

Fig. 2



U. N. A. M.

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENMA

ASPECTOS TOPOGRAFICOS PARA LA PLANEACION  
DEL PROYECTO GEOMETRICO DE LA LINEA  
CINCO DEL METRO DE LA CD. DE MEXICO

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA

P R E S E N T A  
ROGELIO CORONA IGLESIAS

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCION	1
TEMA I.- ASPECTOS REQUERIDOS PARA LLEVAR A CABO UN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA RAPIDO DE TRANSPORTACION COLECTIVA EN LA CIUDAD DE MEXICO.	4
1a.- AREA URBANA DE LA CIUDAD DE MEXICO	4
1b.- POBLACION Y ASPECTOS DEMOGRAFICOS	4
1c.- TRANSPORTE EN LA CIUDAD Y PASAJEROS TRANSPORTADOS.	4
1d.- CAUSAS DEL PROBLEMA DEL TRANSPORTE	6
1e.- OBRAS VIALES EN LA CIUDAD DE MEXICO	9
1f.- ANALISIS DE TRAZOS ALTERNATIVOS	9
1g.- SELECCION DE RUTAS PROBABLES	11
TEMA II.- TRABAJOS TOPOGRAFICOS	15
II1.- RECONOCIMIENTO	15
II2.- TRAZO DE POLIGONALES	16
II3.- UBICACION DE BANCOS DE NIVEL	20
II4.- LEVANTAMIENTOS PLANIMETRICOS Y ALTIMETRICOS.	25
II5.- LEVANTAMIENTO DE INSTALACIONES MUNICIPALES.	28
II6.- USO DE SUELO	32
TEMA III.- TRAZOS	33
III1.- ANTEPROYECTO DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL	33
III2.- PROYECTO HORIZONTAL	34
a.- METODO DE CALCULO DE LA CLOTOIDE	36
b.- TABLAS DE CLOTOIDES	41
c.- COORDENADAS DE LAS CLOTOIDES	46
III3.- TRAZO DE LAS TANGENTES DEL EJE	57
b.- TRAZO DE CURVAS	61
c.- REFERENCIACION	64

III4.- LEVANTAMIENTO DE SECCIONES TRANSVERSALES Y PERFIL DEL EJE DE TRAZO	66
TEMA IV.- ELABORACION DE PLANOS	72
a.- METODO DE RUMBOS	72
b.- METODO DE LAS TANGENTES	72
c.- METODO DE COORDENADAS	72
BIBLIOGRAFIA	74

ASPECTOS TOPOGRAFICOS PARA LA PLANEACION  
DEL PROYECTO GEOMETRICO DE LA LINEA CINCO  
DEL METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO.

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

"NINGUN SISTEMA DE TRANSPORTE ES EN SI MISMO, UNA SOLUCION QUE SATISFAGA TODOS LOS ASPECTOS DE LA NECESIDAD DE DESPLAZARSE".

El problema del transporte en la capital, como todos los derivados de la explosión demográfica urbana, tiene sus raíces en la intensidad del desarrollo nacional.

Los notables éxitos alcanzados en el avance material del país principalmente en virtud del acelerado proceso de industrialización, al mismo tiempo que han incrementado los niveles de vida de la población, han permitido resolver problemas ancestrales, también engendraron, por contra partida, una problemática a la que debe enfrentarse el país. Esta es una paradoja del progreso: Todo adelanto impone nuevos esfuerzos, crea más necesidades. En las grandes ciudades, el problema de servicios municipales sigue paralelo al desarrollo de la industria, el comercio, la banca, etc. A mediados del siglo XIX se puede señalar el inicio de la mecanización de la industria. Con el nacimiento de la máquina de vapor, se inicia la era del ferrocarril, y su aplicación a la solución al problema del transporte urbano no se hace esperar. Londres en 1863, Nueva York en 1868, Chicago en 1892 y Paris en 1900, adoptan el sistema y cran las primeras redes de transportación urbana mediante el uso del ferrocarril.

La era del automovilismo con la producción en masa, la ocupación permanente de una gran población laborante, el auge económico que provoca, y el progreso contemporáneo de otros campos de la industria y la actividad de los Estados Modernos, - crean básicamente la clase media de poder adquisitivo suficiente, lo que hace que la tendencia única en materia de transporte se enfoque al automóvil.

Esta explosión se multiplica increíblemente en los Estados Unidos de Norteamérica y después en los países Europeos, hasta llegar a ser a mediados de siglo una industria vital prácticamente para todos y cada uno de los países de la tierra. Desgraciadamente, los resultados negativos de ésta libertad no se hacen esperar, y el automóvil empieza a generar problemas. Se limita y reglamenta su uso, se frena su libertad de acción. Las calles proyectadas sin prever el automóvil, se congestionan, - surgen los semáforos y los sentidos de tránsito. El ingenio - del hombre se aplica a proporcionar condiciones adecuadas para que el automóvil pueda desarrollar su cada vez mayor y diversificada eficiencia. Se destinan grandes inversiones a satisfacer los imperativos del automóvil, y sugen así grandes supercarreteras e impresionantes viaductos urbanos. Extensos espacios y monumentales edificaciones para estacionamientos inundan las ciudades modernas. Sin embargo todas estas obras se hacen - enseguida insuficientes, la capacidad de adquisición de vehículos por gente crece a mayor velocidad que las soluciones que - requiere la enorme producción automotriz.

