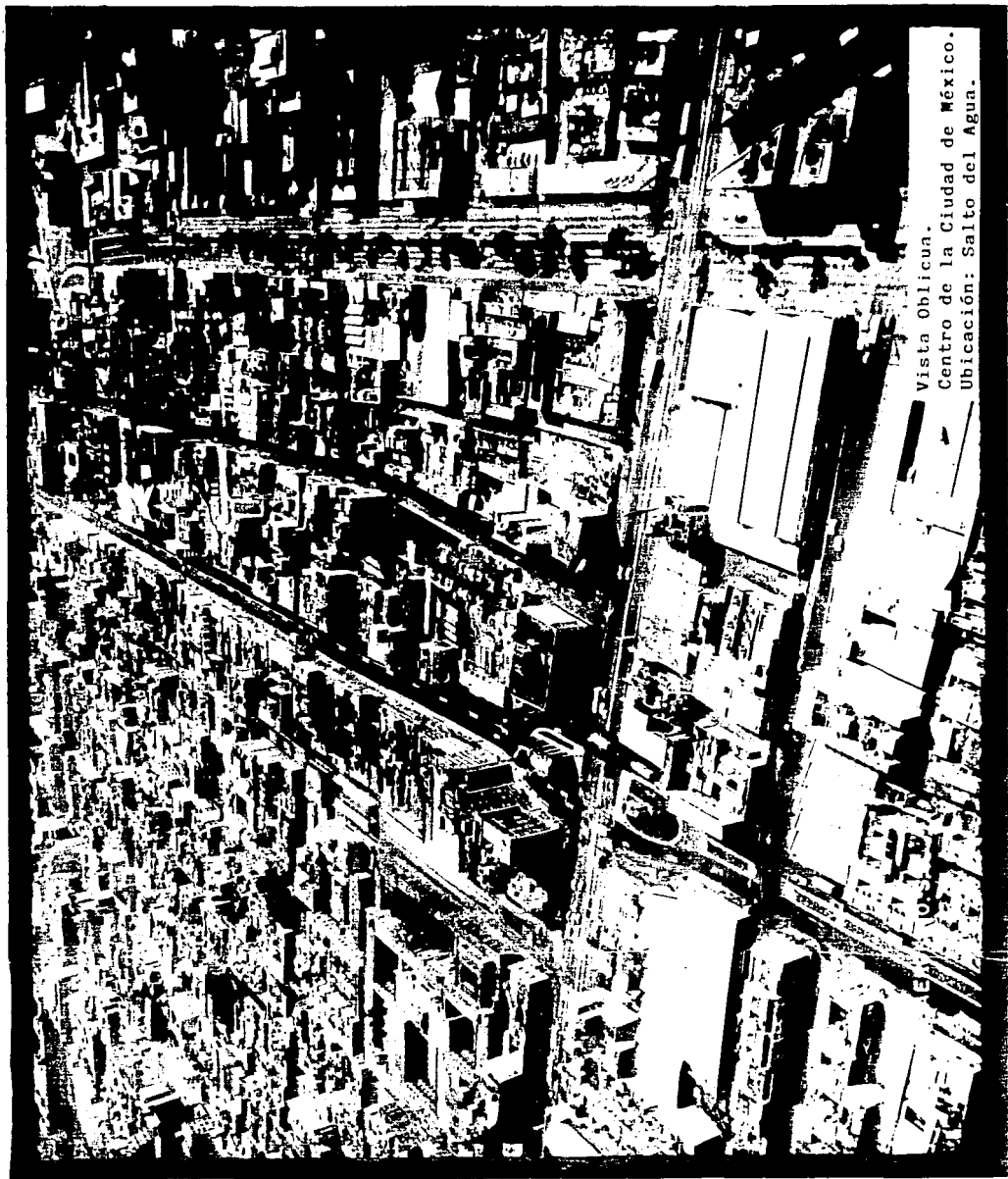
$$X_2 = x \frac{H - h_2}{f} \quad Y_2 = y \frac{H - h_2}{f}$$

Con estas coordenadas puede calcularse la longitud de la línea "AB":

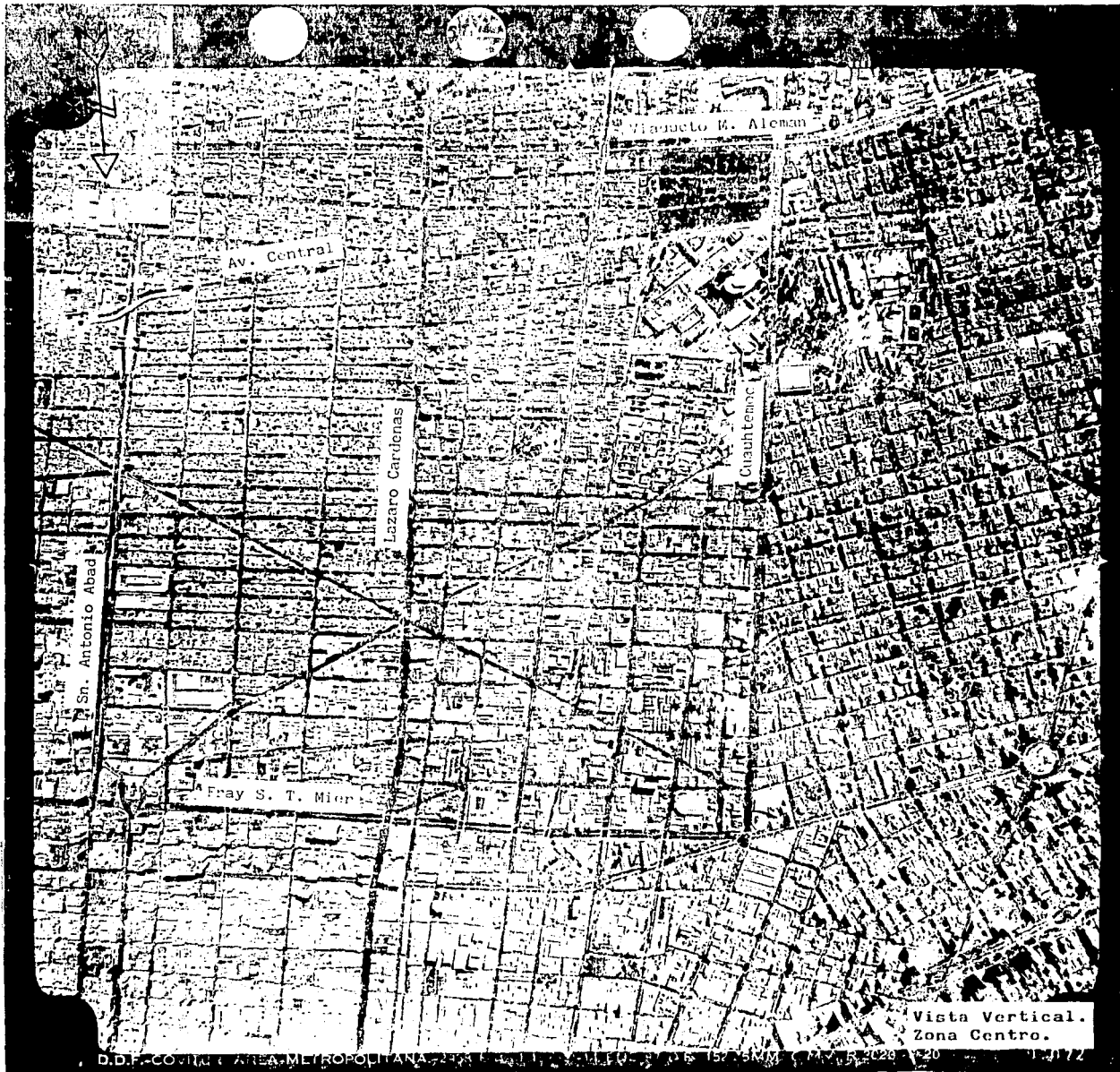
$$L = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Este levantamiento por lo regular es empleado para la realización del Anteproyecto (tratado en su oportunidad) de la obra a realizar, definiendo la ruta de una vía de comunicación, (carretera, ferroviaria, eléctrica, gasoductos, etc.); en este caso la ruta predispuesta, la Línea B del "Metro".

A continuación se muestran unas fotografías utilizadas para el proyecto del Sistema de Transporte Colectivo.



Vista Oblicua.  
Centro de la Ciudad de México.  
Ubicación: Salto del Agua.



Vista Vertical.  
Zona Centro.

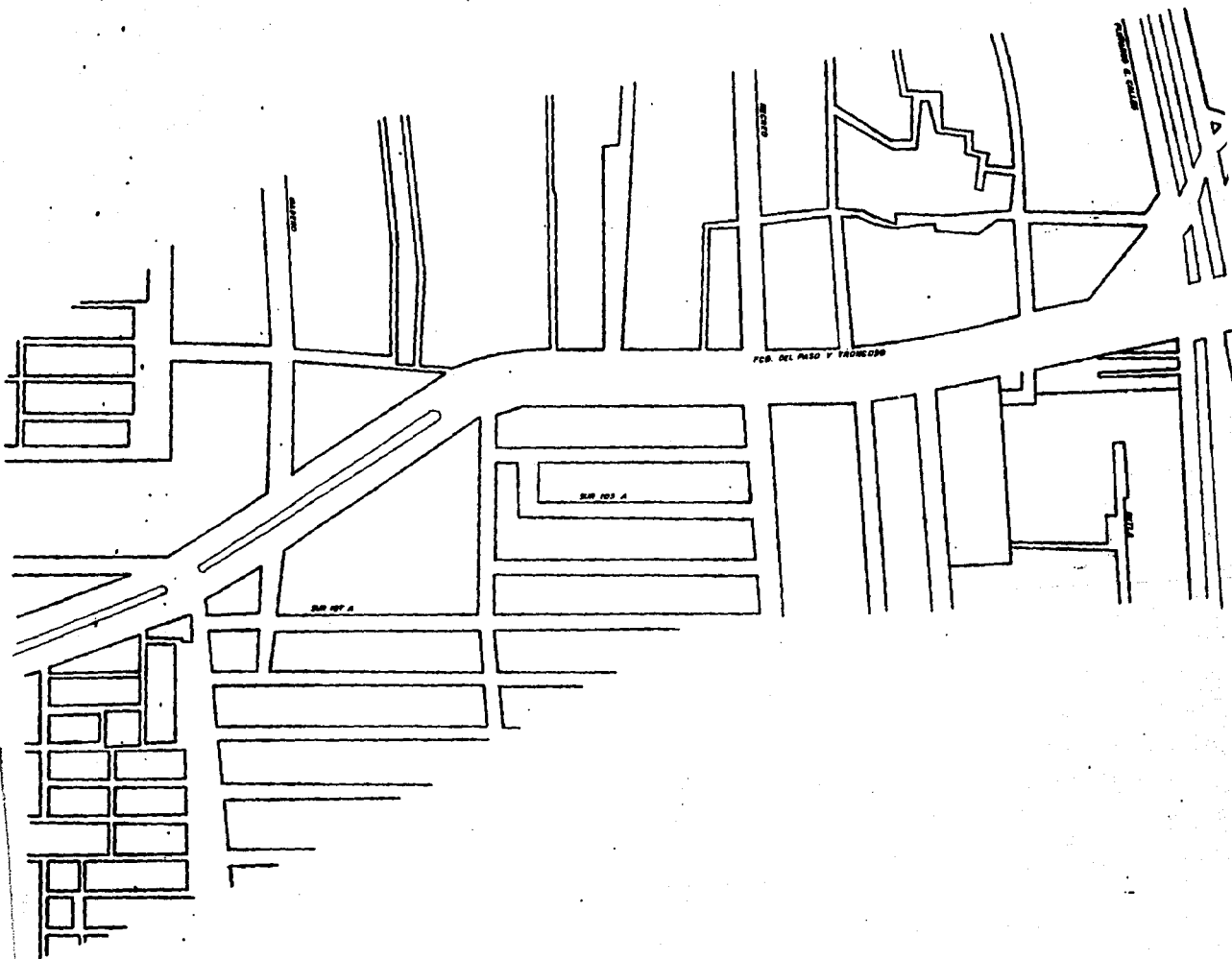


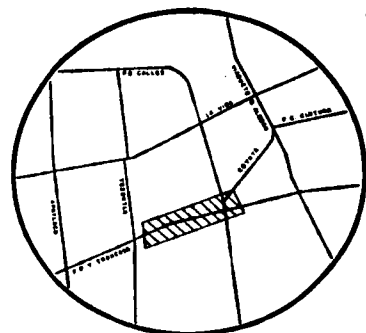
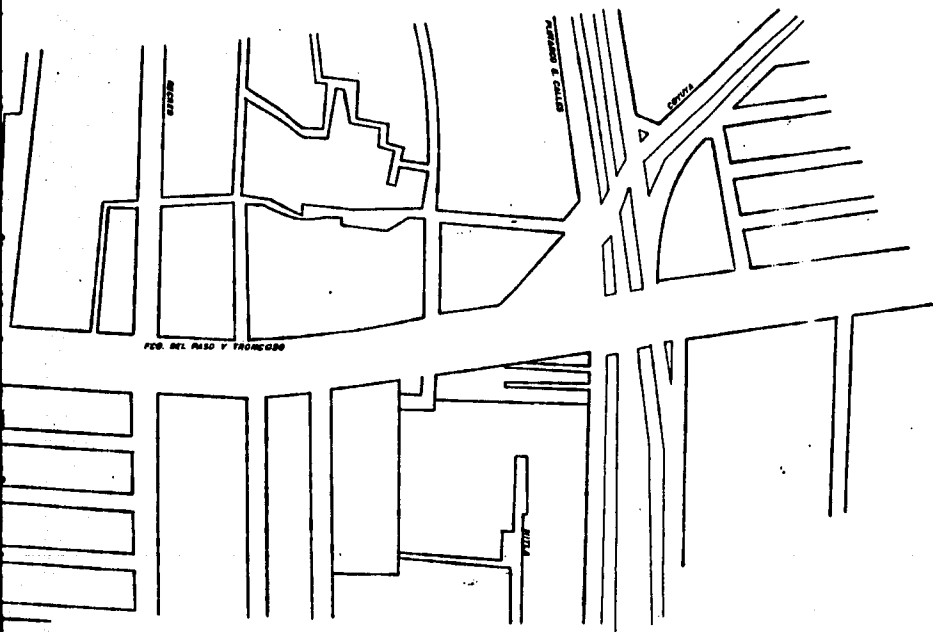
Vista Vertical.  
Ampliación Toma Anterior.  
Zona Centro. Col. Obrera.

### II.1.3 Levantamientos Directos.

Los polígonos de apoyo, plantean previamente la distribución -- de los vértices, en su localización del terreno en la planimetría -- empleada con escalas de 1:2.000 ó 1:5.000 (plano 1). La anticipada planeación de localización de la poligonal, permite reducir el número de puntos auxiliares necesarios y complementar el levantamiento, con lo cual el tiempo laborable y el costo de ejecución son minimizados. Desde los vértices principales y puntos auxiliares se efectúan mediciones angulares y longitudinales de construcciones, que -- son tomadas en cuenta para el proyecto de trazo, siendo estas: paramentos, guarniciones, pasos a desnivel (elevados o subterráneos: -- peatonales ó vehiculares), etc., la medición angular de estos detalles deben acarrear errores menores de 30", y longitudinalmente ser medidos con distanciómetro electrónico (o en su defecto con cinta -- de acero). Los paramentos son ubicados con mayor exactitud a la que es aceptada generalmente en las poligonales auxiliares, porque son tomados como puntos obligados que definen la posición de las tangentes del eje de trazo, tanto del Sistema "Metro", como de las modificaciones a la vialidad existente, y definir los paramentos resultantes de dichas afectaciones.

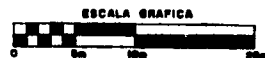
Complemento importante en los Levantamientos Directos, son los





CROQUIS DE LOCALIZACION

NOTA: LEVANTAMIENTO  
FOTOGRAFICO  
VUELO: 16 ENERO 1987



Instituto Nacional  
de Planificación

E. R. D. ARAZÓN



LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO  
TRAMO COYUYA - PICOS

ESCALA 1:200 PLANO No 1  
TECNICO PROFESIONAL

ALVARO ANDRÉS JURADO

llamados levantamientos urbanos de instalaciones municipales; como son redes de drenaje, agua potable, líneas de energía (subterráneas y aéreas), gasoductos, líneas telefónicas, etc., hasta tener un --- inventario del equipamiento urbano.

En los estudios previos, en donde se determina la posibilidad - de construir cada línea del "Metro", son identificados en la información disponible los colectores, las líneas importantes de conducción de agua potable, gasoductos y poliductos, también los postes - y torres que soportan cables de alta tensión. En la etapa de la --- elaboración del proyecto definitivo, se hace indispensable conocer a detalle la posición y características de cada red de servicios, - para poder lograrlo se levantan por ángulo y distancia a partir de los lados de la poligonal, las distancias son por lo regular tomadas estadimétricamente, ya que las características de las instalaciones subterráneas, no permiten en forma precisa su ubicación. --- Otra manera de obtener la información requerida, para llevarla a -- los planos, es tomar como apoyo los paramentos de edificaciones, -- siempre que estos sean sensiblemente rectos, y a partir de ellos -- medir abscisas y ordenadas de cada una de las tapas de registro, -- pozos de visita o cajas de válvulas (figura 3).

En cada pozo de visita de la red de drenaje de aguas negras y/o pluviales, se determina la elevación o cota del brocal, de la clave



También los cruceros de las líneas de agua potable, son levantados y dibujados en forma esquemática; en donde se indica: diámetro y material de los tubos. Para el proyecto de desvíos son localizados, por medio de excavaciones, las dos juntas mas cercanas al lugar donde de efectuarán las nuevas conexiones (figura 5).

FIGURA 5

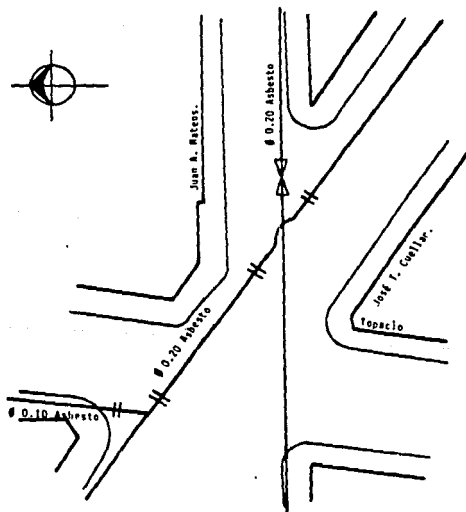
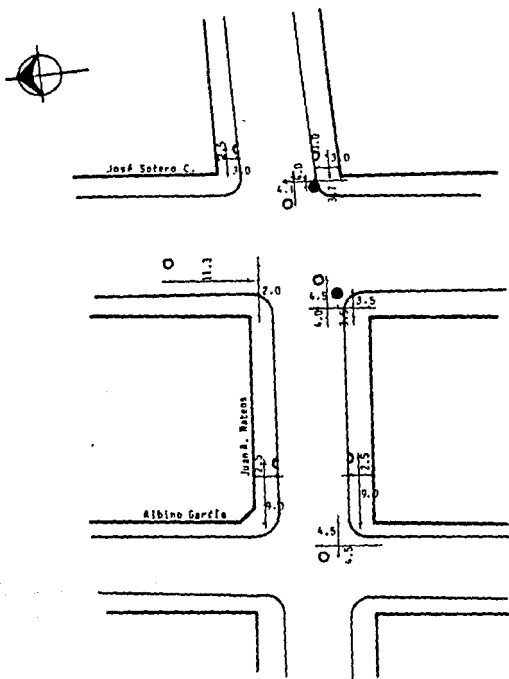
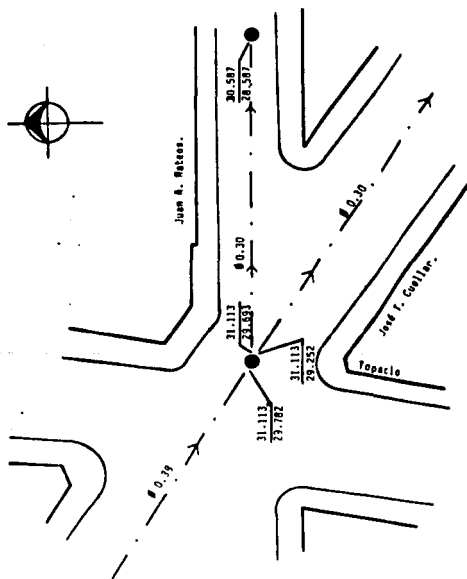


FIGURA 3



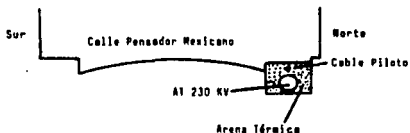
y la plantilla de los tubos, a partir de estos dos últimos datos se determina su diámetro. Se reportan dimensiones internas de tubos, - sifones, cajas de caída y pozos de visita así como la dirección del escurrimiento (figura 4).

FIGURA 4



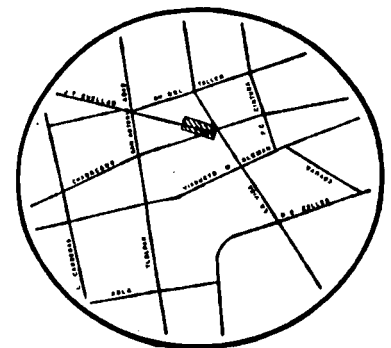
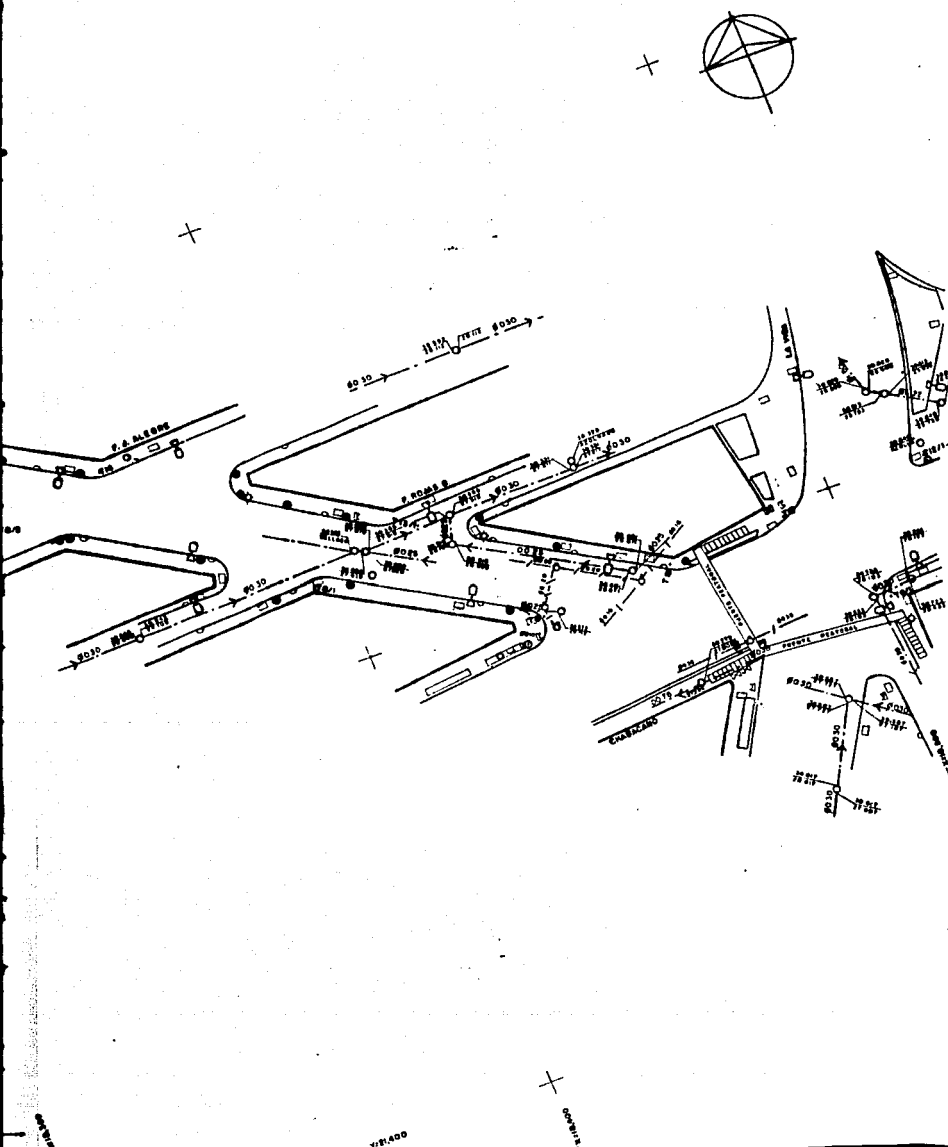
En lo que respecta a la localización de las redes subterráneas de alta tensión (energía eléctrica) y gasoductos es indispensable la intervención de personal de Compañía de Luz y Fuerza del Centro y de Petróleos Mexicanos, porque significa un alto riesgo el excavar para la localización de los ductos mencionados, y esta operación debe ser tratada por personal especializado (figura 6).

FIGURA 6



El siguiente plano (No. 2) da la presentación final de un levantamiento urbano.







CROQUIS DE LOCALIZACION














NOTA: ORIGEN DE LAS ELEVACIONES  
S.N.P. ATZACALCO CON  
ELEVACION DE 8.249.000msnm.



		UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE PERU <b>S. N. U. P. ARAUCO</b>	
<b>LEVANTAMIENTO URBANO</b> <b>TRAMO LA VIGA - CHABACANO</b> <b>(AV. CHABACANO - J.A. MATEOS)</b>			
ESCALA 1:500	PLANO No 2	ALEJANDRO ARECHIGA JURADO TESIS PROFESIONAL	

**SIMBOLOGIA UTILIZADA EN EL LEVANTAMIENTO URBANO**

**(PLANO 2)**

	Paramento.
	Guarnición.
<b>T-7</b>	Vértice de Poligonal
	Registro de Luz (Alta Tensión).
	Registro de Teléfono.
	Registro de Compañía de Luz y Fuerza.
	Registro de Agua Potable.
	Poste de cables de Alta Tensión.
	Poste Telefonico.
	Poste para Retenida.
	Poste de Compañía de Luz.
	Arbotante.
	Caldera Pluvial de Banqueta.
	Cajeta Telefónica.

-/ 0.10 /- Red de Agua Potable y Diámetro.

-/ 0.30 → Dirección de Aguas Negras y Diámetro.

○ ———— Pozo de Visita.  
ELEVACION BROCAL  
ELEVACION PISO

○ - - - Cabecera.

Ⓧ Jardinera.



#### II.1.4 Instrumentos Empleados.

En estos levantamientos, el equipo empleado en estos levanta--- mientos, son los que a continuación se enlistan; siendo utilizados en el *Levantamiento Topográfico, Trazo del Eje, Referencia del Eje de Trazo, Seccionamiento Transversal y Control de Obra* (veamos su - descripción según se enlistan a continuación).

##### 1) Teodolito Universal Electrónico de Gran Precisión (T1600).

El Wild 1600 es un teodolito electrónico con una desviación típica de 0.5 mgon (1.5"), especialmente indicado para mediciones catastrales y levantamientos topográficos. Tiene teclado e indicadores en las dos posiciones del anteojo. El módulo REC, es una memoria de datos enchufable, para registrar aproximadamente 500 bloques de datos (cuadro II.1).

En la versión para el modulo REC, las funciones de cálculo COGO permiten realizar diversos cálculos en el campo. Los ángulos y la - distancia se miden y registran automáticamente, sin mas que apretar una tecla. Evitando las equivocaciones al transferir las observaciones y registrarlas manualmente en una libreta.

Este distanciómetro, combinado con un Wild DISTOMAT constituye - un taquímetro electrónico adecuado para poligonación y mediciones -

para catastro e ingeniería. Es posible el intercambio de datos entre el instrumento y un terminal de datos GRE o un computador conectado a él.

## 2) Teodolito Universal Wild T2.

Este aparato es un teodolito con lectura seminumérica de los círculos, con aproximación de un segundo de arco. Es idóneo para casi todos los trabajos de medición. Tiene índice del círculo vertical automático, plomada óptica y centrado forzado en la base nivelante (cuadro II.1).

El teodolito universal T2 puede combinarse también con cualquier Distanciómetro Wild.

Cuadro 3

## Características Técnicas de Teodolitos.

	T1600				T2			
Anteojo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aumento (X)	-	-	-	-	30	-	-	30
Diam. campo visual a 1000 m.	-	-	-	-	27	-	-	29
Distancia de enfoque (m).	-	-	-	-	1.7	-	-	2.2
Medición del ángulo	-	-	-	-	continua.			
Indicación (mínima unidad)	-	-	-	-	0.1 mgon, 1"			
Tiempo actualización	-	-	-	-	0.1-0.3 seg			
Desviación estándar según DIN 18723 (Hz)	-	-	-	-	0.5 mgon; 1.5"		0.25 mgon; 0.8:	
Índice de altura automático.	-	-	-	-				
Margen de centrado	-	-	-	-	0.1 gon (5')		5'	
Precisión de centrado	-	-	-	-	0.3 mgon (1")		3"	
Sensibilidad del nivel	-	-	-	-	3"		20"	
Indicadores	-	-	-	-	2 cada posición del anteojo; con ocho cifras c/u			
Corriente	-	-	-	-	12 V. Corriente Continua.			
Lectura directa 360°	-	-	-	-			1"	
Peso (kg)	-	-	-	-				
Instrumento	-	-	-	-	4.5		6.0	
Estuche	-	-	-	-	3.9		2.2	

### 3) Distanciómetro Electrónico DI1600.

Este instrumento tiene un avanzado diseño, ligero y compacto, - así como facilidad de manejo.

Este distanciómetro puede colocarse sobre cualquier teodolito - Wild (TI600 ó T2), y conectarse a un terminal de datos o a un ordenador. Combinado con un teodolito electrónico Wild (antes descrito) la medición, el cálculo y el registro se llevan a cabo automáticamente al apretar una sola tecla.

Su desviación típica (3 mm + 2 ppm)

Su alcance en condiciones atmosféricas medias:

.- 2.5 km con un prisma.

.- 5.0 km con 11 prismas.

Breve tiempo de medición (medición estandar < 2s).

Tecla INFO: indicación de la última distancia medida, versión - del software, valor de la señal, programa de medición, unidades y frecuencia.

Programa LDIL para medición de distancias mas largas.

Programa de seguimiento rápido para control on-line: aproximada- mente 7 mediciones por segundo, salida por interface.

Sus aplicaciones son: levantamiento catastrales, poligonación, mediciones de ingeniería, aplicaciones industriales en conexiones - on-line (cuadro II.2).

#### 4) Módulo REC GRM10.

El módulo REC es una unidad enchufable para el registro de datos obtenidos con los teodolitos (T1600 y T2). Su capacidad de registro es de unos 500 bloques de datos (memoria CMOS 16 Kbytes). El registro de los datos se efectúa apretando una tecla en el teodolito. El formato de registro es flexible. El intercambio bidireccional de datos de medición o de cálculo, coordenadas, etc., hace posible la utilización óptima de las funciones integradas en el teodolito.

Es posible transferir datos del módulo REC al computador.

**Cuadro 4****Características Técnicas del Distanciómetro.**

DI1600	
Desviación estándar	(3mm + 2ppm)
Alcance con 1 prisma	2.5/3.5 km
con 2 prismas	3.5/5.0 km
con 11 prismas	5.0/7.0 km
Duración de la medición	
Medición estándar	< 2s
Método de seguimiento	1s/0.3s
Resolución	mm/0.01 pies
Margen de inclinación	-70 gon hasta cenit
Corrección de escala (ppm)	
Margen	-500 hasta +500
Pasos	1 ppm
Peso (kg)	
Distanciómetro	0.6
Contrapeso	0.5
Características comunes	
Margen de temperaturas	-20°C a +50°C
Debilitamiento de la señal	Completamente automático
Entrada del ángulo	0.1 mgon/1"

Con lo que respecta a la nivelación, los aparatos utilizados -- para la misma son los siguientes.

5) Nivel de Precisión Wild N3.

Este nivel no solo es idóneo para nivelaciones geodésicas de -- precisión, sino también para toda la medición de gran precisión --- (medición de deformaciones y de control en construcciones y en la - industria). En esta nivelación, se utiliza para nivelar los bancos profundos, desde el banco maestro (Atzacocolco).

Este aparato, tiene delante del anteojo un micrómetro de placa planoparalela con sistema óptico de lectura, con el puede leerse -- directamente a 0.1 mm. y estimar a 0.01 mm.

Este nivel es ventajoso para mediciones técnicas: distancia --- mínima de enfoque (45 cm) y tornillo basculante con graduación.

6) Nivel Automático Universal Wild NA2 (Nack2).

Este nivel es usado para mediciones altimétricas precisas en -- geodesia, construcción e industria. En la construcción del Sistema de Transporte Colectivo, es utilizado para la nivelación de los --- bancos de trabajo.

Un compensador automático, preciso y confiable se encarga de la

puesta en horizontal. Otras ventajas son:

Botón de enfoque aproximado/preciso.

Botón para control del funcionamiento del compensador automático.

Gran precisión de centrado de la burbuja.

Insensibilidad frente a fluctuaciones de la temperatura e influencias de campos magnéticos.

Para nivelaciones de precisión, se pueden leer directamente a 0.1 mm y estimar a 0.01 mm (cuadro II.3).

## 7) Nivel Digital Wild NA2000.

Este nivel permite determinar con solo apretar una tecla, la altitud exacta de un punto y la distancia a la mira. El principio de medición basado en el proceso digital de imágenes, ofrece al usuario confiabilidad. Los valores de medición se visualizan en el indicador digital y simultáneamente se registran según se desee en el módulo, en una terminal de datos o en un ordenador conectado on-line.

Las posibilidades de aplicación de este aparato, son muy amplias:

Realización de perfiles para la construcción de carreteras.

Cotas altimétricas.

Medición de deformaciones y hundimientos.



Trabajos topográficos y cartográficos.  
Construcción de canales.  
Controles desde estaciones permanentes.

En la construcción del "Metro" es utilizado en seccionamiento - transversal y su configuración.

Para este nivel (NA2000) se utiliza una mira especial de doble faz, formada por tres elementos. En la cara anterior lleva impresa una escala en código binario para las mediciones electrónicas y en la cara posterior, la división clásica para mediciones visuales. -- La precisión de la graduación es muy grande y la mira es resis--  
tente a la humedad, por lo que también puede utilizarse en combinación con los niveles antes descritos.

**Cuadro 5**

**Características Técnicas de Niveles.**

	NA2/Nak2	N3	NA2000
Desviación típica (1 km) con doble nivelación con placa planoparalela	hasta 0.7 0.3	0.2	
Medición electrónica			1.5 mm
Medición óptica			2.0 mm
Aumento (x)	32	11 a 47	24
Diámetro libre objetivo (mm)	45	52	36
Campo visual (100 m) (m)	2.4	1.8	3.5
Distancia enfoque mínima (m)			
Objetivo-punto apuntando	1.5	0.28	
eje-punto apuntando	1.6	1.45	
Medición electrónica			1.8
Medición óptica			a partir 0.6m
Tiempo de medición			4s
Circulo horizontal 360 /400	NAK2		400 /360
Temperatura			
En medición:			-20°C a +50°C
En almacén:			-40°C a +70°C

También en la construcción del Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México, son útiles y necesarios los siguientes aparatos.

8) Giroscopio Wild GAK1.

El giroscopio sirve para poder determinar la dirección del Norte geográfico a 6 mgon (20"), en unos 20 minutos de tiempo de medición, bajo cualquier condición.

Su empleo es imprescindible allí donde haya que determinar ---- acimutes de modo rápido e independiente. Este aparato puede ser --- utilizado sobre los teodolitos T2 y T1600. En nuestro caso, es em-- pleado en la orientación de los túneles en la construcción del -- - "Metro".

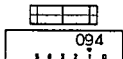
9) Plomada Óptica para Cenit y Nadir Wild ZNL.

La plomada óptica es un instrumento práctico para dirigir pun-- terías al cenit o al nadir, en la geodesia, ingeniería civil y en - la industria. Centrado forzado en la base de nivelantes. Su desvia-- ción estandar es de 1 mm en 30 m (1:30000).

TEODOLITOS (T1600, T2)

**T2**

---



297 P30  
Lubrication Instructions

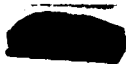
**T1600**

---



DISTANCIOMETRO (D11600)

MODULO REC (GRM10)



D11600



GRM10



**NIVELES (N3, NA2/NAK2, NA2000)**

**N3**

---



**NA2/NAK2**

---



**NA2000**

---



GIROSCOPIO (GAK1)

PLONADA OPTICA (ZNL)

**GAK1**



**ZNL**



## II.2 LEVANTAMIENTOS ALTIMETRICOS.

La mayoría de los levantamientos involucra mediciones de alturas o elevaciones. En cierto sentido, estas son mediciones lineales a lo largo de una línea vertical. En el diseño de la mayor parte de las obras de ingeniería, es fundamental el cálculo de las posiciones verticales relativas de los elementos de los proyectos propuestos, estos se basan a mediciones verticales fijadas desde los llamados "Bancos de Nivel", siendo puntos específicos que nos ayudan a dar control vertical.

La información altimétrica necesaria para los proyectos ingenieriles, y fundamentalmente para el Sistema de Transporte Colectivo "Metro" se apoyan en tres tipos de bancos de nivel: Bancos de Nivel Fijos, Bancos de Nivel Profundos y Bancos de Superficie.

### II.2.1. Bancos de Nivel Fijos.

Para tener "puntos de referencia y control", y para obtener las cotas de los terrenos, se escogen o construyen puntos fijos, notables, invariables, en lugares convenientes. Estos puntos son los llamados "Bancos de Nivel". Su cota se determina con respecto a ---

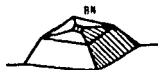
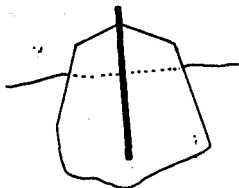


otros puntos conocidos (generalmente el Nivel Medio del Mar (NMM)), o se les asigna una cualquiera según sea el caso.

Los Bancos de Nivel que se construyen, son generalmente de concreto, como pequeñas mojoneras, con una varilla o una saliente que defina el punto, y además permita cuando se use un estadal para tomar lecturas, que este se apoye en un punto único bien definido y no en una superficie que pueda tener irregularidades que hagan variar la altura (figura 7a).

El Banco de Nivel "Atzacalco" (Banco Maestro): es el banco al cual se han referido todas las nivelaciones, desde el inicio de las obras en 1967. Es un banco perteneciente a la nivelación de precisión de la Comisión de Aguas del Valle de México, se encuentra al norte de la ciudad y se asienta en la masa rocosa de la estribación de la Sierra de Guadalupe, por esta característica no presenta movimientos y su elevación se considera inalterable para los fines de proyecto y construcción. El banco es una placa metálica, ahogada en una mojonera de concreto, su elevación es 2,245.008 metros sobre el nivel del mar; se localiza cerca de la esquina norponiente de la Calle Cabo Finisterre y la Av. Martín Carrera, en la Delegación Gustavo A. Madero (figuras 7b y 7c).

FIGURA 7A



VARILLA O TUBO

FIGURA 7B

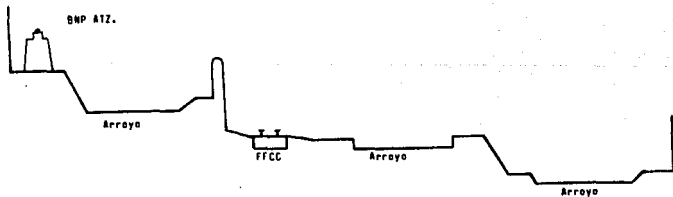
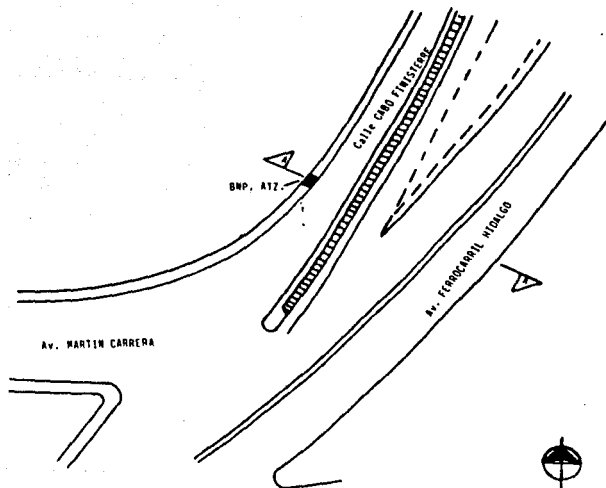


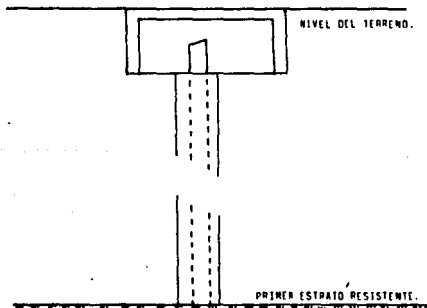
FIGURA 7C



CROQUIS DE LOCALIZACION DEL BANCO DE NIVEL ATZACOALCO

## II.2.2. Bancos de Nivel Profundos.

En caso de terrenos poco firmes o inestables (como gran parte del Valle de México), por medio de una perforación se hacen llegar por lo regular hasta el primer estrato resistente, dos tubos de --- diferente diámetro, el mayor de 76 mm sirve como ademe para evitar derrumbes, el de diámetro menor (25 mm) es apropiadamente el banco de nivel. La mayoría de estos bancos están protegidos por una caja de registro con tapa metálica, periódicamente es necesario recortar y renivelar los tubos debido a los hundimientos que presenta en --- general el Valle de México, lo que hace que aparentemente emerjan los tubos (figura 8).



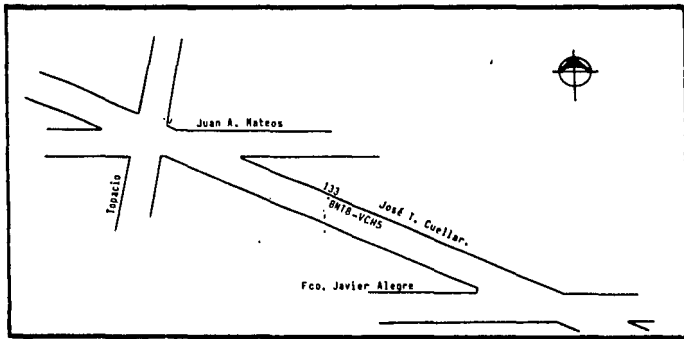
### II.2.3. Bancos Superficiales.

Estos bancos también llamados de trabajo, se ubican hincando -- un clavo de acero en guarniciones o aceras de concreto hidráulico; se prefieren, clavos de acero y no placas metálicas ya que estas son más fáciles de destruir. Estos bancos son colocados por lo menos a 50 metros de la zona de obra, espaciándose aproximadamente 500 me-- tros para que cada uno de ellos cubra zonas de trabajo de 250 me--- tros a ambos lados. Desde ellos se nivelan guarniciones, camellones, acera, clave y plantilla de las obras hidráulicas, el eje de trazo para el proyecto de perfiles y sirve también como control en el -- desarrollo de la construcción (figura 9).