Coincidiendo con esta etapa del automóvil, el transporte colectivo entra en crisis y parece obsoleto.

Ninguna ciudad crece en él o fomenta su desarrollo; el número de pasajeros que utiliza ferrocarril decrece notablemente -

al hacerse unánime la preferencia por el automóvil.

Al iniciarse la segunda mitad del siglo, la humanidad empieza a comprender que el automóvil no es la panacea irrefutable - al problema del transporte, que la actividad moderna del hombre lo requiere y lo seguirá usando, pero restringido en algunas áreas, generalmente en las centrales de las grandes urbes, para lo que debe buscarse una nueva solución.

La ciudad de México, no escapa a ninguno de los problemas que en el plano del transporte en general, se presentan en las grandes áreas urbanas.

Destaca de siempre el área del primer cuadro y sus zonas periféricas, que están bajo dominio del automóvil, y sus derivados tales como: Taxis, autobuses, trolebuses, etc.

El peatón tiene escasa o nula protección. Los vehículos destruyen grandes porciones de esas partes de la ciudad, ante la necesidad de darles libre acceso a ella.

Es evidente que la solución fundamental del transporte masivo de pasajeros, no puede ser para el núcleo central de la ciudad y sus zonas congestionadas a base de sistemas de superficie.

La única solución razonable que se presentaba para la problemática del Distrito Federal, era la ampliación del "metro" .

Afortunadamente la inquietud de autoridades, instituciones y técnicos Mexicanos dió origen a una serie de estudios, (construcción, proyecto, diseño, costos, estadísticas, urbanización, etc.) generados en diversas fuentes nacionales y extranjeras.

Estos análisis coincidían todos en la conveniencia para la ciudad de México de ampliar las líneas del "metro", su bajo costo para el usuario, gran velocidad y alta confiabilidad en disponibilidad en tiempo de viaje, lo hacen el medio ideal de transporte en la ciudad.

TEMA I.- ASPECTOS REQUERIDOS PARA LLEVAR A CABO  
UN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA  
RAPIDO DE TRANSPORTACION COLECTIVA EN  
LA CIUDAD DE MEXICO.

1a.- AREA URBANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

DIMENSIONES Y LIMITES.

Se estudiaron en detalle las características de la metrópoli, encontrándose que la ciudad de México es el centro, alrededor - del cual y en un radio de 100 Kms. se concentra cerca de la sexta parte de la población del país, quedando definida ésta por - el Distrito Federal, y por los siguientes municipios del Estado de México: Atizapán, Coacalco, Cuahuitlán, Chimalhuacan, - Ecatepec, Huixquilucan, Naucalpan, Netzahualcoyotl, La Paz, - Planeplantla, y Tuititlán. (Ver Fig. 1ai).

1b.- POBLACION Y ASPECTOS DEMOGRAFICOS.

En 1976, la población total del area Metropolitana era de - 12,731.000 habitantes distribuidos en el D. F. 8,856,000, y en el Estado de México 3,875.000. La tasa anual de crecimiento de la población del país de la década 60 - 70 fué del 3.4% comparada con el 5.4% para el area Metropolitana y del 3.7% para el Distrito Federal.

La evolución registrada en el periodo 70 - 76 en las dos últimas regiones fué de 6.2% y de 4.0% respectivamente, lo que - denota una continua concentración de la población en dicha area, provocada principalmente, por los flujos migratorios procedentes del resto del país.

1c.- TRANSPORTES EN LA CIUDAD Y PASAJEROS  
TRANSPORTADOS.

Actualmente en la ciudad se registran aproximadamente 19 millones de viajes/persona/día, de los cuales 6 millones utilizan medios individuales.



Integrados por taxis y automóviles y 13 se movilizan por medio de transportes colectivos divididos en 10 millones por autobuses, 2 millones 200 mil en metro y 800 mil en transportes electricos.

Si el indice de movilidad dentro del área Metropolitana se estabiliza y se considera una hipótesis media, para el crecimiento de la población, para el año 2000, se tendrá que resolver el problema que representan 57 millones de viaje/persona/día que nos da una idea de la magnitud del mismo.

El transporte colectivo se realiza en nuestra ciudad por medio de Autobuses, Metro, Tranvías, Trolebuses y Taxis Colectivos. Cada uno de ellos tiene ventajas y limitaciones y en consecuencia al tratar de hacer una reestructuración de conjunto, deben tenerse en cuenta sus características particulares, para que operen en la forma mas racional posible, de acuerdo a la demanda de las zonas que conforman la urbe y a las condiciones socio-economicas de sus habitantes. Esta asignación de funciones de los medios de transporte, es de caracter dinámico y deben irse adaptando sustituyendo y complementando conforme la ciudad se transforma y se densifica. (Ver cuadro 1c1, 1c2)

#### 1d.- CASUSAS DEL PROBLEMA DEL TRANSPORTE.

Con base a los estudios mencionados, fué posible establecer las multiples causas del transporte en la ciudad de México, - entre las cuales destacaban:

a).- Demanda excesiva de transportes de pasajeros, derivada principalmente de la falta de zonificación - tanto de la ciudad como de zonas circunvecinas.

b).- Numerosas líneas de transportes colectivos que operan sin la adecuada coordinación.

c).- Falta absoluta de planeación del sistema de transporte.

d).- Carencia de terminales adecuadas para los servicios urbanos y sub-urbanos.