Desde el banco principal "Atzacocalco" se cierran circuitos de - nivelación a los bancos profundos y con ellos a su vez se controlan las líneas de bancos de trabajo. Para la nivelación se emplean los métodos de doble altura de aparato o lectura de tres hilos, con ni-- veles basculantes o automáticos (antes descritos). Las diferencias en el cierre de circuitos se compensan en cada banco de nivel pro-- porcionalmente a las distancias recorridas, siempre que sean meno-- res o iguales a la tolerancia de  $1\text{cm}\sqrt{k}$  : donde k es la distancia - recorrida en kilómetros. Es importante señalar que los instrumentos se deben revisar diariamente y dado el caso, ajustar al iniciar ca--

FIGURA 9

LOCALIZACION Y CONTROL DE BANCOS DE NIVEL.



BANCO DE PARTIDA			FECHA DE NIVELACION	ELEVACION OBTENIDA	OBSERVACIONES	MODIFICACIONES
NT	FECHA	ELEVACION				
BNP-PL	15-MAR-91	2235,950	FEBRERO 91	2232,950		

NOTAS

- 1.- El origen de cotas B.N.P. ATZACOALCO  
ELEVACION 2245,008 M.S.N.M.
- 2.- Localización: Sobre guarnición Norte  
Calle José T. Cuellar. Frente al lote No. 133

da jornada de trabajo.

Un método de nivelación diferencial rápido, exacto y de comprobación prácticamente automática, es el que se utiliza, en el nivel fijo, una retícula de tres hilos, para poder hacer tres lecturas a la vez sobre el estadal. Da resultados equivalentes a tres nivelaciones, proporciona una estimación bastante precisa de la distancia a cada estadal y permite descubrir cualquier error al instante.

A continuación se da un ejemplo de las notas tomadas usando este método. Cabe señalar que para cada lectura del estadal, se calculan y registran los intervalos entre hilo central y los superior e inferior de estadia. Estos intervalos deben coincidir dentro de --- 0.001 m., para todas las visuales, excepto las de mayor longitud. La suma acumulada de los intervalos de las lecturas hacia atrás y -- -- hacia adelante permite determinar rápidamente que tan bien equilibradas están las distancias, donde es conveniente que las dos visuales sean iguales para evitar los errores por retracción y curvatura terrestre.

NIVELACION DE TERCER ORDEN.

Registro.

Lects. hacia Atras			Lects. hacia Adelante		
+EST	EST.	PROP.	-EST	EST.	PROP.
0.762	169		2.269	260	
0.727	165	0.7276	2.191	263	2.1909
0.678	(334)	(0.7276)	2.112	(523)	(2.1909)
1.146	206		2.152	114	
1.085	203	1.0848	2.118	116	2.1176
1.024	(743)	(1.8124)	2.083	(753)	(4.3085)
2.556	188		2.192	181	
1.599	185	1.5996	2.138	185	2.1371
1.544	(1116)	(3.4120)	2.082	(1119)	(6.4456)
(10.236)			(19.337)		
<u>+3.412</u>		<u>+3.4120</u>	<u>-6.446</u>		<u>-6.4456</u>
					<u>+3.4120</u>

DIFERENCIA DE NIVEL = -3.0336



**CAPITULO III**  
**PROYECTO DE ALINEAMIENTO**  
**VERTICAL Y HORIZONTAL**

### III.

#### PROYECTO DE ALINEAMIENTO VERTICAL Y HORIZONTAL.

El proyecto de vías terrestres comprende los trabajos de campo y gabinete relativos al estudio de cualquier vía terrestre y a su trazo detallado. Dichos proyectos, como carreteros y ferroviarios - (en este caso la línea del Metro), deben satisfacer criterios geométricos específicos de alineamiento horizontal y vertical.

Los estudios de vías de comunicación, tienen por finalidad obtener los datos fundamentales requeridos para el proyecto de nuevas obras o el mejoramiento de las existentes; siguiendo las siguientes etapas (por lo general).

- 1.- *Reconocimiento*: Estudio de las características generales de uno o más corredores de terreno que conecten los puntos extremos.
- 2.- *Proyecto Preliminar*: Amplio estudio de la ruta más factible. El resultado suele ser la localización del eje en un plano, para el subsecuente proyecto definitivo.
- 3.- *Proyecto Definitivo*: Incluye el estacamiento del eje y obtención de los datos de campo requeridos para elaborar el proyecto detallado de la obra y adquirir el derecho de vía.

En lo que respecta al Sistema de Transporte Colectivo de nuestra Ciudad, el "Programa Maestro del Metro", tiene definida la red de líneas que son deseables construir desde este presente, hasta el año 2010 (como se mencionó en el capítulo I). Para poder determinar los recorridos que puedan brindar servicio a un mayor número de usuarios, se han, y se siguen realizando estudios de origen y destino, demandas de transporte y uso de suelo entre los primordiales.

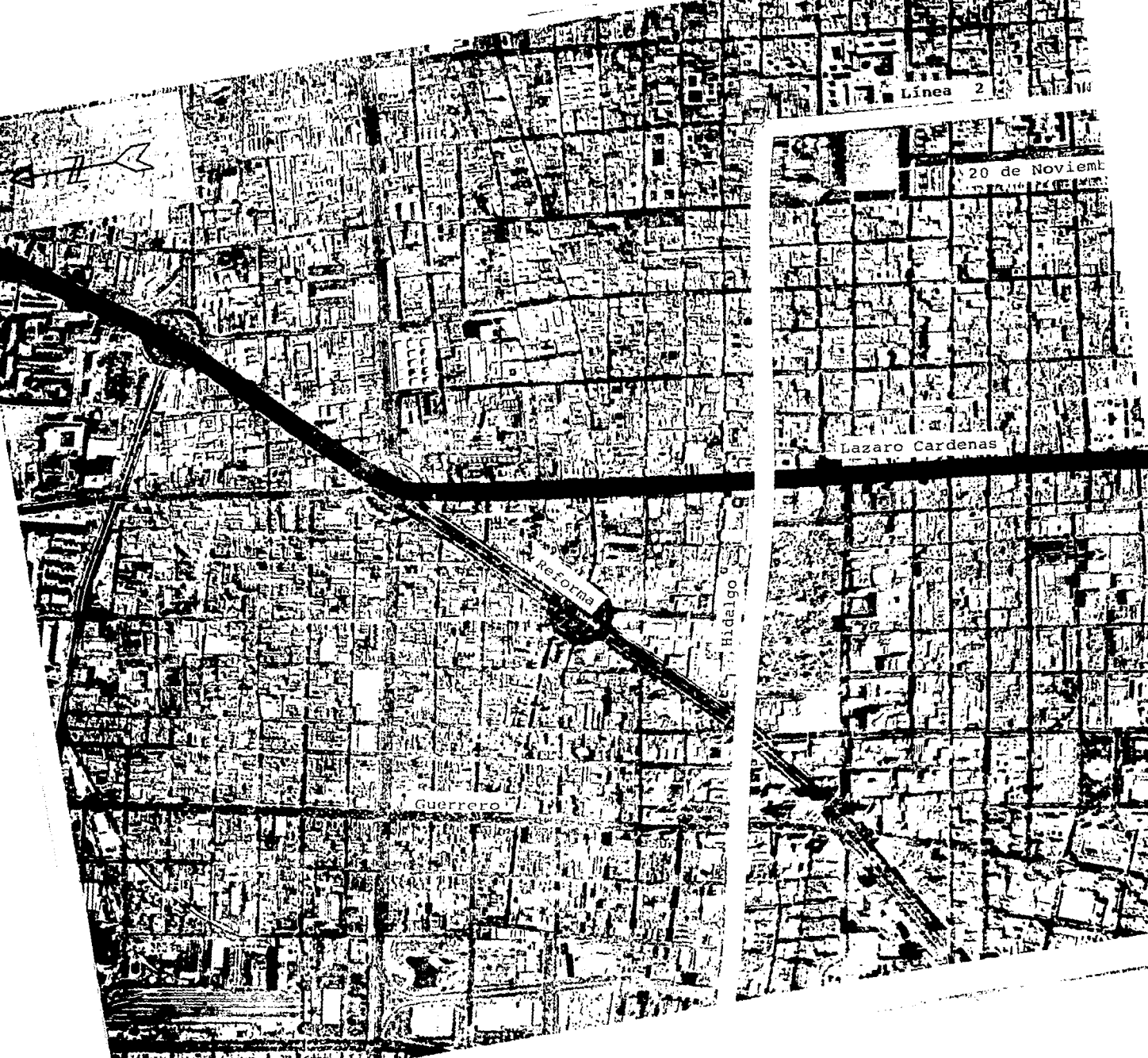
### III.1 ANTEPROYECTO.

La planeación de cada línea es desarrollada en planimetría, con escala 1:2.000, ahí es diseñada la trayectoria de cada línea, y se propone la posible ubicación de las estaciones, también son señaladas las interferencias importantes, antes descritas (colectores, -- gasoductos, líneas eléctricas de alta tensión, etc.), así como los centros de servicio urbano y las líneas del Metro (en operación y -- futuras). Este diseño es rectificado hasta asegurar la factibilidad de construcción y mayor economía de la obra.

En la planeación del anteproyecto, también son utilizadas las -- fotografías aéreas, y de acuerdo a éstas se traza la posible ruta -- de la línea propuesta (serie fotográfica siguiente, donde la foto-- grafía a) ubica la parte centro de la ciudad, y la f) la parte de --

Iztapalapa, donde se ubicará la terminal Constitución de 1917); ---

También son indicadas las rutas existentes para el mejor estudio -- de la ruta a construir. La figura siguiente muestra como quedaría - definido el anteproyecto, ya en conjunto, donde se ubica un croquis de la Ciudad de México (indicando avenidas importantes), el trazo - actual de las líneas del Metro (en operación, incluyendo la Línea A recientemente inaugurada); y el trazo propuesto para la línea 8 del Sistema (figura 10).



Línea 2

20 de Noviem

Lazaro Cardenas

REFORMA

Hidalgo

Guerrero



Línea 2

20 de Noviembre

Lázaro Cárdenas

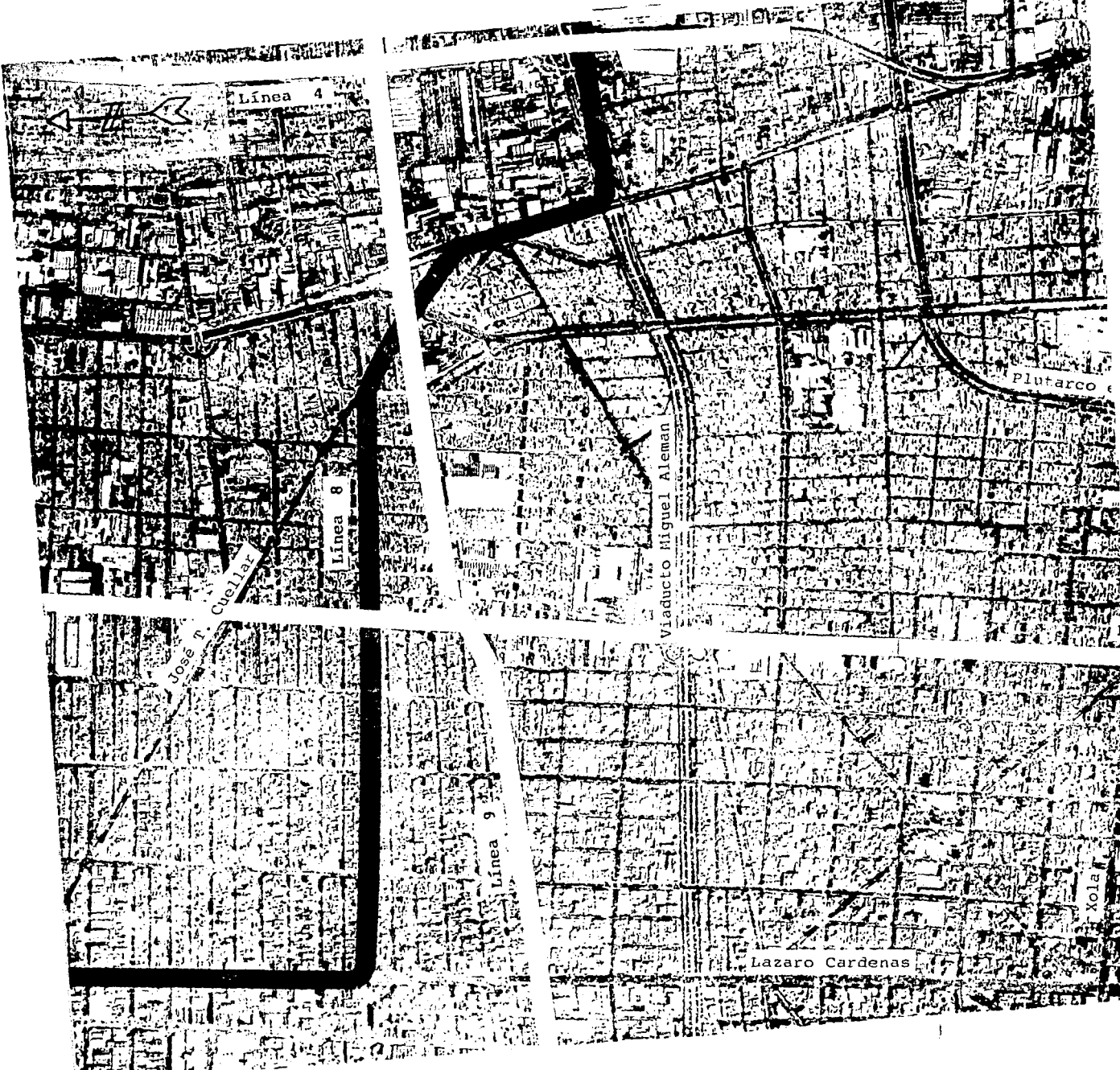
Línea 1

Hidalgo

Ray Servando Teresa de Mier

Línea 8

Fotografía a)



Línea 4

Línea 8

Jose T.

Coelaz

Línea 9

Viaducto Miguel Aleman

Plutarco

Lazaro Cardenas

Xole

Viaducto Miguel Aleman

La Viga

Plutarco elias Calles

Línea 2

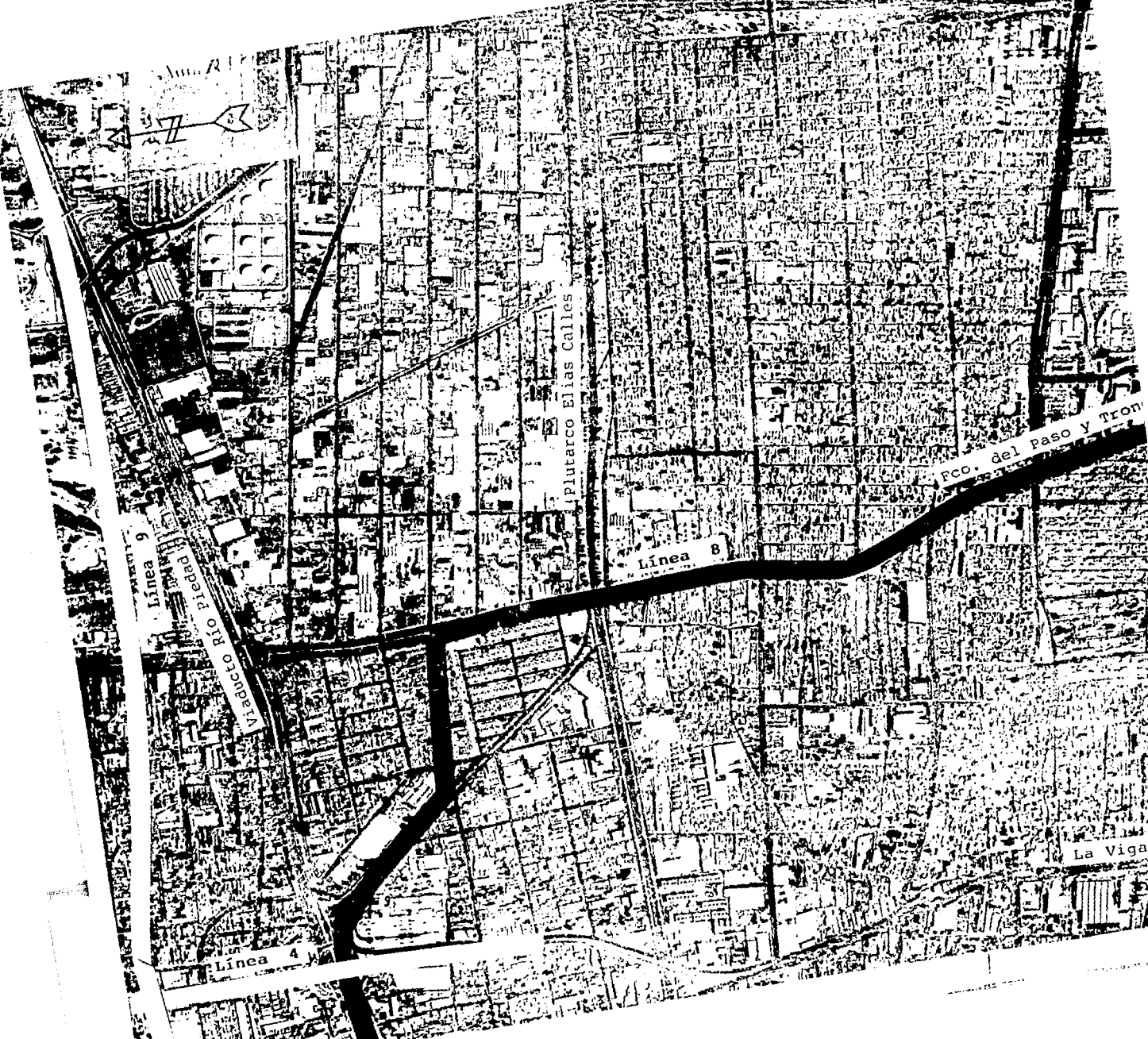
Tlalpan

Lazaro Cardenas

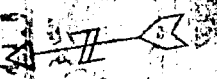
VOLTA

Fotografia b)





América



Linea 9

Vaducto Río de la Piedad

Plutarco Elias Calles

Linea 8

Fco. del Paso y Tron...

Linea 4

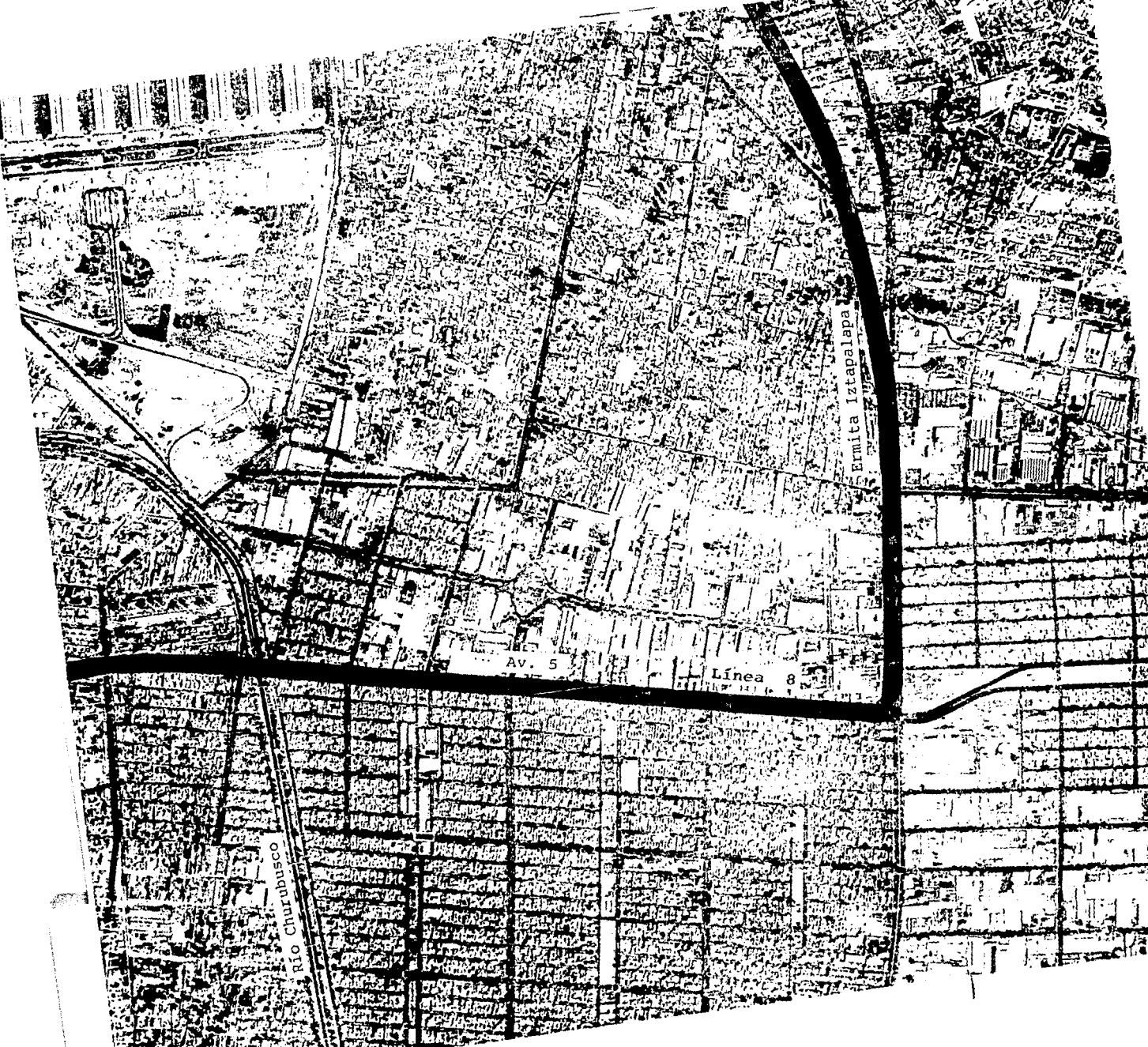
La Viga



Fco. del Paso y Troncoso

La Viga

Fotografía c)



Río Churubusco

AV. 5

Línea 8

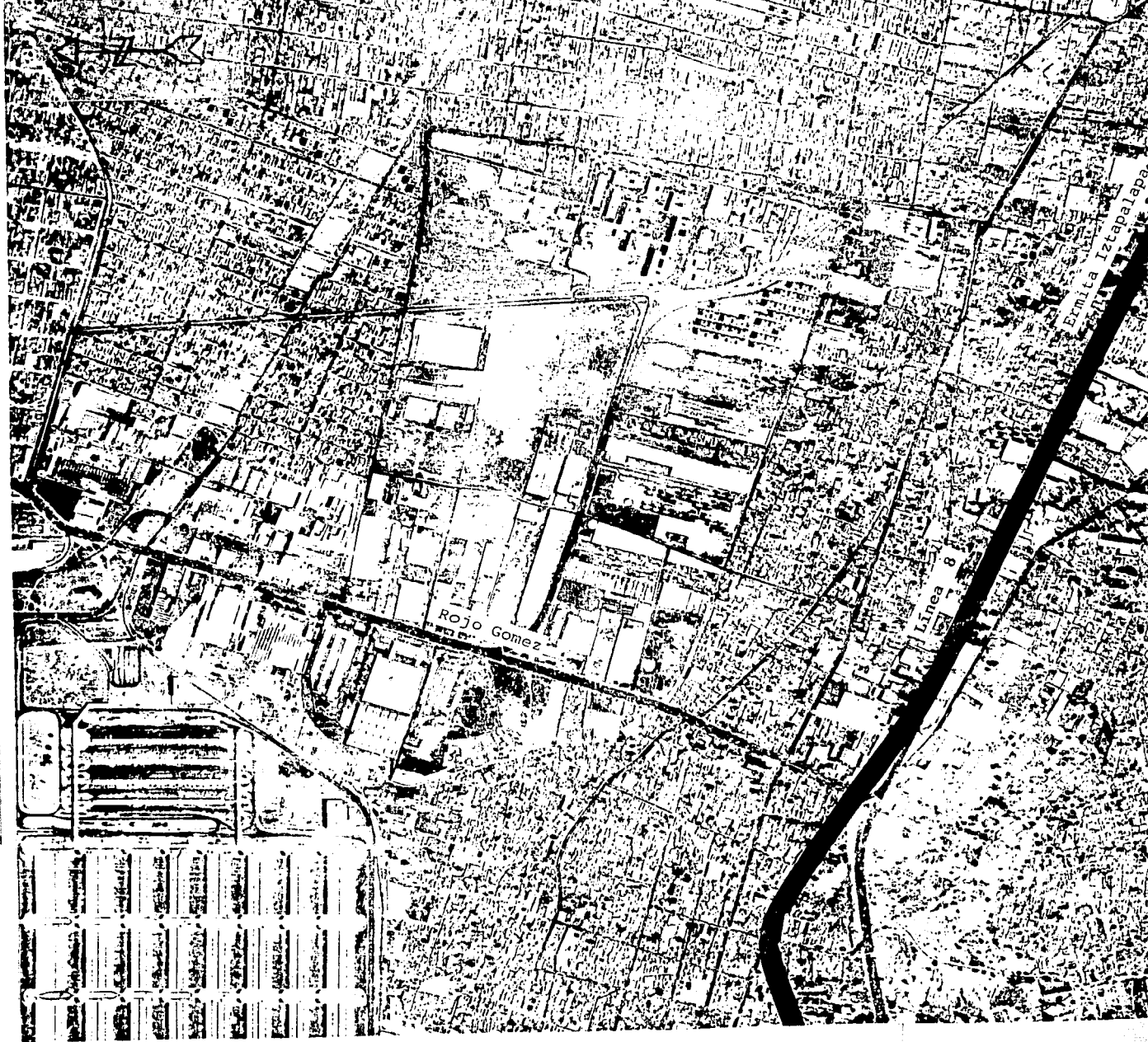
Ermita Iztapalapa



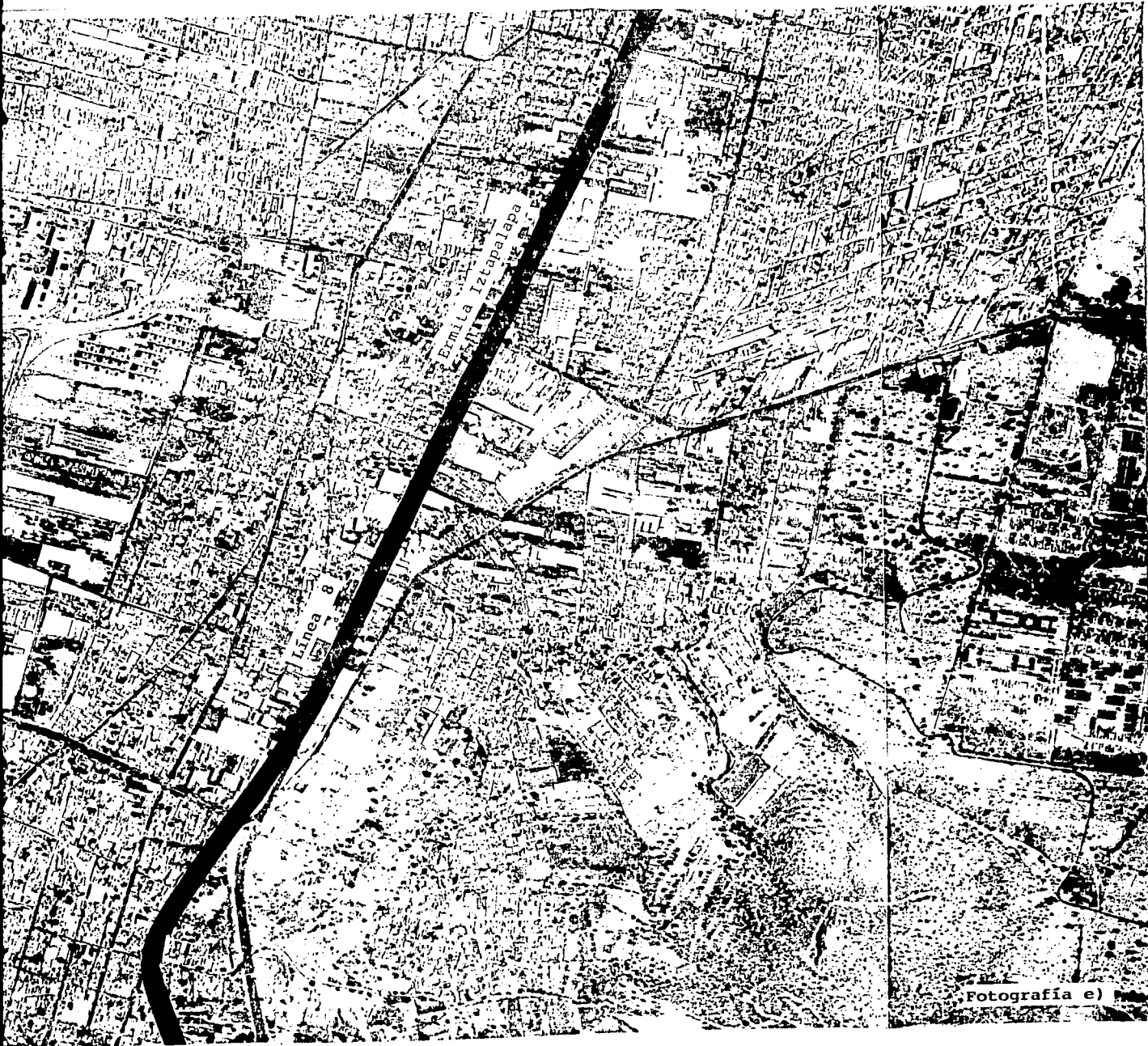
Ermita Iztapalapa

Línea 8

Fotografía d)





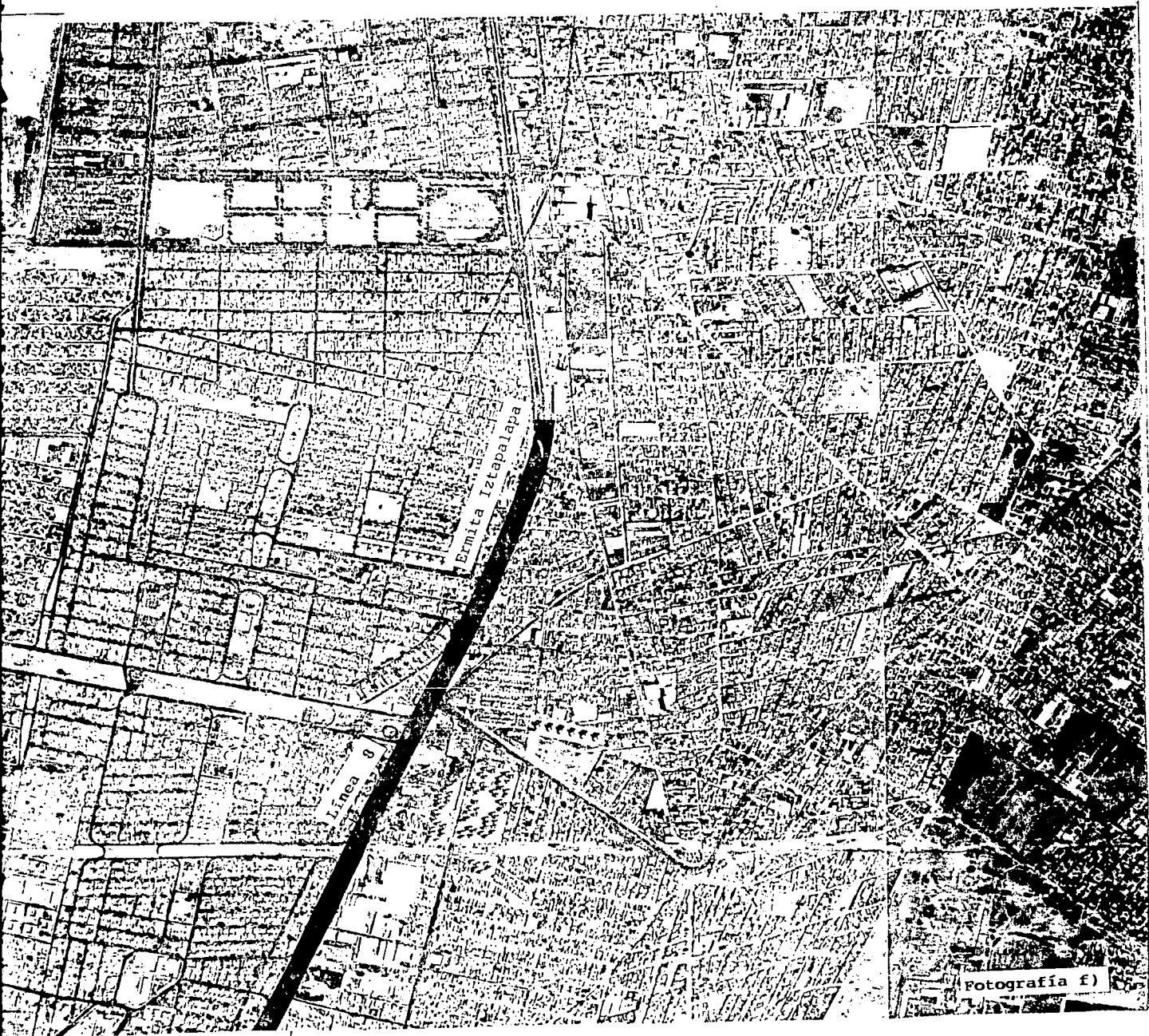


Carretera Izcapalapa

Línea 8

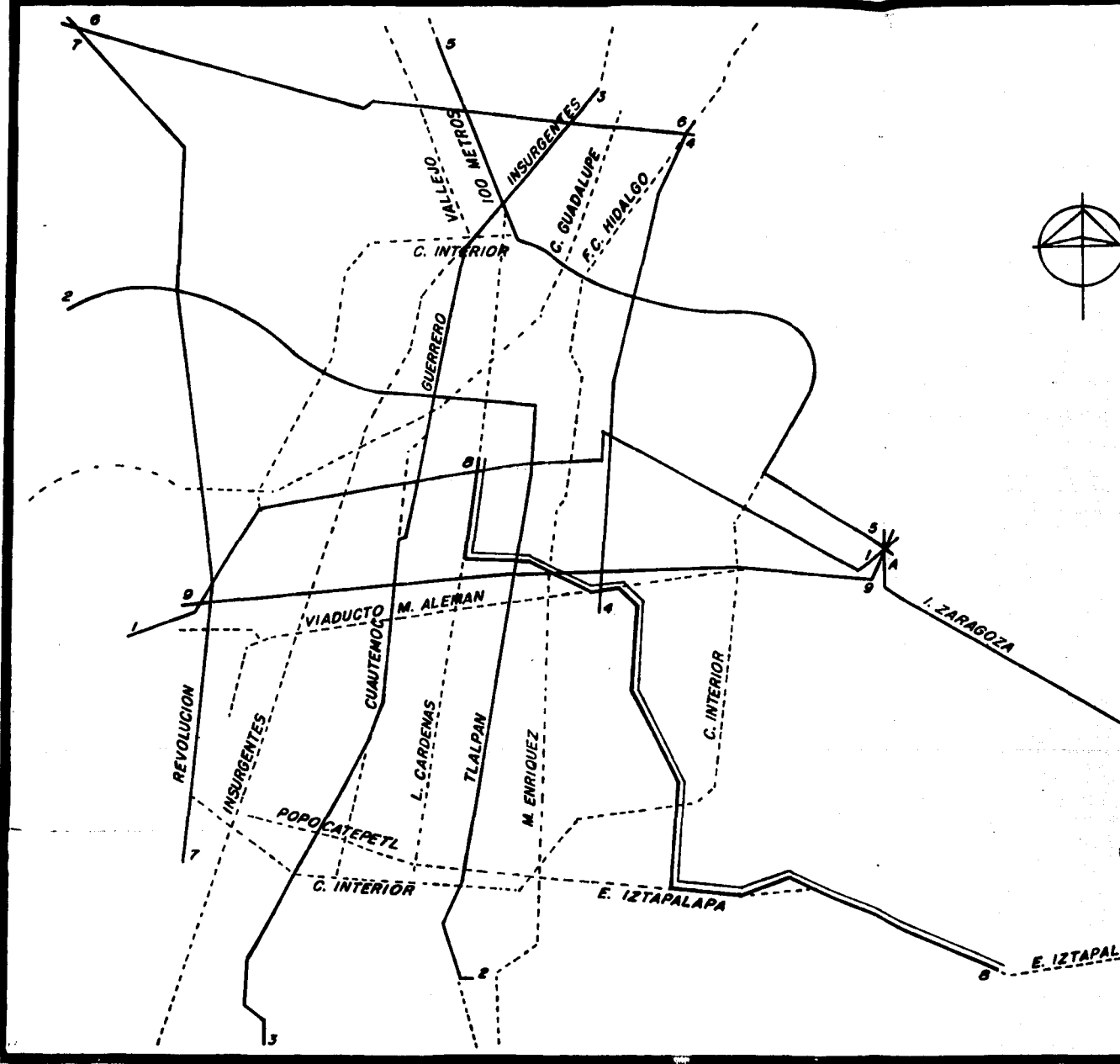
Fotografía e)





Fotografía f)





6  
7  
2  
1  
9  
3

VALLE O. METROS  
100 METROS  
INSURGENTES  
C. GUADALUPE  
F.C. HIDALGO  
C. INTERIOR

GUERRERO

REVOLUCION

INSURGENTES

POPOCATEPETL

C. INTERIOR

VIADUCTO M. ALEMAN

CUAUTEMOC

L. CARDENAS

TLALPAN

M. ENRIQUEZ

C. INTERIOR

E. IZTAPALAPA

I. ZARAGOZA

E. IZTAPALAPA

2

4

5

1

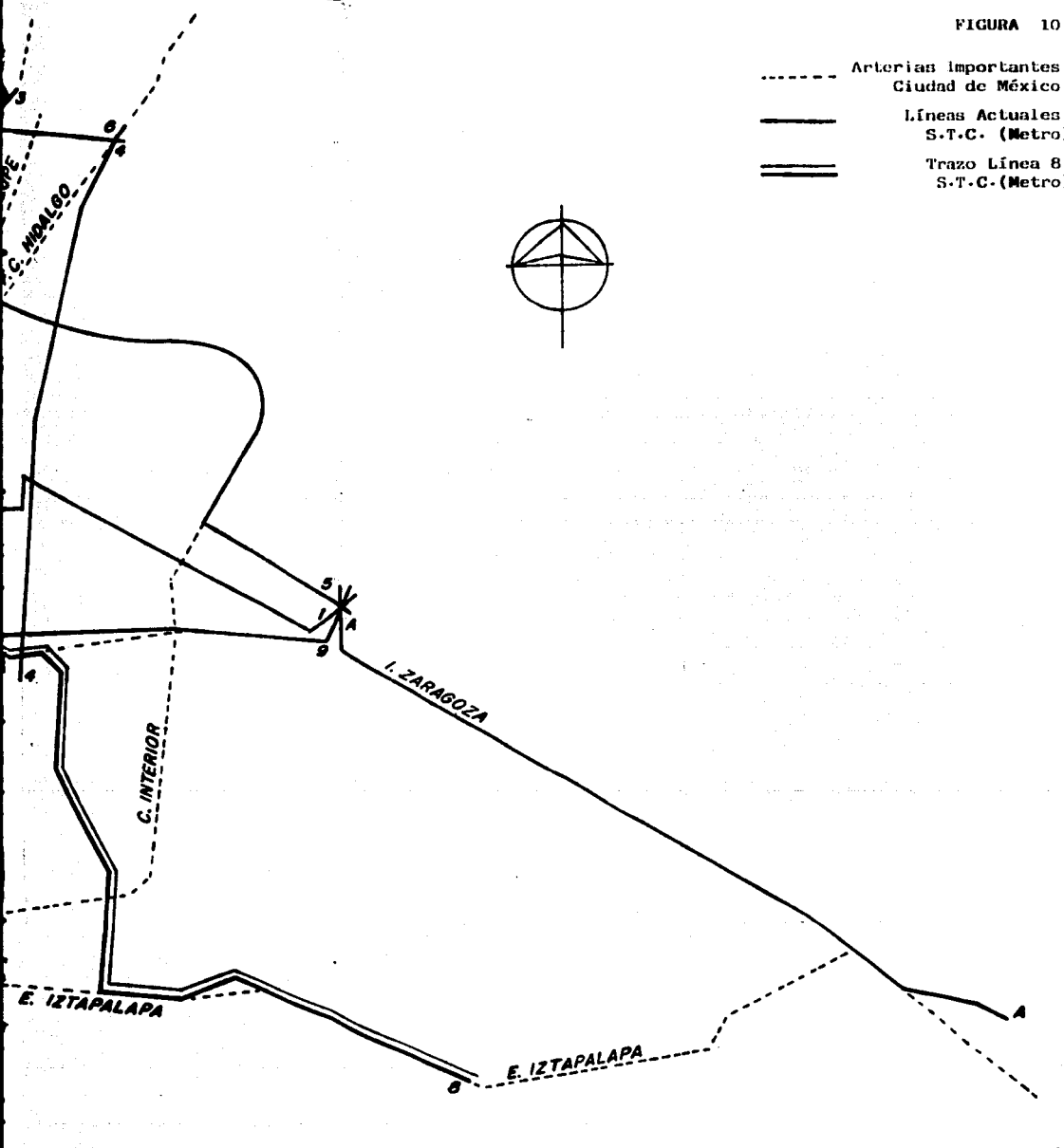
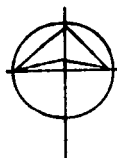
8

9

6

FIGURA 10

- Arterias importantes Ciudad de México
- Líneas Actuales S.T.C. (Metro)
- ==== Trazo Línea 8 S.T.C. (Metro)



Aquí son comparados los resultados propuestos de los estudios - de origen y destino, y demanda de transporte por mencionar algunos. También son estudiadas diferentes alternativas para su posible construcción, siendo:

a) *Superficial*.- Solución estructural constituida por una losa de - concreto reforzado de 8.0 metros de ancho y dos muretes laterales de contención. la losa se desplanta sobre terreno previamente mejorado y a una profundidad de 1.30 metros (generalmente). - para lograr una adecuada compensación de cargas.

Es posible utilizar una solución de tipo superficial, si existen avenidas con una sección transversal con las medidas suficientes para alojar tanto al Sistema Metro, como a las vialidades adyacentes.

Es necesario realizar simultáneamente estudios para las obras -- inducidas que se generen y establezcan una barrera que impida la comunicación vial y peatonal entre uno y otro lado de la línea - (figura 11).

b) *Elevado*.- La existencia de instalaciones municipales de considerables dimensiones a lo largo del trazo de la línea, hace necesaria la implementación de una solución elevada que elimina la -

necesidad de realizar grandes desvíos de instalaciones, y permite el libre paso de las vialidades transversales y longitudinales.

Solución constituida por zapatas macizas de concreto reforzado, apoyadas con pilotes de fricción; una sola hilera de columnas en sentido transversal al eje de la línea y vigas de concreto postensado en sección cajón con claro entre apoyos de 35 m. a 45 m. aproximadamente. La unión entre vigas y columnas es lograda mediante apoyos de neopreno reforzado con placas de acero (figura 12).

- c) *Cajón*. - La estructura destinada a la circulación de trenes del Sistema Metro para la Ciudad de México, es la conocida como cajón subterráneo. Esta es una estructura de concreto armado de sección rectangular, construida a cielo abierto y desplantado a la menor profundidad posible. El cajón debe cumplir con los requisitos de estabilidad, compensación, flexibilidad e impermeabilidad, que se requieren para suelos con características tan particulares como las del Valle de México.

Las dimensiones horizontales y verticales del cajón son determinadas al elegirse un proyecto de operación del sistema, puesto que en el se consignan las necesidades como: localización de los aparatos de comunicación y de enlace, fosas de visitas, depósi-

## ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

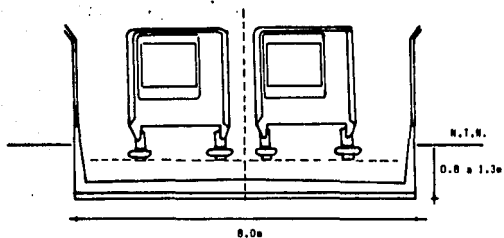
tos de tranes, talleres, escuelas de comunicación, cola de manijas, número de vías (regularmente 2, siendo de 3 en estaciones de transbordo y escapes), etc. (figura 13).