CUADRO 3.1 MEDIO DE TRANSPORTE UTILIZADO POR LA POBLACION, 1976\*

Area Metropolitana de la Ciudad de México

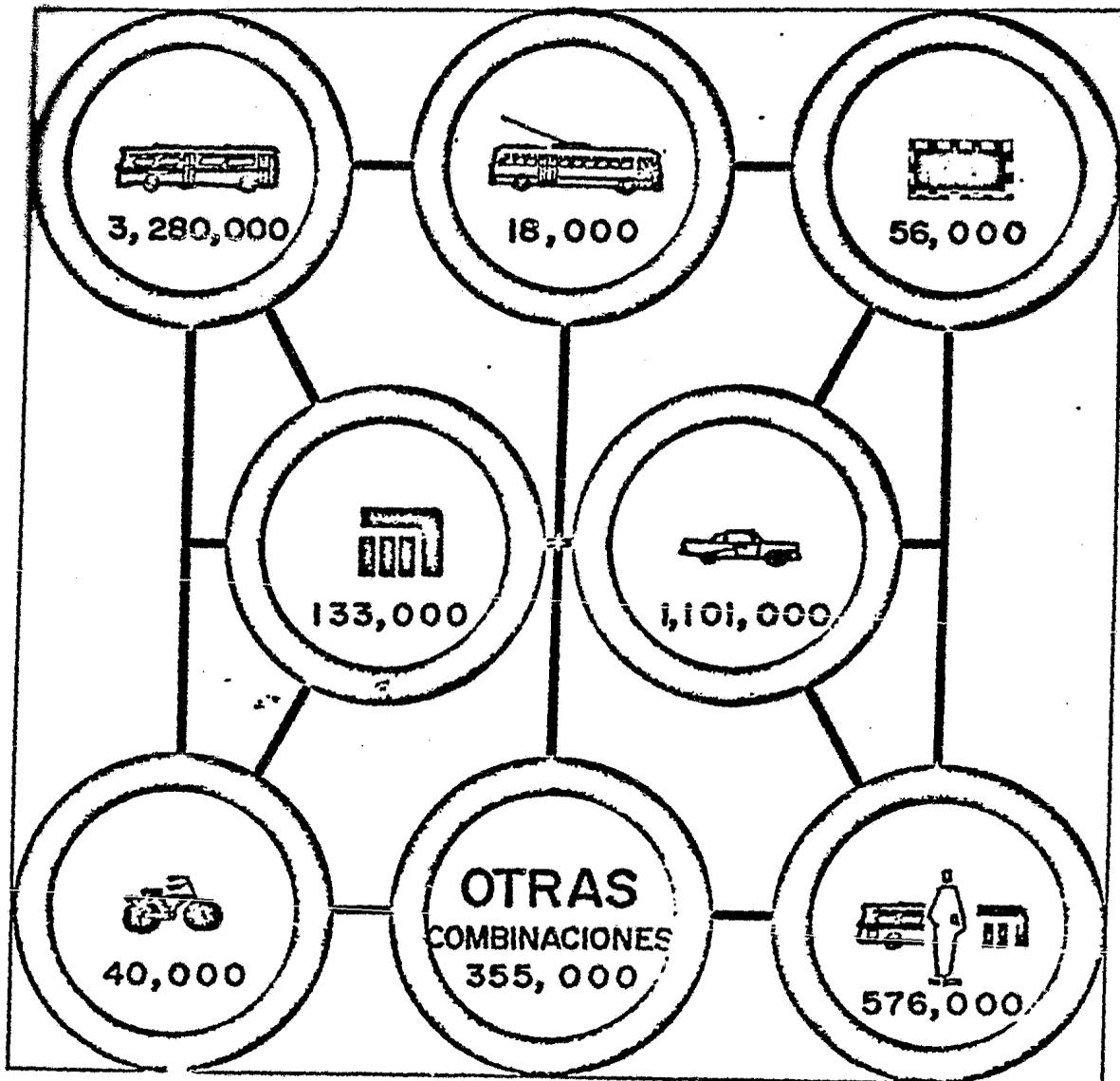
Miles

Municipios y delegaciones donde reside	Total de personas	Medio de transporte utilizado										Otras combinaciones	Insuficientemente especificado
		Autobus	Autobús	Tranvía o Trolleobús	Taxi	Metro	Bicicleta o Motocicleta	Transporte escolar	Ninguno	Otro	Autobús y metro		
Area Metropolitana de la Ciudad de México	10018	1108	3281	18	56	133	41	34	4937	20	575	296	3
Distrito Federal	7265	747	2300	18	52	135	27	23	3271	12	431	246	3
Alvaro Obregón	637	93	324	—	2	4	—	1	277	1	17	17	1
Acapulcá	416	32	252	1	2	2	6	1	278	2	29	10	1
Benito Juárez	578	86	163	2	6	22	2	2	240	0	35	19	0
Coyoacán	382	62	128	—	1	6	0	1	137	1	22	23	—
Cuajimalpa	30	1	5	—	1	—	—	—	21	—	2	—	—
Cuauhtémoc	285	115	250	5	7	39	3	3	453	1	76	32	1
Cuauhtémoc	1581	72	407	2	6	5	4	2	475	2	80	26	—
Iztacalco	403	40	104	—	5	4	2	3	302	2	27	14	—
Iztapalapa	810	41	216	2	2	5	5	1	433	1	45	54	—
Madalena Contreras La	66	2	32	1	—	—	—	—	10	—	—	—	1
Miguel Hidalgo	564	79	140	1	7	21	2	3	253	0	36	17	1
Milpa Alta	17	—	6	—	—	—	—	—	9	—	1	1	—
Tláhuac	66	1	16	—	—	—	—	—	48	—	0	1	—
Tlalpa	242	36	112	1	—	—	—	—	80	1	6	4	—
Venustiano Carranza	646	70	173	2	6	23	3	4	304	1	45	21	0
Xochimilco	122	7	32	—	2	—	—	—	51	—	7	3	—
Municipios del Estado de México	3251	333	981	—	4	—	14	11	1586	8	144	20	—
Atlixpan de Zaragoza	119	19	34	—	1	—	0	—	58	1	1	3	—
Cocacalco	65	16	14	—	1	—	—	1	26	—	7	0	—
Cuautitlan	114	14	47	—	—	—	1	—	51	1	—	0	—
Chimalhuacán	121	3	28	—	—	—	1	—	21	—	8	—	—
Ecatepec	397	21	136	—	—	—	1	1	223	1	6	4	—
Minquillan	21	17	1	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—
Texcoco	733	124	249	—	—	—	3	4	329	1	10	11	—
Metropolitano	252	30	231	—	—	—	5	1	554	2	96	13	—
Tlalaxpala	685	109	203	—	2	—	—	4	332	2	14	19	—
Tultitlán	46	2	16	—	—	—	1	—	27	—	—	—	—

\* Mayo a Julio de 1976

Cuadro Ic 1

# AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO TRANSPORTE UTILIZADO



Mayo 1976

Cuadro Ic 2

NOTA: LAS CIFRAS SE REFIEREN AL NUMERO DE PERSONAS MAYORES DE 6 AÑOS QUE UTILIZAN ESTE MEDIO DE TRANSPORTE SIN CONSIDERAR LA FRECUENCIA DE USO

e).- Equipos anticuados excesivamente usados, deficientes, faltos de confort y de lenta operación.

f).- Falta de trazo adecuado de gran número de arterias importantes carentes de continuidad que obligan a recorridos exagerados.

g).- Un sistema de metro cuya extensión actual no está acorde con las dimensiones de la urbe.