- d) *Túnel*.— La posibilidad de construir el metro en túnel, surgió de la necesidad de ubicar algunas de las líneas sobre avenidas importantes con alta densidad vehicular cuya circulación no puede interrumpirse o alterarse, sin que esto traiga consigo grandes perjuicios de diferente índole.

La estructura de los túneles es definida por dos conceptos fundamentales de gran interrelación: el techo (distancia que existe entre el nivel de la superficie y la clave del túnel), mínimo para llevar a cabo un procedimiento constructivo adecuado y seguro; según el tipo de suelo y la ubicación adecuada de los accesos a las estaciones, de tal manera que los usuarios no recorran grandes profundidades (figura 14 y 15).

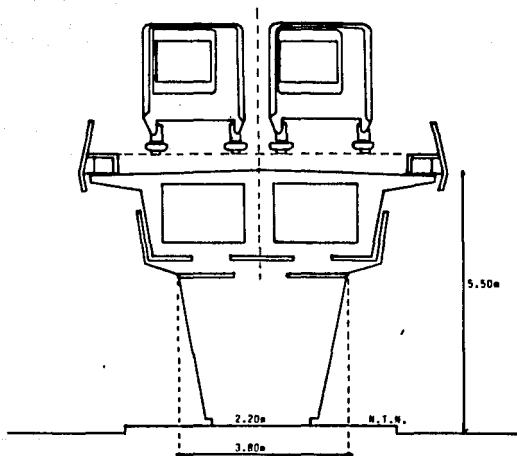
Debido a que el trazo de la ruta predispuesta en el anteproyecto es estudiada y propuesta por COVITUR, no se analizará otra alternativa, quedando definida como se muestra en la figura correspondiente (10). Con lo que respecta al tipo de estructura, ésta se tratará en el tema correspondiente (Trazo y Replanteo del Proyecto).

Figure 11



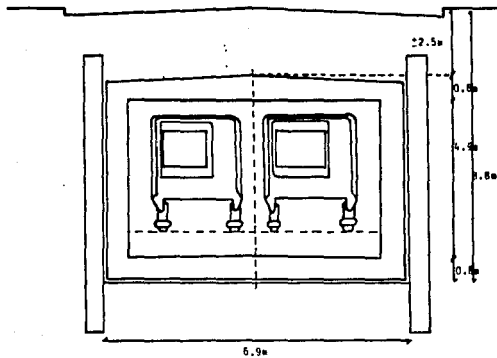
SOLUCION SUPERFICIAL

Figura 12



SOLUCION ELEVADA

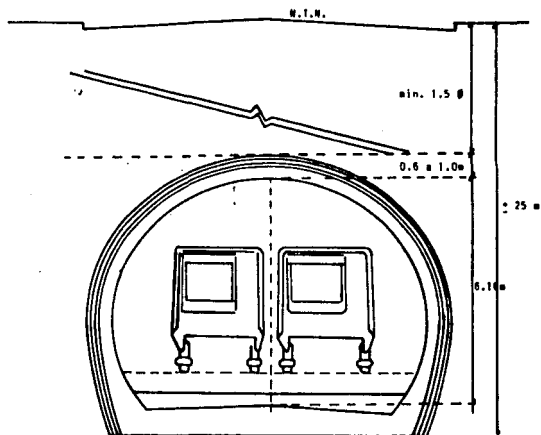
Figura 13



SOLUCIÓN SUBTERRANEA EN CAJON

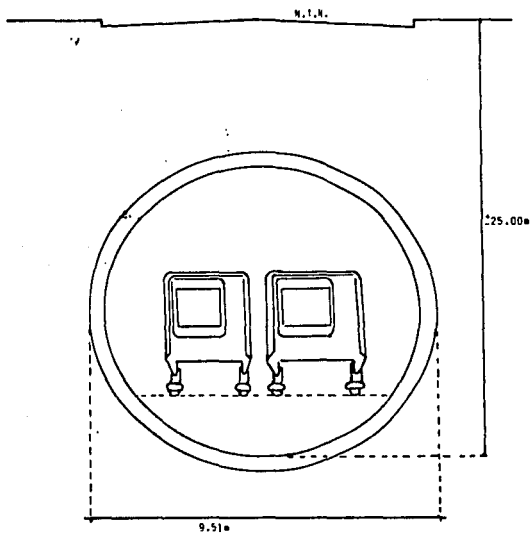


Figura 14



SOLUCION EN TUNEL (CONVENCIONAL)

Figura 15



SOLUCION EN TUNEL (ESCUDO)

COMPARACION DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCION DEL METRO.

Escala de Obra	Costo Obra Civil / Km	Grupos de Construcción	Abstracción de la Vía Pública durante la Construcción	Informaciones con Servicios Metropolitanos	Conservación de las Obras y Equipos	Manejo Inicial de la Vía	Costo Total / Km	Estrategia Final
Superficial	1	2	3	4	4	4	1	3
Elevada	2	4	2	3	4	4	2	4
Tubo	3	3	4	4	1	1	3	2
Total	4	1	1	1	1	1	4	1

- 1.- Más favorable.
- 2.- Favorable.
- 3.- Menos.
- 4.- Menos favorable.

### III.2      PROYECTO DE TRAZO.

El paso siguiente es la realización del proyecto preliminar de trazo, se emplea para el mismo, planos de las calles para hacer las menores afectaciones de instalaciones, por este concepto; ya que -- por los accesos de las estaciones es difícil evitarlas. Sobre los -- planos se determina gráficamente: los ángulos y distancias entre -- tangentes consecutivas para determinar la posible satisfacción de -- las condiciones del proyecto geométrico.

El proyecto preliminar es trazado en campo, midiendo con precisión la longitud de las tangentes y los ángulos de deflexión entre éstas, para este fin son utilizados los distanciómetros electrónicos (antes descritos) y teodolitos en los que es posible leer en -- forma directa un segundo de arco. Con esta información se hacen los cambios convenientes hasta llegar a lo que será el proyecto definitivo, y se procede al cálculo de los elementos de las curvas y cadenas de los puntos importantes del eje de trazo.

#### III.2.1    Trazo Horizontal.

El alineamiento horizontal de este tipo de proyectos, consiste

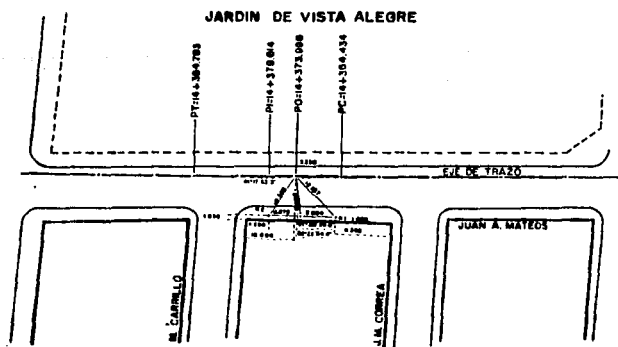
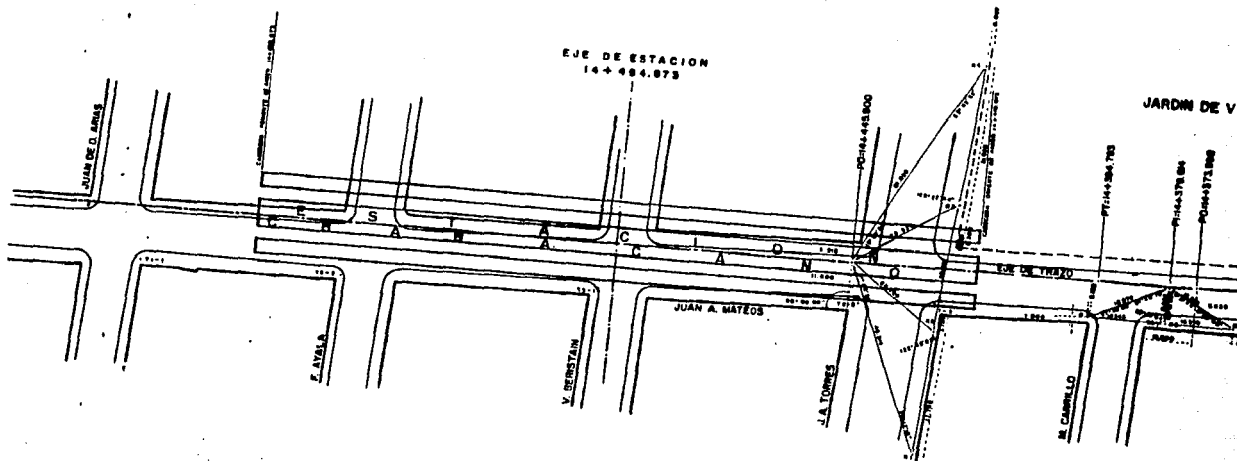
en las líneas tangentes unidas por curvas. Estas usualmente son --- arcos de círculos o elipsoides.

Se sitúa en campo el proyecto ejecutivo de trazo, estableciendo referencias de puntos notables; siendo estos los puntos sobre tangentes (PST); puntos de intersección (PI), principio y término de -- curvas sobre puntos de tangencia (PC y PT); de manera que el trazo se pueda restituir con facilidad y exactitud cuantas veces sea ne-- cesario, en la obra y posteriormente para la implantación de las -- vías.

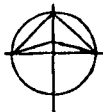
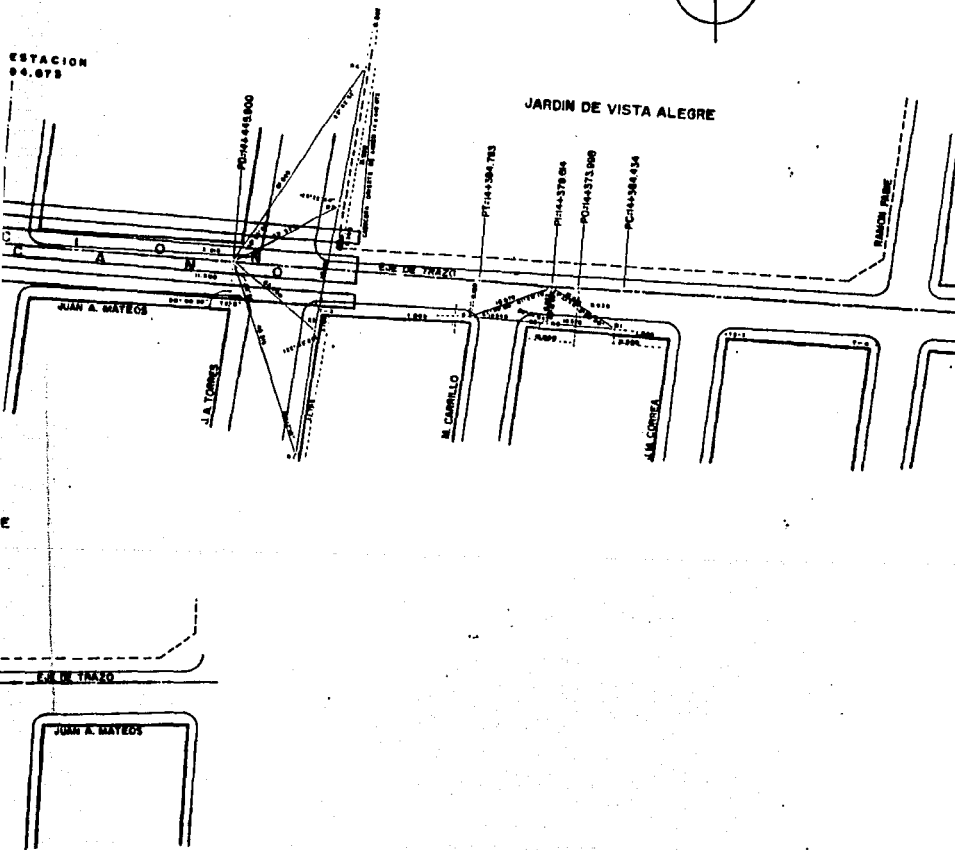
Los puntos de referencia quedan marcados permanentemente (en -- guarniciones o aceras), con clavos de acero. Se procura conformar - triángulos con los puntos mencionados, lo que permite verificar los cierres angulares y lineales, así como la precisión requerida (pla-- no 3).

Es primordial señalar las limitaciones y restricciones que son fundamentales para poder alojar las instalaciones:

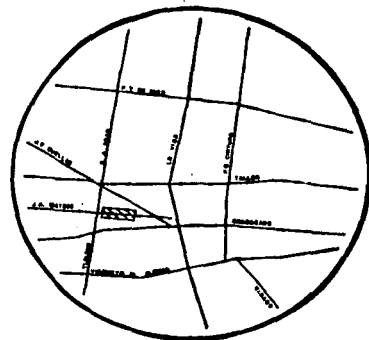
- Distancia entre término e inicio de dos curvas consecutivas - no deberá ser menor de 12 metros (utilizando una tangente en-- tre curvas).



ESTACION  
04.073



JARDIN DE VISTA ALEGRE



CROQUIS DE LOCALIZACION

ESCALA GRAFICA



Profesionista Registrado  
Ingeniero en  
Planes

**E. N. E. D. ARAGON**



REFERENCIACION EJE DE TRAZO  
TRAMO LA VIGA - CHABACANO  
(RAMON FABIE - J. DIOS ARIAS)

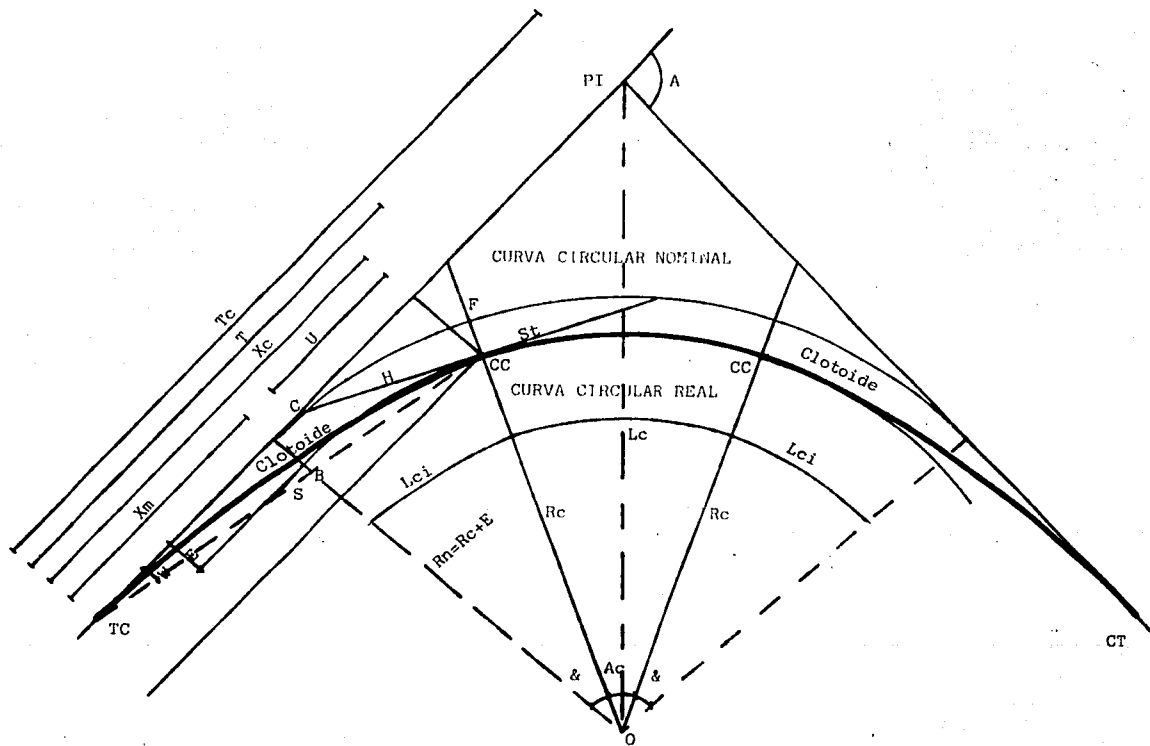
ESCALA 1:500

PLANO No 3

TERCER PROFESIONAL

ALBANO ARECHIBALDO JURADO

Figura 16  
 Elementos Principales  
 Curva Horizontal.





- Radio mínimo de las curvas para la estructura en tunel 300 -- metros.
- En casos especiales, el radio mínimo podrá ser de 180 metros.
- Las estaciones serán ubicadas en tramos tangentes en toda su longitud.
- A toda curva con radio menor a 2,500 metros, se le aplicará -- una sobreelevación.

La unión de las tangentes es realizada a través de una curva -- de transición a la entrada, una curva circular y una curva de transición a la salida: por lo general las curvas de entrada y salida -- son simétricas. Como curvas de transición son utilizadas las "clo-- toides", ya que el desarrollo de éstas permite un cambio gradual en las pendientes de sobreelevación, conservando las mismas su valor -- máximo en toda la longitud de la curva circular (característica que proporciona mayor comodidad a los pasajeros).

A continuación se indica la nomenclatura de los elementos de -- las curvas horizontales (figura 16).

## **S I M B O L O G I A**

**Utilizada en la Curva Horizontal (figura 16).**

- PI - Punto de intersección de las tangentes.
- A - Deflexión en el PI.
- TC - Punto de paso de la tangente a la clotoide.
- CC - Punto de paso de la clotoide a la curva circular.
- CC - Punto de paso de la curva circular a la clotoide.
- CT - Punto de paso de la clotoide a la tangente.
- $\Delta$  - Angulo total de cada clotoide.
- Ac - Angulo central de la curva circular real.
- GC - Grado de la curva circular real.
- Rn - Radio de la curva circular nominal.
- Rc - Radio de la curva circular real.
- Tc - Subtangente total (distancia del PI al TC).
- T - Abcisa de la subnormal.
- Xc - Abcisa del punto CC.
- Yc - Ordenada del punto CC.
- Xm - Abcisa del punto B.
- E - ordenada del punto B.
- U - Distancia del punto A al Xc.
- H - Distancia del punto C al CC.
- S - Cuerda larga (distancia del TC al CC).

F - Distancia normal a la curva circular real del CC a la subtangente total.

St - Subtangente de la curva circular real.

Lc1 - Longitud de la clotoide.

Lc - Longitud de la curva circular real.

Considerando que la liga de dos tangentes consecutivas debe ser realizada utilizando una curva compuesta (como se mencionó anteriormente); el procedimiento a seguir en el trazo de la misma es:

*Trazo de la Curva Horizontal.*

Para el cálculo de la clotoide se parte de la consideración de que la pendiente máxima de enlace para los peraltes, no debe ser -- mayor de 4 mm/m, quedando dicha consideración definida como:

$$S_m < 180/V$$

donde V = velocidad máxima permitida.

en caso extremo se tendría  $S_m = 180/45 = 4$  mm/m.

Establecida dicha condición, se calcula la velocidad máxima V - en función del Radio Nominal por medio de la expresión:

$$V = 5.13 \sqrt{R_n}$$

El valor obtenido es redondeado a su valor inmediato inferior - en múltiplos de cinco.

Rn expresa el radio nominal (ejemplo).

Si Rn = 150 m:  $V = 5.13 \sqrt{150} = 62.829$  ; V = 60 km/h.

Si Rn = 200 m:  $V = 5.13 \sqrt{200} = 72.549$  ; V = 70 Km/h.

Dicha fórmula es aplicable para radios inferiores a los 250 m.

Para radios iguales o mayores a 250 mts. la velocidad máxima -- considerada es de 80 km/h. (de acuerdo a estudios realizados en --- Francia y por razones de orden práctico).

Ya conocida la velocidad se procede a calcular el peralte teó-- rico (Ht) por medio de la fórmula:

$$Ht = \frac{11.8 V^2}{Rn}$$

Valor al cual se le restan 30 mm. para encontrar el valor del - peralte práctico calculado (Hrc), y este es redondeado a su valor - inmediato superior para conocer el valor del peralte práctico (Hrn) que se aplicará. Cuando el valor del peralte calculado (Hrc) es --- mayor de 160 mm. (valor máximo del peralte que se puede considerar) ejemplo:

Para  $R_n = 150$  m.  $V = 60$  km/h.

$$H_t = \frac{11.8 (60)^3}{150} = 283.20$$

$$H_{rc} = 283.2 - 30 = 253.2 \text{ mm.}$$

Por lo que  $H_{rn} = 160$  mm.

Para  $R_n = 200$  m.  $V = 70$  km/h.

$$H_t = \frac{11.8 (70)^3}{200} = 289.10$$

$$H_{rc} = 289.10 - 30 = 259.10 \text{ mm}$$

Por lo que  $H_{rn} = 160$  mm.

Para velocidades mayores y peraltes prácticos, se consultan las tablas correspondientes (anexo).