#### 1e.- OBRAS VIALES EN LA CIUDAD DE MEXICO.

##### (Reestructuración de la Vialidad)

Es conocido el hecho, que la única vía que cruza íntegramente la ciudad es la avenida de los Insurgentes, prácticamente - todo el resto de las avenidas, calzadas, paseos y calles importantes tienen un recorrido parcial y se ven interrumpidas por construcciones ó trazos opuestos.

Lo anterior contribuye íntegramente para que las líneas - de transporte de superficie, estén mal distribuidas en la ciudad y no proporcionen un buen servicio a los usuarios ya que existe una tendencia general de dichas líneas a concentrarse en las pocas arterias que cuentan con mayor longitud.

Atendiendo a los antecedentes del problema del transporte en la ciudad de México, y concientes de que llegar a una solución de carácter integral implica enfrentarse a numerosos aspectos, muchos de ellos imponderables, se han estudiado las posibilidades que representan las principales arterias de la ciudad para implementar la solución a éste, ubicándolas por las zonas de - mas alta densidad demográfica, siguiendo los alineamientos de diversas vías susceptibles de habilitarse como continuas, para ser utilizadas por un transporte colectivo mas eficiente.

#### 1f.- ANALISIS DE TRAZOS ALTERNATIVOS

La experiencia internacional manifiesta que un problema de - carácter evidentemente dinámico como es el del transporte, no tiene soluciones inmediatas y que el desarrollo de una red de

transportación colectiva se va logrando paulatinamente, regidos por los resultados y experiencia que se obtienen del proyecto, la construcción y operación de cada línea.

Lo anterior implica que aun los trazos ideales teóricamente planteados, están sujetos a modificaciones por condiciones de servicio a determinadas zonas, por tipo de subsuelo, por interferencias con instalaciones municipales subterráneas, con monumentos históricos ó antiguas construcciones, etc. Naturalmente dichas modificaciones no son radicales en relación al trazo inicial, si este se ha logrado mediante estudios debidamente fundamentados.

Los principios fundamentales para la concepción de una red de metro son los siguientes:

- a).- Tender a cubrir las zonas de mayor densidad demográfica.
- b).- Permitir a los usuarios un ahorro de tiempo por medio de rutas e interconexiones múltiples.
- c).- Intercomunicar los principales centros de actividad.
- d).- Identificación con las corrientes establecidas de tránsito masivo de pasajeros
- e).- Permitir la reestructuración progresiva de los transportes de superficie en coordinación con el metro.
- f).- Ayudar a descongestionar las arterias de la ciudad, induciendo a utilizar al usuario del automóvil a utilizar el sistema de transporte colectivo.
- g).- Las líneas no deben exeder de una distancia de 18 Km. para tener una optima operación.

- h).- El trazo de las líneas no deben perjudicar ó anular la vialidad existente.
  - i).- En donde la sección de la avenida permita la integración de la solución vial con el metro se deberá implementar.
  - j).- El trazo de las líneas debe dar servicio en los lugares donde la demanda sea mayor de 10,000 pasajeros/hora.
  - k).- Evitar la entrada de autobuses foraneos y sub-urbanos - al centro de la ciudad.
  - l).- Posibilidades físicas para la construcción de las estructuras.
  - m).- Alcanzar una velocidad comercial alta, mediante un trazo con mínimo de curvas y estaciones, compatibles estas últimas con la población servida y con la localización en los sitios de mayor movimiento.
- Apegándose a las premisas de tránsito, se determinaron - varios trazos obedeciendo cada uno de ellos a requerimientos específicos.

Densidad de Población  
Zonas mas congestionadas  
Centros Comerciales  
Nucleos Fabriles  
Tendencias del movimiento diario de pasajeros.  
Ingresos por Familia  
Etc.

Acumulando la información hasta aquí obtenida, se llegó a la selección de las probables líneas.

#### 1g.- SELECCION DE RUTAS PROBABLES

Se estudiaron varias proposiciones de trazo, sin pretender que fuesen estas las definitivas, sino con la finalidad de -

analizar en varias alternativas todos los aspectos previsibles y conocer en lo posible las dificultades que ofrecería la ejecución de un proyecto definitivo y la construcción de la obra.

Acumulando la información hasta aquí obtenida, se llegó a la determinación de la envolvente general del flujo de vehículos y pasajeros en la ciudad de México.

En dicha envolvente, se hizo destacar la zona conflictiva del 1er. cuadro, la posición del centroide de población, (obtenida de los registros del IMSS e ISSSTE) y los canales de circulación, entre los que destacan:

Al Norte: Calzada de Guadalupe, Misterios, Ferrocarril Hidalgo, Inguarán, Vallejo, Insurgentes.

Al Oriente: Canal del Norte, Zaragoza, Viaducto - Piedad.

Al Sur: Calzada de la Viga, Tlalpan, Patriotismo, Insurgentes, Vertiz, Niño Perdido.

Al Sur Poniente Revolución, Constituyentes, Observatorio.

Al Poniente: Ejercito Nacional - Río San Joaquín - Legaria - San Cosme.

Al Norponiente: Marina Nacional, Calzada México Tacuba, Parque Vía y Camarones.

Siendo indudable que dentro de éstas franjas deberían de situarse los trazos definitivos, se procedió a seleccionar en ellas las calles mas adecuadas cuyo ancho permitiera la construcción del cajón y las estaciones y afinar detalles relacionados con mínimas afectaciones a predios y construcciones, así como a servicios municipales y al tránsito de superficie, atendiéndose además a los aspectos estéticos, arqueológicos, humanos, socioeconómicos, etc.

En la selección de las rutas mas probables que conectan la parte Oriente de la ciudad de México con la parte Norte, se -

eligieron dos.

Una de ellas en siguiente: Inicia en Av. Hangares continúa con Boulevard Aeropuerto, Av. Río Consulado y Av. de los 100 Mts entroncando con las líneas 4 en Av. Inguarán, 3 Norte en Av. Insurgentes y línea 6 en Poniente 134.

La ventaja de esta línea es la comunicación de las zonas - cuya densidad demográfica es alta con algunos de los núcleos fabriles mas importantes del área Metropolitana como son: La Villa, Aragón, Vallejo, Atzacapotzalco además de que paralelo al metro y por el ancho de calle que tienen las avenidas: Aeropuerto, Consulado y 100 Mts. es posible utilizar estas como arterias importantes para el tránsito de Vehículos. Es - por eso, que en forma paralela al proyecto y obra del metro de la línea 5, se trabaja en el proyecto y la obra de vialidad conocida como Circuito Interior.

Otra de las rutas a seguir pero que debido al ancho de las avenidas por las que circulaba iba a ser necesario afectar - propiedades privadas, además de realizar un sinúmero de desvíos de colectores, cuya solución hubiesen sido de alto costo y efímera utilidad, además de que la ruta se cargaba mas hacia la parte centro del área Metropolitana fueron algunas de las causas mas importantes por las cuales se seleccionó - la ruta anteriormente descrita.

Esta Ruta era la siguiente: Inicia en Av. Hangares - Norte  
17 - Sidar y Rovirosa - Asia -  
Canal del Norte - Manuel González -  
Eulalia Guzmán - Camarones y 22 de Febrero.

Cabe resaltar que en la decisión final de los trazos definitivos y contando con que eran numerosos los intereses a - conciliar fué necesaria y determinante la participación de - todos los organismos públicos, oficiales y privados que ope-

ran los servicios municipales.

Con la colaboración de ellos es posible determinar el trazo óptimo.

T E M A    I I

T R A B A J O S   T O P O G R A F I C O S

Es necesario tener en cuenta, la importancia que para el desarrollo Nacional tiene una obra como esta, que es la planeación, proyecto y construcción del metropolitano de la ciudad de México, es por ello que los trabajos Topográficos a desarrollarse, deberán de ser rápidos pero sin detrimento en la calidad.