Establecida la velocidad máxima, se calcula pendiente máxima de enlace:

$$S_m = 180/V$$

Conociendo este valor, se calcula la longitud teórica de la clotoide requerida (Ltc), utilizando la fórmula:

$$Ltc = Hrn/Sm$$

Estableciendo el valor de Ltc, se calcula el valor de la constante (S) que sirve para entrar a las tablas de las clotoides unitarias (definidas en el anexo), para calcular el valor (S) se emplea la longitud teórica de la clotoide y el Radio Nominal, donde:

$$S = Ltc/Rn$$

A continuación se desarrolla el cálculo completo de una curva horizontal.

$$Rn = 175.00 \text{ mts.}$$

$$\Delta = 35 \text{ } 02'13''$$

$$PI = 14+074.201$$

$$V = 5.13 \sqrt{175} = 67.86$$

$$V = 65 \text{ km/hr}$$

$$Ht = \frac{11.8 (65)^2}{175} = 284.88$$

$$Hrc = 284 - 30 = 254 \text{ mm.}$$

$$Hrn = 160 \text{ mm.}$$

$$Sm = \frac{180}{V} = \frac{180}{65} = 2.77 \text{ mm/m}$$

$$Ltc = \frac{Hrn}{Sm} = \frac{160}{2.77} = 57.77$$

$$g = \frac{Ltc}{Rn} = \frac{57.77}{175} = 0.330158$$

Se calcula la Tc (distancia total de TC a PI), con el uso de -- las tablas (anexo) se facilita el cálculo. La tabla 5 de una variación de 15' en cada diez metros.

$$Lci = \frac{\Delta 40}{Gc} = \frac{8^{\circ}45'38.8'' (40)}{6.573682}$$

$$Lci = 53.308$$

En la tabla. Gc se analiza para 6° y 7°, obteniéndose Rn; interpolando tenemos:

$$Rn = 175.00$$

$$\Delta/2 = 17^{\circ}31'6.5''$$



$$\tan \Delta/2 = 0.315653$$

$$T = 26.634 \text{ (interpolando tabla 5)}$$

$$Tc = 175 (0.315653) + 26.634$$

$$Tc = 81.873$$

$$TC = 14+074.201 - 81.873$$

$$TC = 13+992.328$$

Estación	PV	Deflexión	Observación
	14+045.636	3°22'7"	CC
	14+042.328	2°45'	
	14+032.328	1°52.5'	
	14+022.328	1°10'	
	14+012.328	0°37.5'	
TC	14+002.328	0°15'	
	13+992.328		

A continuación se desarrolla la curva circular simple.

$$\Delta c = 17^{\circ}30'55.3''$$

$$Lc = \frac{20 (17^{\circ}30'55.3'')}{6.573662}$$

$$Lc = 53.289$$

$$CC = 14+045.636$$

A continuación se indican los elementos principales de la curva circular simple.

PI = 14+074.201  
 $\Delta c = 17^{\circ} 30' 55.3''$   
 CC = 14+045.636 (Pc)  
 CC = 14+098.923 (Pt)  
 R = 174.319  
 St = 26.854  
 Lc = 53.289  
 D/m = 9'51.63"

Estación	PV	Deflexión	Observación
	14+098.925	8°45'27.44"	CC (salida)
	14+095.000	8°06'45.22"	
	14+090.000	7°17'27.07"	
	14+085.000	6°28'08.92"	
	14+080.000	5°38'50.77"	
	14+075.000	4°49'32.62"	
	14+070.000	4°00'14.47"	
	14+065.000	3°10'56.32"	
	14+060.000	2°21'38.17"	
	14+055.000	1°32'20.02"	
	14+050.000	0°43'20.02"	
CC	14+045.636		

Posteriormente la ubicación se efectúa desde CT. que es encontrado similarmente al TC, ya que la curva es simétrica, y el cálculo de la tabla es efectuado siguiendo los pasos del cálculo ante---

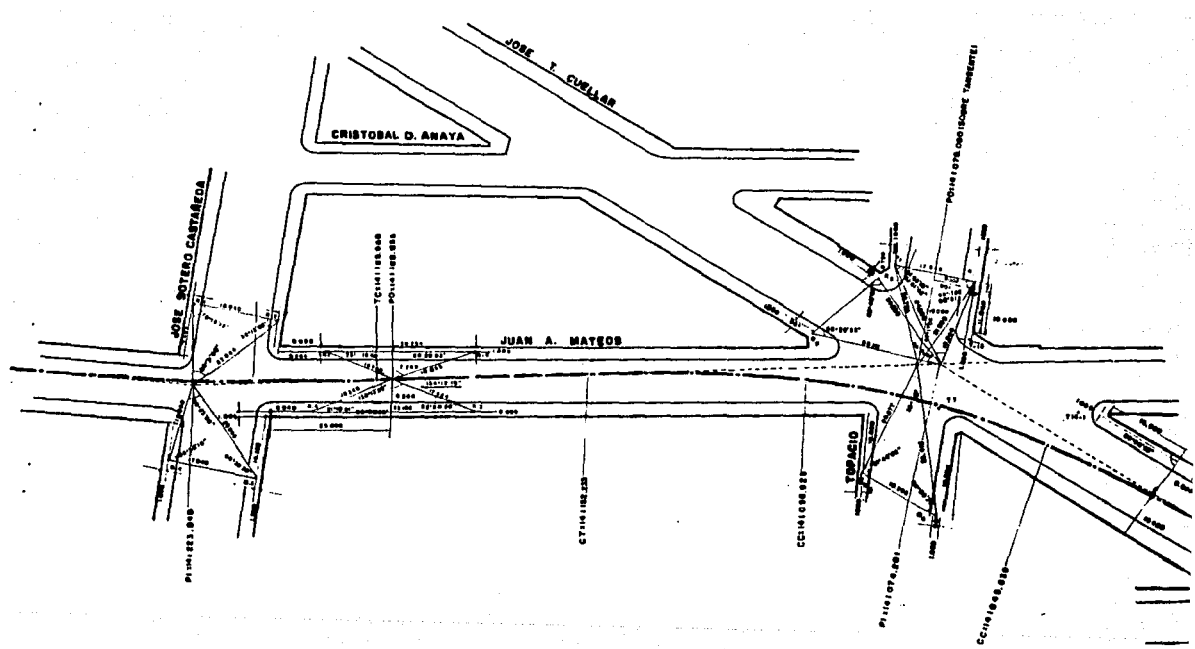
rior (TC a CT).

CC = 14+098.925

CT = 14+152.233

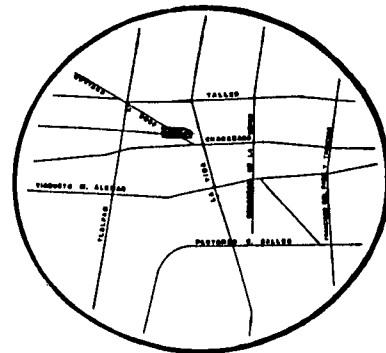
Estación	PV	Deflexión	Observación
	14+096.925	3° 22' 7"	
	14+102.233	2° 45'	CC
	14+112.233	1° 52.5'	
	14+122.233	1° 10'	
	14+132.233	0° 37.5'	
CT	14+142.233	0° 15'	
	14+152.233		

El siguiente plano (4) es un ejemplo de la elaboración de un --  
plano de trazo.



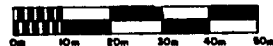
**DATOS DE CLOTOIDE**

L = 0° 45' 20.0"	PI = 101074.001	L = 90° 45' 20.0"
L01 = 00.000	A = 100° 00' 00"	L1000 = 000
M0 = 00.100	A0 = 117° 50' 00.0"	M = 100.000
T0 = 0.710	L0 = 100.000	T0 = 0.710
M = 17.000	ST = 00.000	M = 17.000
M = 17.000	00 = 0° 57' 20.000"	M = 17.000
	000 = 0.0000000"	M = 17.000
	T0 = 100.000	
	00 = 1170.010	
	00 = 110.000	
	V = 100.000	

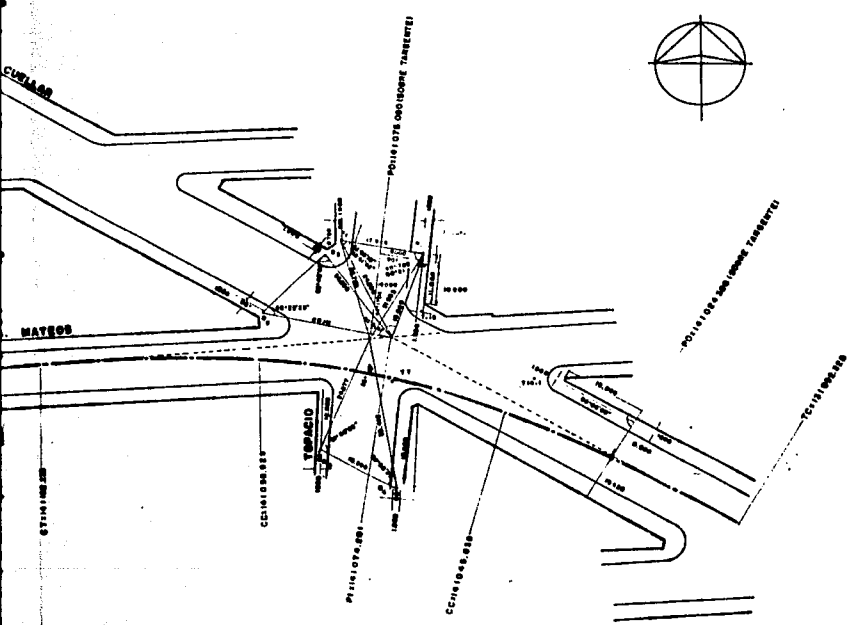


CROQUIS DE LOCALIZACION

ESCALA GRAFICA



DATOS DE CLOTOIDE			
L = 20°45'26.5"	PI = 1141074.201	L = 18°44'50.0"	
L <sub>1</sub> = 00.300	A = 130°02'15"	L <sub>2</sub> = 00.300	
M = 00.100	AL = 217°20'00.5"	M = 00.100	
TO = 01.713	LO = 100.000	YO = 10.970	
Q = 17.001	Q1 = 000.000	M = 017.001	
M = 017.000	Q2 = 100.000	M = 017.000	
	Q3 = 0.000001		
	TO = 00.000		
	Q4 = 110.000		
	Q5 = 110.000		
	Q = 0.000000		



UNIVERSIDAD NACIONAL  
MARICAO  
PUERTO RICO

*E. N. E. P. ARAGON*



**PLANO DE TRAZO**  
**TRAMO: LA VIGA - CHABACANO**  
**(F. ALEGRE - RAMON FABIE)**

### III.2.2 Trazo Vertical.

Posteriormente de efectuar, la nivelación de los perfiles longitudinales donde es determinada la elevación de puntos del terreno a intervalos regulares a lo largo de una línea dada (bancos de trabajo): es efectuado un estudio de varias subrasantes. Estas son líneas longitudinales que representan la posición vertical de la superficie terminada de la terracería, sobre la que descansa la base de la vía a instalar (ferroviaria, carretera, etc.). Son utilizadas curvas verticales para unir las tangentes verticales. Para esta unión se utilizan curvas parabólicas.

Es primordial señalar las limitaciones y restricciones que son fundamentales para poder alojar las instalaciones:

- Las estaciones serán ubicadas en tramos tangentes (sin pendiente) para evitar que un convoy estacionado tenga que aplicar los frenos.
- En zona de aparatos para cambio de vía, no debe tenerse curva vertical.
- Entre dos curvas verticales sucesivas debe existir una tangen

te de por lo menos 16 metros.

- El radio mínimo de curvatura admisible debe ser de 1250 metros.

Hasta donde sea posible, el perfil de la rasante debe apegarse al del terreno original, para evitar exceso de excavación. Influyen además de las restricciones antes mencionadas, el tipo de estación en los extremos de cada tramo, ya que una estación de transbordo no posee las mismas características de una de paso; en ocasiones es primordial y necesario conservar las instalaciones municipales, lo cual obliga a adaptar el proyecto de perfil a elevaciones determinadas, también se debe prever la comunicación entre estaciones y líneas existentes y futuras.

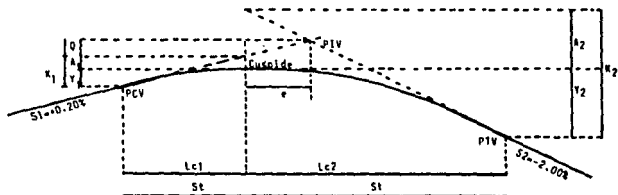
La información usual requerida para el cálculo de la curva vertical es:

- 1.- Las pendientes (en porcentaje), de las tangentes verticales.
- 2.- Cadenamientos y elevaciones del PI. Generalmente a este punto se le llama PIV.
- 3.- Una longitud de curva. Siendo la distancia horizontal en-

tre PCV y PTV, casi siempre es un número completo de estaciones o un número de metros.

A continuación se indica la nomenclatura utilizada para las --- curvas verticales (figura 17).

FIGURA 17





## *SIMBOLOGIA*

*Utilizada en la Curva Vertical (figura 17)*

- PIV Punto de intersección de las tangentes verticales de entrada y salida.
- PCV Punto de tangencia de la tangente de entrada y la curva vertical
- PTV Punto de tangencia de la curva vertical y la tangente de salida.
- C Cúspide.
- e Distancia horizontal entre PIV y la cúspide.
- Lc1 Distancia horizontal entre PCV y la cúspide.
- Lc2 Distancia horizontal entre la cúspide y PTV
- St Subtangente.
- S1 Pendiente de la tangente de entrada.
- S2 Pendiente de la tangente de salida.
- Q Distancia vertical del PIV al punto de intersección de la tangente de entrada con la prolongación de la vertical de la cúspide.
- A1, A2 Distancia vertical de C al punto de intersección de la vertical de la cúspide con las tangentes de entrada y salida respectivamente.
- y1 Distancia vertical del PCV a la cúspide.
- y2 Distancia vertical de la cúspide al PTV.

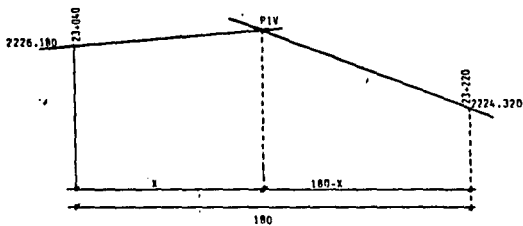
Las propiedades matemáticas de la parábola la hacen muy conveniente para utilizarla como curva vertical. Siendo:

- La distancia sobre el eje de la curva, entre el vértice (PIV) y el punto medio de la curva que une al PCV con PIV, esta bisectada por la curva.
- Las ordenadas de una tangente a la curva varían con el cuadrado de la distancia al punto de tangencia.

Para conocer el perfil del eje de trazo se tomaron las elevaciones de puntos de cada 20 metros y además de todos aquellos necesarios para poder representar con todo detalle el terreno natural. -- Todas las elevaciones se apoyan en la red de bancos de trabajo ubicados para cada línea.

La información recabada, es calculada y graficada en planos --- (escala 1:500 horizontal y 1:50 vertical). Los datos que se incluyen en dichos planos, varían en contenido, según la solución estructural, ya que, en tramos subterráneos hay que indicar rejillas de ventilación, localización de colectores existentes o de proyecto, - salidas de emergencia; mientras que en los de superficie predominan instalaciones aéreas, elevaciones de calles y avenidas coincidentes o que cruzan la trayectoria de la línea.

A continuación se efectúa el cálculo de una curva vertical:



- Cálculo del P.I.V.

Determinación del valor de X:

$$2226.180 + 0.002 = 2224.320 + 0.02 (180 - X)$$

$$226.180 - 2224.320 - 3.600 = -0.002X - 0.020X$$

$$-1.740 = -0.022X$$

$$X = 79.091$$

Cadenamiento del P.I.V.

$$\text{PIV} = 25+040 + 79.091$$

$$\text{PIV} = 25+119.091$$

Elevación del P.I.V.

$$2225.180 + 0.002 (79.091) = 2226.338$$

Comprobación:

$$2224.320 + (180 - 79.091) 0.02 = 2226.338$$

Cálculo de la curva vertical:

$$y = x / 2R$$

$$e = R/2 (S1 + S2)$$

$$Lc1 = R S1$$

$$Lc2 = R S2$$

$$St = (Lc1 - Lc2) / 2 \quad \text{"Si S1 y S2 tienen el mismo signo"}$$

$$St = (Lc1 + Lc2) / 2 \quad \text{"Si S1 tiene signo diferente de S2"}$$

Para un radio de curvatura de 2.500 metros, tenemos:

$$Lc1 = 2500 \times 0.002 = 5.000$$

$$Lc2 = 2500 \times 0.020 = 50.000$$

$$e = \frac{2500}{2} \times (0.002 - 0.020) = -22.500$$

$$St = \frac{5.000 + 50.000}{2} = 27.500$$

Cálculo de las elevaciones de los puntos principales:

$$Y1 = St * S1 = 27.500 * 0.002 = 0.055$$

$$Y2 = St * S2 = 27.500 * 0.020 = 0.550$$

$$y1 = \frac{(Lc1)}{2R} = \frac{5}{2 * 2500} = 0.005$$

$$y2 = \frac{(Lc2)}{2R} = \frac{50}{2 * 2500} = 0.500$$

$$Q = e * S1 = 22.500 * 0.002 = 0.045$$

$$K1 = Lc1 * S1 = 5.000 * 0.002 = 0.010$$

$$K2 = Lc2 * S2 = 50.000 * 0.020 = 1.000$$

$$A1 = K1 - y1 = 0.010 - 0.005 = 0.005$$

$$A2 = K2 - y2 = 1.000 - 0.500 = 0.500$$

Cúspide:

$$PIV - e = 25+119.091 - 22.500 = 25+096.591$$

$$2226.338 - 0.045 - 0.005 = 2226.288$$

PCV:

$$PIV - St = 25+119.091 - 27.500 = 25+091.591$$

$$2226.338 - 0.045 - 0.010 = 2226.283$$

PTV:

$$PIV + St = 25 + 119.091 + 27.500 = 146.591$$

$$2226.338 - 0.550 = 2225.788$$

Cálculo de las elevaciones a cada cinco metros.

Pto. Cadenamiento	X	X <sup>2</sup>	$\frac{X}{2R}$	Elevación
PCV 25+091.591				2226.283
25+095.000	1.591	2.531	0.001	2226.287
CUS 25+096.591				2226.288
25+100.000	3.409	11.621	0.002	2226.286
25+105.000	8.409	70.711	0.014	2226.275
25+110.000	13.409	179.801	0.036	2226.253
25+115.000	18.409	338.891	0.068	2226.221
25+120.000	23.409	547.981	0.110	2226.179
25+125.000	28.409	807.071	0.161	2226.128
25+130.000	33.409	1116.161	0.223	2226.066
25+135.000	38.409	1475.251	0.295	2225.994
25+140.000	43.409	1884.341	0.377	2225.912
25+145.000	48.409	2343.431	0.469	2225.829
PTV 25+146.591	50.000	2500.000	0.500	2225.788

**CAPITULO IV**  
**TRAZO Y REPLANTEO**  
**DE PROYECTO**

IV

TRAZO Y REPLANTEO DE PROYECTO.

El replanteo de una curva vertical se efectúa calculando la diferencia entre la elevación del proyecto, y la elevación original del terreno, en un punto dado. La altura del terraplén o profundidad del corte en una determinada estación, es marcada en una estaca --- (usualmente a cierta distancia para protegerla de alteraciones), -- con el fin de tener una guía para la excavación inicial.

En la coincidencia de una curva horizontal y una vertical; la -- curva horizontal es trazada en la forma original (antes descrita), posteriormente son fijadas las estacas necesarias para definir la -- posición vertical de la superficie.

Una vez establecido el eje del proyecto, se requiere obtener -- datos adicionales para el proyecto definitivo y así mismo para la -- construcción. A continuación se enlista un resumen con particular -- importancia para el proyecto del Sistema de Transporte Colectivo.

- 1.- *Control Horizontal*). Los puntos inicial y final del proyecto deben estar ligados a una red de control horizontal, lo que permite calcular las coordenadas de los puntos del eje de la ruta, y asegurar que no se han cometido equivocaciones al medir distancias y ángulos.



- 2.- *Control Vertical.* Las elevaciones del proyecto deben estar referidas a un Datum Vertical (Banco de Nivel Fijo), controlado por la Comisión Nacional del Agua; las ligas adecuadas se efectuarán con bancos de nivel oficiales en ambos extremos de la línea y, si es posible, también en puntos intermedios. Se acostumbra establecer "bancos de nivel" (antes descritos) a lo largo de la ruta. Utilizando una nivelación de tercer orden Geodésico.
- 3.- *Nivelación de Perfil.* Las nivelaciones de perfiles son iniciados y cerrados en bancos de nivel permanentes (bancos profundos) y temporales (bancos de trabajo). Además son determinadas las elevaciones del terreno al milímetro.
- 4.- *Seccionamiento Transversal (Sección de Topografía).* Las secciones transversales son levantadas usualmente en estaciones completas y en los puntos intermedios necesarios para asegurar el cubrimiento adecuado en el cálculo de las terracerías.
- 5.- *Detalles Planimétricos.* A través de métodos aéreos o terrestres, son determinadas las posiciones de vivienda, edificios, cercas, y cualquier otro rasgo de drenaje o cultural dentro de los límites de derecho de vía del proyecto.

- 6.- *Referenciación del Trazo Planimétrico.* Efectuados los detalles planimétricos, el trazo es referenciado a cierta distancia, para evitar la pérdida del eje y localizar el trazo original con mayor facilidad (capítulo III); ya que al efectuar la excavación y construcción del sistema, si la referenciación original es eliminada su ubicación posterior será mas laboriosa.
- 7.- *Ligas con Predios.* Se localizan todos los vértices de secciones catastrales y predios, con respecto al eje de trazo (en la intersección con un límite de sección se obtiene el cadenamieto, se mide el ángulo entre el límite de la sección y el eje, y se calculan las distancias a lo largo del límite de sección hasta los vértices mas cercanos de los predios).
- 8.- *Levantamiento de Líneas de Conducción.* Consiste en la localización de líneas de transmisión de energía, telefónicas y telegráficas, así como de ductos de drenaje, aguas y oleoductos, ya sea que crucen al eje del proyecto o corran diagonal o paralelamente a éste, dentro de los límites de la referenciación del eje de trazo. Son obtenidas también las elevaciones de las plantillas de las alcantarillas y de las bocas de los pozos de inspección (anteriormente descritos).

En el replanteo del proyecto del Sistema Metro, posteriormente de elegida la ruta por la que será construida la Línea, y obtener los levantamientos urbanos, se elige la sección tipo para su construcción (capítulo III), esta elección es efectuada por los análisis de suelo, vialidad y afectaciones de predios.