Es importante conocer a que áreas se tendrá que alimentar de información, para así poder hacer una correcta selección del método de levantamiento ó trazo mas conveniente; al caso, estas áreas son:

Mecánica de Suelos  
Estructuras  
Instalaciones  
Arquitectura  
Topografía

Los trabajos Topográficos a desarrollar, independientemente del área a que sean destinados son:

- 1.- Reconocimiento
- 2.- Trazo de Poligonales de Apoyo
- 3.- Ubicación de Bancos de Nivel
- 4.- Levantamientos Planimétricos y Altimétricos
- 5.- Usos del Suelo

II).- Reconocimiento

Tiene por objeto el de conocer en una forma gruesa la zona de influencia del metro con el objeto de poder hacer una planeación de las características en los -

trazos y levantamientos por efectuarse. Este reconocimiento se hará de dos maneras:

Primero:

En plantas Fotogramétricas, de una escala conveniente, que permita observar detalles importantes tales como anchos y - rumbos de vialidad elevación de terrenos, líneas de conducción, instalaciones municipales, construcciones, etc.

Segundo:

Físicamente para la correcta selección del apoyo Topográfico necesario para cada una de las observaciones anteriores.

II2).- Trazo de Poligonales

Serán de 1er. orden Topográfico, aquellas que tengan - por objeto la formación de la cuadrícula necesaria para la elaboración de la cartografía, por donde se proyectará la ruta del Metro.

Las características de estas poligonales son las siguientes:

- a).- Se deberá de utilizar un teodolito de aproximación 1'' ó 6'' haciendo 3 REITERACIONES como mínimo cambiando los orígenes.
- b).- Este deberá estar perfectamente ajustado.
- c).- Las visuales se harán a señales plomeadas.
- d).- Los lados de la poligonal se medirán linealmente dos veces como mínimo utilizando cintas de acero comparadas ó bien longímetros electrónicos.

Las tolerancias para este orden son las siguientes:

- a).- Discrepancia máxima entre el promedio y una dirección  $\pm 10$
- b).- Cierre angular  $\pm 15''$  n
- c).- Precisión Lineal 1:10.000

El registro de observaciones se llevará con tinta ó lápiz duro en la libreta respectiva, calculándose en campo y después de cada observación los valores angulares y el prome-

dio. (Ver Ejemplo).

El método de levantamiento será el de ángulos interiores, las medidas lineales se harán de ida y vuelta y con doble punto, teniendo cuidado en determinar previamente la pendiente del terreno, para así eliminar un posible error debido a la inclinación de la cinta, ó al desnivel existente entre el aparato emisor y el receptor, si es que la determinación se realiza utilizando un distanciómetro que no tenga integrado el sistema de reducción al horizonte.

En este tipo de poligonales el valor lineal tiene mucho peso por lo que se deberá de poner especial atención en el estado de las cintas, siendo necesario comparar las cintas antes de salir a trabajar, como aquellas que ya tengan días trabajando esto será con el fin de evitar errores debido a cintas deformadas por el uso ó por mala fabricación.

La manera de comparar las cintas será la siguiente:

Será necesario el tener una cinta invar que sirva como patrón.

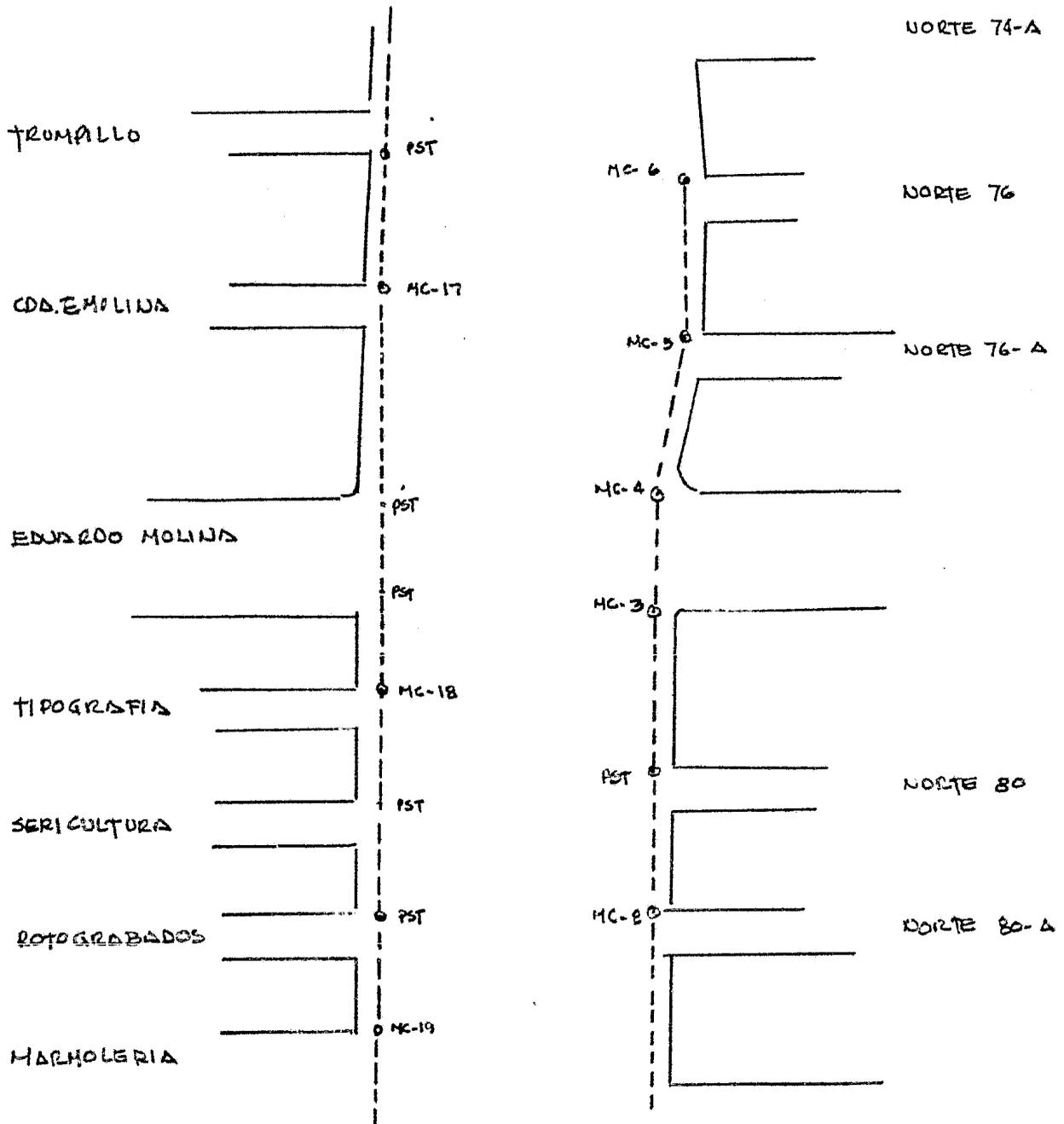
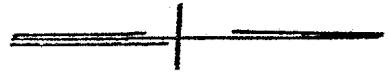
Todas las cintas que se adquieran y a la tensión que marque el fabricante generalmente 10 Kgs. se compararán con la invar, y existiendo entre ellas una tolerancia:  $\pm 1:20,000$ .

Si la cinta por comparar no reúne con este requisito se deberá deshechar; periódicamente se deberá hacer el mismo examen a las cintas que se encuentren en uso.

TITULO: TRAZO Y LEVANTAMIENTO DE POLIGONAL SOBRE AVE. RIO CONSULADO DE NORTE 84 A NORTE 69  
 FECHA: 2/OCT/79  
 BRIGADA: 11

EST.	P. V.	DIRECCION		DIST.
MC - 1	MC - 20	00° 05' 02"		
	MC - 2	91° 32' 35"	91° 27' 33"	
	MC - 2	271° 32' 50"		
	MC - 20	180° 05' 08"	91° 27' 42"	
	MC - 20	09° 02' 34"		Dist.Mc-1-Mc-2
	MC - 2	100° 30' 06"	91° 27' 32"	140.192
	MC - 2	280° 30' 11"		140.179
	MC - 20	189° 02' 37"	91° 27' 34"	140.181
	MC - 20	15° 25' 32"		
	MC - 2	107° 13' 08"	91° 27' 36"	PROM. ANGULAR
	MC - 2	287° 13' 09"		91° 27' 35" 83
	MC - 20	195° 45' 31"	91° 27' 38"	
MC - 2	MC - 1	00° 00' 24"	180° 07' 38"	
	MC - 3	180° 08' 02"		
	MC - 3	00° 08' 08"		
	MC - 1	180° 00' 29"	180° 07' 39"	
	MC - 1	05° 05' 44"		Dist.Mc-2-Mc-3
	MC - 3	185° 13' 19"	180° 07' 35"	131.832
	MC - 3	05° 13' 25"		131.834
	MC - 1	185° 05' 44"	180° 07' 41"	PROM. ANGULAR
	MC - 1	12° 47' 16"		
	MC - 3	192° 55' 01"	180° 07' 45"	180° 07' 39".67
	MC - 3	12° 55' 01"		
	MC - 1	172° 47' 21"	180° 07' 40"	
MC - 3	MC - 2	00° 00' 08"	184° 22' 04"	
	MC - 4	184° 22' 12"		
	MC - 4	04° 22' 27"		
	MC - 2	180° 00' 25"	184° 22' 02"	
	MC - 2	05° 04' 42"		Dist.Mc-3-Mc-4

# CROQUIS DE LOCALIZACION



### II3).- UBICACION DE BANCOS DE NIVEL

LA BASE FUNDAMENTAL para el control altimétrico del proyecto y construcción de las líneas del metro de la ciudad de México será la red de precisión de la Comisión de Aguas del Valle de México, y su origen el Banco de nivel Atzacocalco, localizado en Av. Fc. Hidalgo y CaBo Finisterre, con elevación de - 2245.008 m:s.n.m.

Tomando como base de nivel "Atzacocalco" se correrán nivelaciones semipresisas, sobre todas las líneas de metro, ubicando otros bancos de nivel que servirán para contar con la información altimétrica para proyecto y construcción.

Debido a estas características y especificaciones tan rígidas de este proyecto y a los problemas de los asentamientos diferenciales del Valle de México, será necesario seleccionar los lugares, que según el plano de curvas de igual hundimiento sean los mas propicios, con el objeto de que los movimientos verticales que sufran sean lo mas uniformes (Ver - Plano II3.1).

La información, que se genere a partir de los BN de trabajo será:

- a).- Niveles para proyecto (perfiles, secciones transversales).
- b).- Niveles para Construcción.
- c).- Información relativa al control de movimientos verticales relativos (sin tomar en cuenta el hundimiento general del Valle), con el fin de conocer el comportamiento mecánico del suelo.
- d).- Nivelaciones Periódicas y actualización de las cotas de los bancos de todas las líneas.