El trazo será iniciado sobre el Eje Central (Lázaro Cárdenas), esquina Paseo de la Reforma (estación Garibaldi), y fluyendo hacia el Sur. A continuación se indica la Ruta que seguirá esta línea, -- nombrando las estaciones con las que contará y la calle con la que forma esquina (cuadro 8)

Aquí debido a las afectaciones que se originan en la vialidad, el anteproyecto se modifica, será desde el cruce con la avenida -- Paseo de la Reforma, y no como se mencionó anteriormente donde iniciaría desde la Plaza de la Vizcainas (estación Salto del Agua).

En este tipo de proyectos, la ruta propuesta en el anteproyecto no es afectada, ya que los estudios efectuados por COVITUR no alteran el trazo original de la línea (como se mencionó anteriormente). Respecto a la estructuración, se ha optado por la construcción de -- cajón subterráneo en gran parte del trayecto, por ser avenidas muy transitadas, y la misma no permite una construcción superficial (ya que se eliminaría gran parte de la vialidad), ni una estructuración

CUADRO B

Estación	Circulación	Equipo (cruce)	Extractora
Coribaldí	Eje Central	Paseo de la Reforma	Caja Subterránea
Bellas Artes	Eje Central	Daucelos	Caja Subterránea
Venustiano Carranza	Eje Central	Venustiano Carranza	Caja Subterránea
Salto del Agua	Eje Central	Plaza de los Virreyes	Caja Subterránea
Doctores	Eje Central	Dr. Liceaga	Caja Subterránea
Óbrera	Eje Central	Fernando Robirz	Caja Subterránea
Chabacano	Juan A. Matos	V. Borstlein	Caja Subterránea
La Viga	Calzada la Viga	Gutierrez Prieto	Caja Subterránea
Santa Anita	Viaducto Ato Prodad	Congreso de la Unión	Caja Subterránea
Carera	Francisco del Paso y T.	Plutarco Elías Calles	Superficial
Iztacalco	Francisco del Paso y T.	Tozantle	Superficial
Apatlaco	Francisco del Paso y T.	Perisano	Superficial
Aculco	Francisco del Paso y T.	Treboladoras Saculco	Superficial
Escudrán 201	Avenida Cincos	Agustín Yáñez	Caja Subterránea
Fuego Nuevo	Ermita Iztopalapa	General Anaya	Caja Subterránea
Iztopalapa	Ermita Iztopalapa	Comofort	Caja Subterránea
Corro de la Entrola	Ermita Iztopalapa	Rita Gómez	Caja Subterránea
San Lorenzo	Ermita Iztopalapa	San Lorenzo	Caja Subterránea
Constitución de 1917	Ermita Iztopalapa	Los Torrao (A. Pariférico)	Superficial

de túnel por el tipo de subsuelo, que no permite la introducción -- adecuada del escudo perforador (ya que su avance sería lento y di-- fícil). La estructuración superficial se dá porque la calzada per-- mite alojar tanto al sistema como los carriles de vialidad, sin --- tener grandes afectaciones de predios; para mantener la circulación fluida, así como el poder agilizar los cruces conflictivos con di-- chas avenida y evitar grandes congestionamientos.

Ya designado el trazo definitivo, se contemplan y analizan las posibles afectaciones a realizarse, ya sea por curvas horizontales, estaciones y/o subestaciones de rectificación; así como la posibi-- lidad de no efectuar grandes afectaciones.

Debido a que este tipo de información (afectación de predios) - es manejada por COVITUR y el Departamento del Distrito Federal, el siguiente plano es un ejemplo de como se daría la afectación por -- la construcción de una estación, donde no se indica la estación ni las calles descritas en el plano para evitar problemas de afectabi-- lidad; las afectaciones por curvas horizontales son similares a las indicadas en dicho plano.



CEL114+087.000

CEL114+088.000

CEL114+089.000

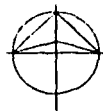
CEL114+090.000

CASETA DE ALIMENTACION DE ANCHO 10+400 079

CEL114+091.000

CASETA DE ALIMENTACION DE ANCHO 10+400 079

EJE DE ESTACION  
10+400 079



EJE DE ESTACION  
144400.878

PL11000008000

CALLEJA ORIENTE DE ALBINO  
144419.873












PL11000008000

PL11000008000

PL11000008000

PL11000008000

### SIMBOLOGIA

-  UN PISO
-  DOS PISOS
-  TRES PISOS
-  CUATRO PISOS O MAS
-  AFECTACION POR ESTACION
-  AFECTACION POR TRAZO
- 17.5  
 No. DE LOTE
- 0204  
 No. OFICIAL
-  LINEA DE AFECTACION
-  EJE DE TRAZO DEL METRO
-  LINEA DE PARAMENTO
-  LINEA DE GUARNICION
-  COTA DE LINEA DE AFECTACION AL LINDERO

ESCALA GRAFICA



INstituto Nacional  
de Estadística y Censos

E. H. E. D. ARAZONI



TRAZO DE AFECTACION  
(ESTACION)

ESCALA 1:500 PLANILLA 2

ALEJANDRO ARDOSA JURADO

TECNICO PROFESIONAL

**CAPITULO V**  
**CONTROL TOPOGRAFICO**  
**DE LA OBRA CIVIL**



## V. CONTROL TOPOGRAFICO DE LA OBRA CIVIL.

Los trabajos básicos de control horizontal y vertical tienen -- por objeto proporcionar una estructura de puntos de apoyo, cuyas -- posiciones horizontales y verticales sean conocidas con excelente -- precisión. Los resultados de estos levantamientos son las coordena-- das horizontales y las elevaciones de los puntos. Estos datos de -- posición son indispensables para llevar a cabo los estudios deta-- llados subsiguientes y para toda clase de programas cartográficos -- extensivos.

### V.I CONTROL PLANIMETRICO.

Para poder garantizar que el eje de trazo esté libre de errores y rebasen las tolerancias establecidas, se cierran polígonos, y parte de ellos incluyen al eje. Las poligonales comprenden tramos de -- un kilómetro (aproximadamente), la precisión mínima aceptada para -- el cierre es de 1:10.000.

El control horizontal puede ser establecida mediante triangulación, poligonación y trilateración. Una poligonal consiste básicamente, en una serie de líneas rectas y vértices, cuyas longitudes --

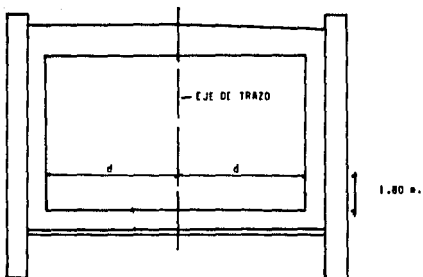
y direcciones se miden, y conectan puntos cuyas posiciones son determinadas. El trayecto de una poligonal puede ser adaptado a los obstáculos que presente el terreno: accidentado, boscoso o pantanoso así como a edificios grandes y zonas de tránsito pesado que pudieran hallarse en la ruta seleccionada.

Durante la obra es necesario saber si ésta se apega a las indicaciones del proyecto, o se restituye al eje de trazo, apoyándose en las referencias que para tal efecto se ubicaron oportunamente (descritas anteriormente). una vez reubicados los puntos principales se miden ángulos y distancias, que al compararlos con los valores originales deben cumplir con la precisión exigida (1:10,000).

El control es establecido con mayor frecuencia mediante poligonales, sobre todo en levantamientos de limitada extensión y cuando los puntos cuyas posiciones se requieren quedan sobre un trayecto accidentado o inaccesible.

Cuando se ha comprobado la exactitud del trazo repuesto, a partir de éste se miden los galibos (distancias horizontal y vertical entre las paredes de la estructura) a cada 20 metros, y en cada cambio de sección, en la estructura del "cajón" poco profundo son medidos a 1.80 metros a partir de la losa de piso, que en este caso es la subrasante (figura 18)

FIGURA 18

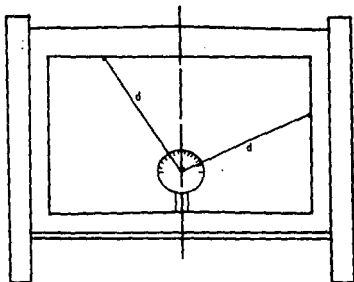


Como los galibos son determinados en el proyecto con poca holgura, ya que el exceso en las dimensiones de la estructura ocasionaría el exceso de excavación, y por lo tanto encarecimiento injustificado de la obra, la medición de dichos galibos debe ser cuidadosa y precisa, proporcionando información de la posición del eje, o efectuar los recortes necesarios en la estructura.

En los túneles se presentan dos casos: el método de excavación tradicional, o por medio de un "escudo"; donde se determinan los sitios que requieren ajuste, y posteriormente se miden secciones cuando se ha terminado el colado del recubrimiento definitivo.

Las secciones son medidas tomando distancias a cada 15° (figura 19).

FIGURA 19



El control de la dirección del túnel es especialmente importante, ya que las características del proyecto geométrico no permite -- desviaciones en el eje de trazo, mayores a 15 centímetros; ya que -- son estrictamente necesarias las dimensiones de la estructura, con objeto de no aumentar los costos de la construcción. El cierre de -- los polígonos que incluyen al trazo (anteriormente mencionados), -- es un método que reduce al mínimo las posibilidades de errores del trabajo que se realiza en superficies y que posteriormente sirve de apoyo y comprobación al que se desarrolla en el túnel.

Para llevar el trazo de la superficie al túnel se aprovechan -- las lumbreras, en general si es posible ubicar directamente puntos del eje desde el borde de la lumbrera, hasta el piso del túnel -- (figura 20).

Quando no se tiene esta oportunidad, son habilitadas platafor-- mas y se emplea la plomada óptica para bajar el trazo como se ilustra a continuación (figura 21).

Quando ya se tiene el tramo excavado de 100 metros aproximada-- mente, se efectúa una orientación giroscópica del eje de trazo, --- primero en la superficie, y posteriormente en el trazo bajado al -- túnel, corrigiendo en ésta su dirección hasta igualarla con el va-- lor obtenido en la superficie. La correlación es efectuada al trazo

FIGURA 20

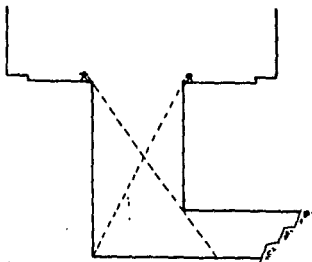
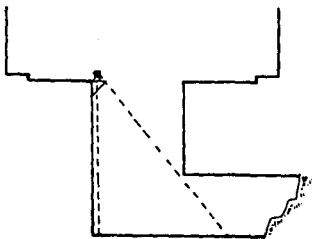
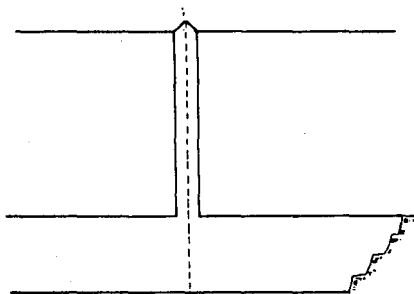


FIGURA 21



del túnel puesto que el superficial ya ha sido verificado (por medio de polígonos de comprobación), mientras que las dificultades -- para bajar el trazo al túnel disminuyen su precisión. También son -- aprovechados los pozos del sistema contra incendio, para verificar la correcta posición del eje de trazo, empleando para ello la plomada óptica (figura 22).

FIGURA 22



Una vez que se ha comprobado la correspondencia entre el trazo de la superficie y el del túnel, se procede a colocar clavos de --- acero en los principales del mismo: los cuales son utilizados para el control subsiguiente y los trabajos necesarios para la implantación de las vías.

## V.2            CONTROL ALTIMETRICO.

El Valle de México, se encuentra limitado geográficamente al -- Norte por las Sierras de Tepotzotlán, Tezontlalpan y Pachuca; al -- Oriente, por los Llanos de Apan, los Montes de Río Frio y la Sierra Nevada; al Sur por las Sierras de Chichinauhtzin y Ajusco; y al --- Poniente por las Sierras de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo. -- Dentro del Valle de México se encuentra ubicado el Distrito Federal (Ciudad de México); una buena parte de éste se encuentra construido sobre el fondo del ex-lego de Texcoco.

Los numerosos estudios que se ha realizado hasta la fecha, en -- relación con el subsuelo del Valle de México, han permitido zonificar la Ciudad de México en tres grandes áreas, atendiendo a un punto de vista estratigráfico.

Una de éstas áreas es la Zona llamada de las Lomas por desarro-



llarse en las últimas estratificaciones de la Sierra de las Cruces; por algunas partes esta zona invade los derrames basálticos del Pedregal; la capacidad de carga del terreno es alta y no hay formaciones compresibles capaces de asentarse mucho.

Entre las Serranías del Poniente y el fondo del Lago de Texcoco se presenta una Zona de Transición, donde las condiciones del subsuelo desde el punto de vista estratigráfico varían muchísimo de un punto a otro de la zona urbanizada. Los problemas de capacidad de carga y asentamientos diferenciales pueden ser muy críticos, sobre todo en construcciones extensas, sujetas a condiciones de carga diferencial.

Existe también en la inmensa Ciudad de México, la Zona del Lago llamada así, por corresponder a los terrenos que constituyeron al antiguo Lago de Texcoco. Una causa importante referente al diferente comportamiento mecánico en los suelos radica en los antiguos monumentos aztecas o coloniales (desaparecidos en la actualidad), que han inducido fuerte preconsolidación en zonas determinadas; otra causa es el bombeo discontinuo en intensidad, en los distintos puntos de la Ciudad. En base a estos criterios, la Zona del Lago ha sido subdividida en dos: la primera abarca la Ciudad Antigua y en ella son frecuentes los asentamientos por preconsolidación; la segunda, cubriendo aquella parte de la ciudad que no fue antes cargada

con construcciones antiguas hoy inexistentes. Llegando a tener un --- hundimiento en el caso extremo de hasta 30 centímetros por año.

Las líneas del Sistema "Metro", que recorren gran parte de -- nuestra extensa Ciudad, pasan por las tres Zonas mencionadas (en -- este tipo de proyecto y construcciones, no se considera la subdivisión de la Zona del Lago), en la figura 23 se indican las Zonas antes mencionadas, y las zonas por las que atraviesa la Línea en proyecto; los bancos de nivel necesarios para el proyecto y construcción reflejan los hundimientos correspondientes en cada zona (plano 6). Es necesario conocer en forma precisa las variaciones que en elevación tenga cada uno de los bancos de nivel. Para ello periódicamente se corren nivelaciones, cerrando circuitos siempre, partiendo del Banco de Nivel Atzacualco (descrito anteriormente), los primeros circuitos son cerrados con los Bancos de Nivel Profundos, --- distribuidos en la Ciudad (Tlatelolco, Glorieta Peralvillo, Parque de las Américas, Plaza de la Ciudadela, etc.), a su vez sirven para conocer las variaciones en las elevaciones de los bancos de trabajo, que se encuentran espaciados a cada 500 metros aproximadamente en las cercanías de las líneas del Metro. La tolerancia fijada para esta nivelación es de  $1 \text{ cm} \sqrt{k}$ , siendo k el número de kilómetros del circuito. El error de cierre es compensado en función de -- la longitud recorrida en las nivelaciones.

LOMAS DE  
CHAPULTEPEC

REVOLUCION

INSURGENTES

POPOATEPETL

C. INTERIOR

CUMATEMOC

VIADUCTO M. ALEMAN

GUERRERO

L. CARDEMAS

TLALPAN

M. ENRIQUEZ

VALLEJO

INSURGENTES

C. GUADALUPE

F.C. HIDALGO

C. INTERIOR

E. IZTAPALAPA

E. IZTAPALAPA

AEROPUERTO



FIGURA 23

Arterias Principales

Ciudad de México

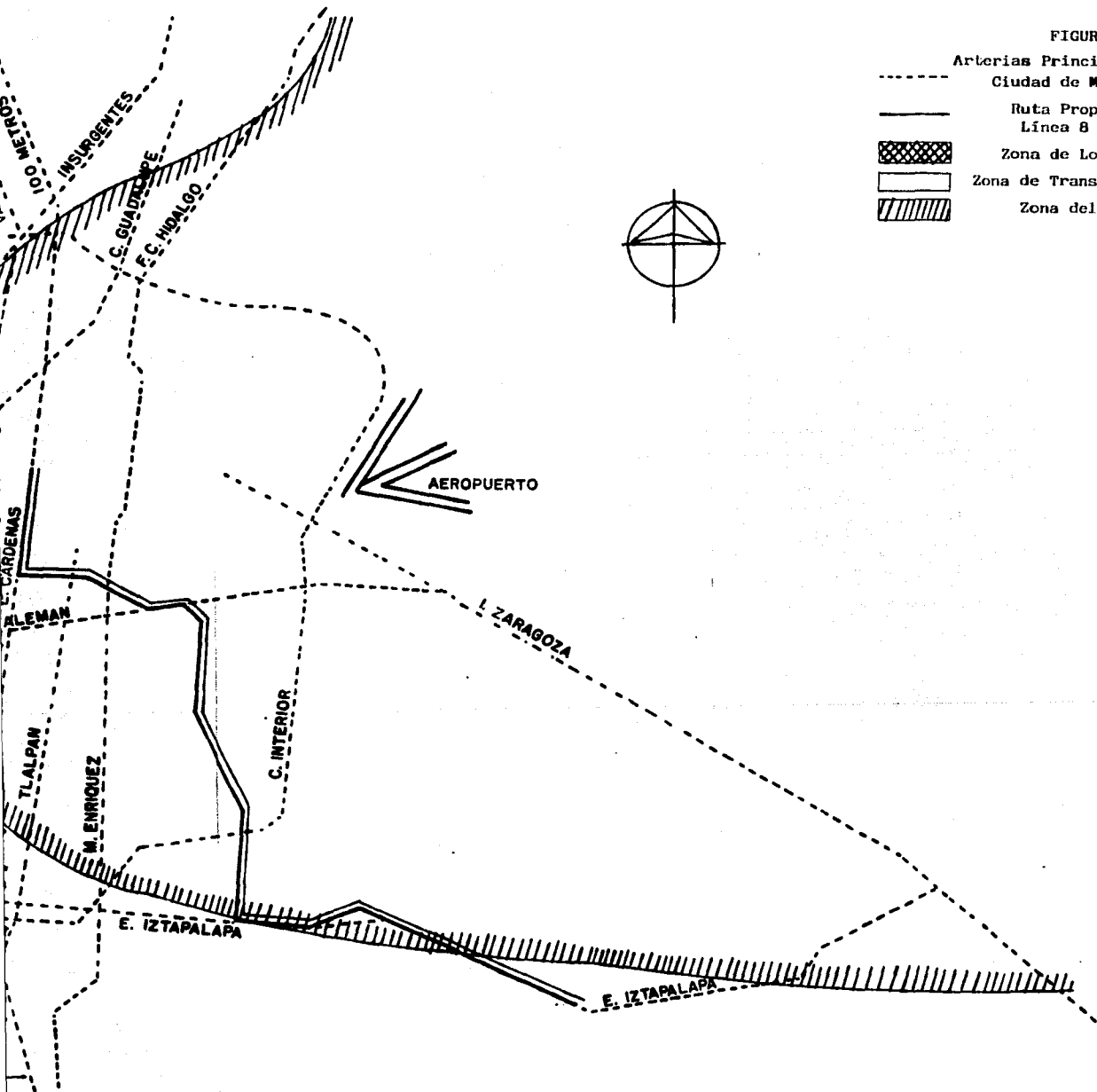
Ruta Propuesta

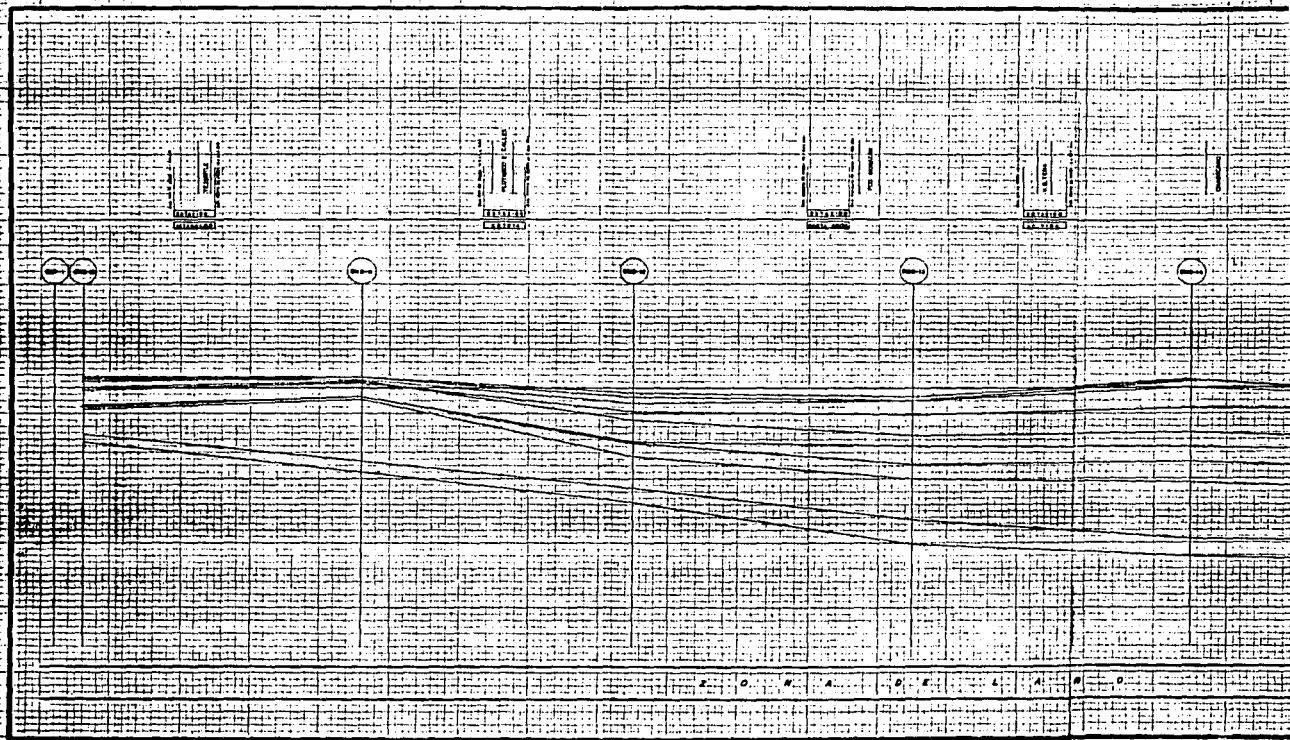
Línea 8 Metro

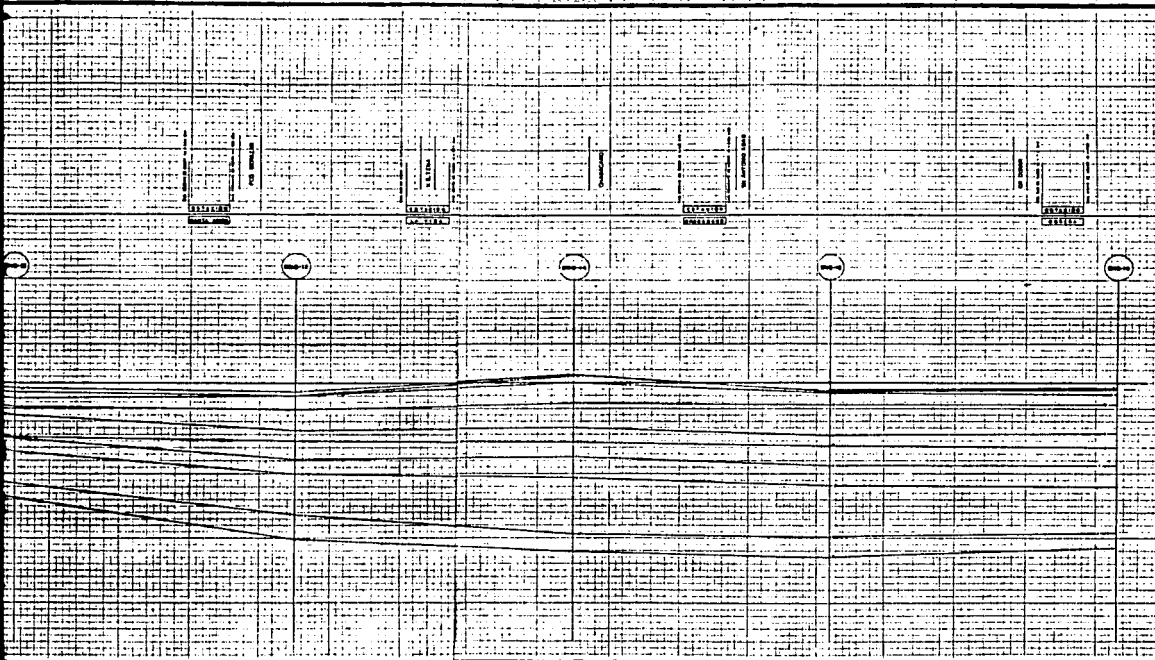
Zona de Lomerio

Zona de Transición

Zona del Lago







**LEYENDA**

- \_\_\_\_\_ LINEA DE
- \_\_\_\_\_ LINEA DE
- \_\_\_\_\_ LINEA DE
- \_\_\_\_\_ LINEA DE
- \_\_\_\_\_ LINEA DE
- \_\_\_\_\_ LINEA DE
- \_\_\_\_\_ LINEA DE
- \_\_\_\_\_ LINEA DE
- \_\_\_\_\_ LINEA DE
- \_\_\_\_\_ LINEA DE

**ESCALAS GRAFICAS**



**6.6.9. AGENCIA**



**CONTROL DE MUEBLEMENTOS**  
**BANCOS DE TRABAJO**  
**TRANS-ITACHILO - OREDA**  
 S.A. TRANS-ITACHILO - OREDA  
 S.A. TRANS-ITACHILO - OREDA

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

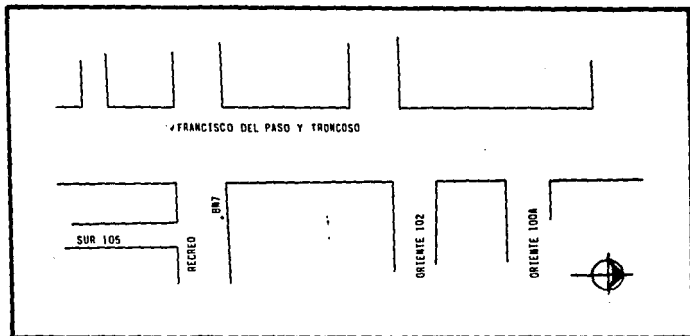
Por las diferentes magnitudes de hundimiento del terreno, se -- establece que mientras la diferencia de nivel entre bancos cercanos no sea mayor de 2 centímetros, con respecto a los valores origina-- les se mantendrán sin cambio sus elevaciones. Cuando es superada -- esta tolerancia, se puede corregir el valor de la elevación origi-- nal, substituyéndolo por el valor real, determinado a partir del -- Banco de Nivel más próximo; o anular el banco, reemplazándolo por -- otro, que se ubica entre 50 y 100 metros, y cuya elevación se de-- termina y comprueba con los bancos más cercanos, registrándose el -- movimiento de bancos (figura 24).

Quando es terminada la obra civil, los bancos de nivel son ubi-- cados en el interior de la estructura, su elevación se establece -- desde los bancos superficiales; a partir de estos últimos bancos -- serán iniciados los trabajos de nivelación posteriores, ya que ten-- drán los mismos hundimientos que la estructura.

El proceso de control topográfico será continuado, con la obten-- ción del perfil de la losa de piso, que es la subrasante; y del le-- cho inferior de la losa superior, intradós, tomando puntos a cada -- 20 metros, y en los cambios de sección de la estructura. En la si-- guiente figura (25) se indican los puntos nivelados. En los valores obtenidos se revisa que el galibo vertical cumpla con los requeri-- mientos de proyecto.

FIGURA 24

LOCALIZACION DE MOVIMIENTOS DE BANCOS DE NIVEL.



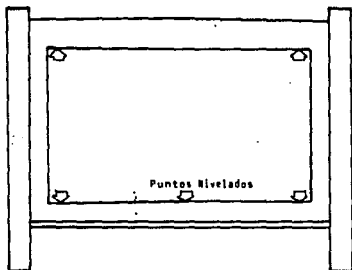
BANCO DE PARTIDA			FECHA DE NIVELACION	ELEVACION OBTENIDA	OBSERVACIONES	MODIFICACIONES
Nº	FECHA	ELEVACION				
BNP-A12	22-VII-90	2245.009	24-VII-90	2232.989	LIV CR 88A	
			12-III-91	2232.919	CBLO 01E1	
			25-III-91	2232.902	CBLO 01E1	
			12-IV -91	2232.900	CBLO 01E2	
			8- V - 91	2232.901	CBLO 01E2	
			7- V -91	2232.898	CBLO 01E2	
			26-VI -91	2232.907	CBLO 01E3	
			6-IX- 91	2232.885	CBLO X	
			4- X -91	2232.886	CBLO X	

NOTAS:

- 1.- El origen de cotas B.M.P. ATZACOALCO.  
ELEVACION 2245.008 M.S.N.M.
- 2.- Localización sobre clavo acerado  
Pie Poste Metálico, Frente al lote Nº 532  
Calle Recreo.



FIGURA 25



Con los perfiles que resultan de la nivelación de los puntos --  
mencionados se efectúan las adecuaciones necesarias al proyecto ---  
inicial, ya que existen diferencias entre éste y la construcción, -  
y son determinados los proyectos definitivos de rasante y niveles -  
de andenes en las estaciones.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES**

## VI.

### CONCLUSIONES.

Como se menciona al principio, la Ciudad de México requiere de un Sistema de Transporte que sea eficiente para poder satisfacer -- las necesidades propias de la población. De acuerdo a la informa-- ción obtenida por el INEGI en los últimos censos (1950 a 1990), se ha estimado el crecimiento poblacional para el futuro, dicha pobla-- ción requerirá de un transporte más eficiente, rápido y seguro; -- siendo de primordial importancia el no contaminante y de mayor ca-- pacidad; para poder agilizar la vialidad.

El *Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México*, es -- un medio de transporte que cumple con los requerimientos predispueg-- tos anteriormente; además de que mejora la vialidad. El control topográfico es de gran importancia, ya que es fundamental para el me-- jor aprovechamiento de los recursos disponibles, y poder obtener de ellos el mayor beneficio posible.

Corresponde a la Ingeniería Civil colaborar con varias ramas -- de la Ingeniería (principalmente con la Topográfica), para poder -- garantizar la eficiencia de las labores a efectuar, utilizando mé-- todos desarrollados con anterioridad o de creación específica para cada trabajo.

Los levantamientos topográficos realizados, son efectuados por poligonación cerrada, siendo de vital importancia por la calidad -- requerida y la precisión que proporciona. El empleo de los aparatos e instrumentos descritos (teodolitos, distanciómetros, niveles, giróscopos), así como el uso de computadoras para el mejor aprovechamiento de la información que proporcionan los levantamientos fotogramétricos y los levantamientos directos, constituyen una valiosa herramienta que reducen costos y tiempo en la obtención y procesamiento de datos; agilizando los cálculos de los métodos usuales y la obtención de la información directa de los aparatos (por medio del módulo REC), evitando así los errores de lectura e interpretación. Así mismo al restituir la información fotogramétrica y comparándola con la obtenida por levantamientos directos, se aumenta la eficacia de los trabajos topográficos (ligados a la Ingeniería Civil).

La información topográfica es analizada en este trabajo, por -- ser punto de partida en el desarrollo de los proyectos, siendo indispensable que sea fidedigna, sin errores graves, que posteriormente obliguen a la corrección y modificación del proyecto, e incluso de la obra. La estructura de la obra es estudiada en las diferentes alternativas existentes; y de acuerdo al subsuelo y a la factibilidad de viabilidad que pueda ser óptima, se escoge la misma, siendo en este caso superficial y subterránea. Los trazos son propues--

tos por COVITUR donde ya se ha analizado el mejor recorrido que --- pueda tener para el mayor beneficio poblacional; y evitar grandes - afectaciones.

El conocimiento de las variaciones en la elevación, con respecto a un plano de comparación fijo, presentan los bancos de nivel, - indispensables para el correcto desarrollo de las obras. Debido a - la diversidad de suelos por los que atraviesa la ruta, y tomando -- en cuenta el pequeño margen de error que permite el equipo rodante electromecánico, es necesario implementar sistemas del registro de movimientos, tanto de las estructuras como de los mismos bancos que permitan en forma confiable proyectar los ajustes necesarios al --- sistema de vías con equipo de transporte ya en operación.

Es necesario que el Ingeniero Civil profundice más en el conocimiento de las materias que conforman su especialidad dentro de la Ingeniería, y a la vez amplíe su preparación general para un mejor entendimiento de otras disciplinas con las cuales se va haciendo -- más frecuente su relación de trabajo. Siendo la topografía una rama fundamental, ya que al tener un buen control topográfico, se redu-- cen los costos de construcción (aprovechando mejor las excavaciones y terraplenes), para evitar el manejo excesivo de material, y maqui- naria para cada caso en especial.

**ANEXO**

TABLA DE CLDTOIDES

(1)

Radio Nominal Rn (m)	Velocidad Máxima v (km/h)	Peralte Teórico Ht (cm)	Peralte Práctico Hr (cm)	Inclinación de Peralte i (cm)	Pendiente Máxima Sn (m/g)	Longitud Teórica de Clotoides Ltc (m)	S	Clotoides Unitario W
150	60	283.20	160	123.20	3.00	53.333	0.355555	593
175	65	284.20	160	124.59	2.77	57.778	0.330159	575
200	70	289.89	160	129.10	2.57	62.222	0.311111	558
225	75	295.00	160	135.00	2.40	66.667	0.296296	545
250	80	302.08	160	142.08	2.25	71.111	0.284444	534
275	80	274.62	160	114.62	2.25	71.111	0.258586	509
300	80	251.53	160	91.73	2.25	71.111	0.237037	487
350	80	215.77	160	55.77	2.25	71.111	0.203175	451
400	80	188.80	160	28.80	2.25	71.111	0.177777	422
450	80	167.82	140	27.82	2.25	62.222	0.138272	372
500	80	151.04	120	31.04	2.25	53.333	0.106666	327
550	80	137.31	110	27.31	2.25	48.889	0.088889	299
600	80	125.87	95	30.87	2.25	42.222	0.070370	266
650	80	116.18	85	31.18	2.25	37.778	0.058120	242
700	80	107.89	80	27.89	2.25	35.555	0.050794	226
750	80	100.69	70	30.69	2.25	31.111	0.041481	204
800	80	94.40	65	29.40	2.25	28.889	0.036111	191
850	80	88.85	60	28.85	2.25	26.867	0.031372	178
900	80	83.91	55	28.91	2.25	24.444	0.027160	165
950	80	79.49	50	29.49	2.25	22.222	0.023392	153
1000	80	75.52	45	30.52	2.25	20.000	0.020000	142

TABLA DE CLOTOIDES

(2)

Radio Nominal Rn (m)	Radio Real Rc (m)	Parámetro A	Longitud Real de Clotoide Lcl(m)	$\tau$ ° ' "	YC (m)	YC (m)	Xo (m)
150	149.207	89.0765	53.179	10 12 37	53.013	3.152	26.561
175	174.204	100.1672	57.596	9 28 18	57.439	3.108	28.772
200	199.193	111.1496	62.021	8 55 12	61.871	3.213	30.986
225	224.163	122.1746	66.585	8 30 33	66.438	3.291	33.268
250	249.154	133.0480	71.048	8 10 09	70.903	3.372	35.500
275	274.231	139.5837	71.048	7 25 20	70.929	3.064	33.504
300	299.297	145.7577	70.885	6 47 40	70.885	2.803	35.475
350	349.397	157.5780	71.068	5 49 37	70.994	2.407	35.522
400	399.472	168.5770	71.140	5 06 06	71.083	2.110	35.475
450	449.641	167.2664	62.223	3 57 52	62.193	1.435	31.107
500	499.762	163.4222	53.439	3 03 48	53.424	0.952	26.717
550	549.817	164.3952	49.154	3 33 40	49.144	0.732	24.575
600	599.875	159.5867	42.445	2 01 37	42.439	0.501	21.222
650	649.907	157.2770	38.061	1 40 40	38.058	0.371	19.030
700	699.924	158.1827	35.749	1 27 48	35.747	0.304	17.874
750	749.946	152.9890	31.210	1 11 32	31.208	0.216	15.605
800	799.966	152.7916	28.183	1 02 42	29.182	0.177	14.591
850	849.964	151.2936	26.930	0 54 28	25.930	0.142	13.465
900	899.972	148.4954	24.502	0 46 48	24.501	0.111	12.251
950	949.978	145.3466	22.238	0 34 14	22.238	0.087	11.119
1000	999.983	141.9076	20.164	0 34 40	20.164	0.068	10.082



TABLA DE CLOTOIDES

(3)

Radio Nominal Rn (m)	T (m)	F (m)	S (m)	U (m)	H (m)	H o' "
150	53.578	3.202	53.104	17.498	17.800	3 24 09
175	57.967	3.211	57.526	18.986	19.243	3 09 23
200	62.376	3.252	61.955	20.471	20.722	2 58 22
225	66.931	3.328	66.520	21.997	22.241	2 50 09
250	71.387	3.406	70.984	23.488	23.728	2 43 21
275	71.328	3.090	70.995	23.521	23.719	2 28 25
300	71.218	2.823	70.940	23.527	23.693	2 15 52
350	71.240	2.420	71.240	23.591	23.713	1 56 32
400	71.272	2.119	71.114	23.637	23.731	1 42 02
450	62.293	1.438	62.210	20.701	20.751	1 19 17
500	53.475	0.954	53.432	17.791	17.819	1 01 15
550	49.177	0.773	49.150	16.374	16.390	0 51 13
600	42.457	0.501	42.442	14.144	14.152	0 40 32
650	38.069	0.372	38.060	12.683	12.688	0 33 33
700	35.755	0.304	35.748	11.914	11.918	0 29 15
750	31.213	0.216	31.209	10.402	10.404	0 23 51
800	29.185	0.177	29.183	9.725	9.727	0 20 54
850	26.932	0.142	26.930	8.977	8.977	0 18 09
900	24.513	0.111	24.502	8.170	8.170	0 15 36
950	22.239	0.087	22.238	7.414	7.414	0 13 25
1000	20.164	0.068	20.264	6.717	6.717	0 11 33

TABLA DE PERALTES PRACTICOS

(4)

Radio Nominal (Rn) m,	Peralte Teórico (Ht) mm	Peralte Práctico (Ht-30) mm	Peralte Práctico (Hr) mm
150	285.20	253.20	160
175	284.89	254.89	160
200	289.10	259.10	160
225	295.00	265.00	160
250	302.08	272.08	160
275	274.62	244.62	160
300	251.73	221.73	160
325	232.37	202.37	160
350	215.77	185.77	160
375	201.39	171.39	160
400	188.80	158.80	160
425	177.69	147.69	150
450	167.82	137.82	140
475	158.99	128.99	130
500	151.04	121.04	120
525	143.85	113.85	115
550	137.31	107.31	110
575	131.34	101.34	100
600	125.87	95.87	95
625	120.83	90.83	90
650	116.18	86.18	85
675	111.88	81.88	80
700	107.88	77.88	75
725	104.17	74.17	75
750	100.69	70.69	70
775	97.45	67.45	65
800	94.40	64.40	65
825	91.54	61.54	60
850	88.85	58.85	60
875	86.31	56.31	55
900	83.91	53.91	55
925	81.64	51.64	50
950	79.49	49.49	50
975	77.45	47.45	45
1000	75.52	45.52	45
1500	50.35	20.35	20
2000	37.76	7.76	10

DEFLEXIONES DE LOS ESPIRALES

(3)

Ex	No	Logaritmo de R	G° de la Espiral en cada Entorno de Corra Simple	St	A:No-N de la Corra Simple	Coordenada entre TC y CC	Coordenadas de cada Espiral	
							Abscisa X	Ordenada Y
2°00'	573,009	2,7501619	0°30'	5,000	0,022	10,000	10,000	0,019
3°00'	302,101	2,5021701	1°30'	9,999	0,009	20,000	19,990	0,210
4°00'	206,753	2,4575110	3°00'	19,996	0,210	29,990	29,991	0,511
5°00'	229,692	2,3611959	5°00'	19,980	0,936	39,990	39,996	1,300
6°00'	191,036	2,2029301	7°30'	29,972	0,763	49,996	49,907	2,307
7°00'	165,029	2,2129371	10°00'	29,991	1,220	59,923	59,709	3,961
8°00'	143,103	2,1619150	10°00'	39,075	1,027	69,939	69,556	6,003
9°00'	130,060	2,1191937	10°00'	39,703	2,605	79,169	79,169	0,010
10°00'	110,310	2,0730215	22°30'	19,693	5,573	89,120	89,551	12,301

Datos para Curvas de 20 Mts.		
Grado	Radio	Logaritmo
1°00'	1195,930	3,0591501
2°00'	572,907	2,7501190
3°00'	302,016	2,5020815
4°00'	206,537	2,4571007
5°00'	229,256	2,3632007
6°00'	191,073	2,2011933
7°00'	163,009	2,2192915
8°00'	143,356	2,1569139
9°00'	127,955	2,1033569
10°00'	119,707	2,0597035

DEFLEXIONES DE LOS ESPIRALES.

Tramo en	TC 1°00'	CC 2°00'	CC 3°00'	CC 4°00'	CC 5°00'	CC 6°00'	CC 7°00'	CC 8°00'	CC 9°00'	CC 10°00'
TC 1°00'		0°15'	0°31'	1°00'	1°52'	2°45'	3°47'	5°00'	6°22'	7°51'
CC 2°00'	0°15'		0°30'	1°01'	1°51'	2°52'	3°52'	5°01'	6°19'	0°22'
CC 3°00'	0°32'	0°30'		0°45'	1°37'	2°39'	3°42'	5°01'	6°17'	0°30'
CC 4°00'	1°00'	1°02'	0°45'		1°00'	2°00'	3°01'	4°02'	5°02'	0°47'
CC 5°00'	1°30'	2°03'	2°02'	1°00'		1°15'	2°17'	3°18'	4°19'	5°19'
CC 6°00'	1°45'	1°07'	3°00'	2°22'	1°15'		1°30'	3°07'	4°08'	5°09'
CC 7°00'	1°45'	6°42'	6°00'	5°07'	1°05'	2°52'	1°30'	1°45'	3°37'	5°39'
CC 8°00'	9°00'	0°00'	0°12'	7°15'	6°07'	4°50'	3°22'	1°45'	2°00'	1°00'
CC 9°00'	11°37'	10°45'	10°45'	9°42'	8°30'	7°07'	5°33'	3°52'	2°00'	2°15'
CC 10°00'	19°33'	13°33'	12°30'	11°42'	9°45'	8°07'	6°20'	4°22'	2°45'	

## BIBLIOGRAFIA

- Anuario Estadístico del Distrito Federal.  
I.N.E.G.I. 1990  
S.P.F.
- Anuario Estadístico del Estado de México.  
I.N.E.G.I. 1988  
S.P.F.
- Fundamentos de Topografía.  
Milton O. Schmidt, William Horace R.  
C.E.C.S.A. 1988
- Topografía.  
Miguel Montes de Oca.  
Representaciones y Servicios de Ingeniería. S.A. 1983
- Problemas Económicos de México.  
Diego G. López Rosado.  
U.N.A.M. 1988
- Elementos de Fotogrametría.  
Bernard Herrera Herrera.  
Limusa 1987
- Topografía Aplicada a la Construcción.  
B. Austin Barry  
Limusa 1989
- Topografía General.  
Ing. Sabro Higashida Miyabara.
- Vías de Comunicación.  
Ing. Carlos Crespo Villalaz.