Que porcentualmente las líneas del metro se localizan de la siguiente manera:

LINEA	LONGITUD TOTAL METROS	EN ZONA DE LAGO METROS	%	EN ZONA DE TRANSICION METRO	%
3 Norte	5433	1589	29	3844	71
3 Sur	5324	3744	70	1580	30
4	10720	10720	100	0	0
5	10506	7457	79	3049	21
6	7780	7780	100	0	0
<hr/> Total	<hr/> 43763	<hr/> 35290	<hr/> Prom.81%	<hr/> 8473	<hr/> Prom.19%

Por lo tanto, se puede decir que el 19% de la obra metro se localiza en la zona de transición y el 81% en zona de lago, en donde los hundimientos son mas notables, por la misma razón y redundando el hundimiento es variable a lo largo de las líneas del metro.

De la información que se tiene de la línea 5 se sabe que la zona que constituye el lago de Texcoco, es la de mayor hundimiento - absoluto, (0.16 Mts. en un período de 7 meses) y la zona de menor hundimiento absoluto, es la que comprende el cerro del Peñon (0.02 Mts. en el mismo período).

- a).- Observando lo anterior se llega a la conclusión de que el control que se haga de los bancos de nivel de trabajo se debe de realizar en forma periódica (una vez por mes) y a partir de un banco de nivel profundo.
- b).- De acuerdo a las nivelaciones diferenciales que se tengan de los bancos de nivel profundos, se asignará una elevación - a los bancos de nivel de trabajo cuyo valor no cambiara mientras el movimiento relativo de los bancos mas cercanos tengan una variación máxima de 2 cm.
- c).- La zona de influencia de cada banco será en un radio no mayor de 500 Mts.

d).- Se controlarán los movimientos verticales absolutos de los bancos de nivel de trabajo a partir de los BN profundos, estas nivelaciones tendrán por objeto la vigilancia del movimiento relativo entre bancos de trabajo contiguos.

El procedimiento de nivelación será el de doble altura de aparato, la diferencia máxima tolerable entre lecturas, será de 0.001 Mts.

La tolerancia será  $0.008 \sqrt{K}$  se utilizará un equialtímetro de precisión (del tipo NI 2) debidamente ajustado, las reglas deberán de ir implementadas con niveletas y con sapos, la distancia entre PLs deberá de ser uniforme, no se considera necesario la corrección por presión y temperatura.

Se anexa un ejemplo de esta nivelación.

NIVELACION DE LOS BANCOS DE NIVEL DE TRABAJO DE LA  
LINEA N° 5 A PARTIR DEL BANCO DE NIVEL PROFUNDO DE  
LA GLORIETA PEBALVILLO.

PV	+	✕	-	cotas	dessnivel
BNP. GP.	1.166				
PL 1			1.628		- 0.462
BNP. GP.	1.217				
PL 1			1.679		- 0.462
PL 1	1.557				
PL 2			1.432		0.125
PL 1	1. 594				
PL 2			1.469		0.125
PL 2	1.335				
PL 3			1.756		- 0.421
PL 2	1.262				
PL 3			1.683		- 0.421
PL 3	1.594				
PL 4			0.971		0.623
PL 3	1.636				
PL 4			1.013		0.623
PL 4	1.647				
PL 5			1.791		- 0.144
PL 4	1.670				
PL 5			1.817		-0.147
PL 4	1.679				
PL 5			1.826		- 0.147
PL 5	1.214				
PL 6			1.499		- 0.285
PL 5	1.257				
PL 6			1.542		- 0.285
PL 6	1.780				
PL 7			1.534		0.246
PL 6	1.847				
PL 7			1.600		0.247

PV	+	-	-	cotas	desnivel
PL 7	1.003				
PL 8			1.544		- 0.541
PL 7	1.058				
PL 8			1.599		- 0.541
PL 8	1.610				
PL99			1.329		0.281
PL 8	1.535				
PL 9			1.254		0.281
PL 9	1.398				
BN 509			1.371		0.027
PL 9	1.275				
BN 509			1.249		0.026
 BN 509 : Banco de Nivel de Trabajo de la Linea 5 localizado en Ave. Inguaran casi esqui- na con Ave. Rio Consulado					
BN 509	1.448				
PL 10			1.504		- 0.056
BN 509	1.373				
PL 10			1.428		- 0.055

II 4).- Levantamientos Planimétricos y Altimétricos.

a).- Planimétrico (Levantamiento de detalles importantes).  
Se consideran importantes todos aquellos que resultan necesarios para la elaboración del plano que cubre la zona de influencia del eje de metro, estos detalles son.

Parametros Virtuales y Reales  
Guarniciones  
Banquetes  
Cercas, etc.

El procedimiento de levantamiento se hará por método de radiaciones y será el siguiente:

Se hará estación y se visará otro punto de la poligonal principal, una vez hecho esto se procederá a realizar el levantamiento de los puntos que nos definan la geometría de la calle, las lecturas angulares se harán hasta el minuto, y se leerán las distancias al centímetro.

Los registros de campo se identificarán por líneas y por tramo y se llevarán las observaciones con lápiz duro, teniendo cuidado de elaborar un croquis detallado de la zona que se está levantando.

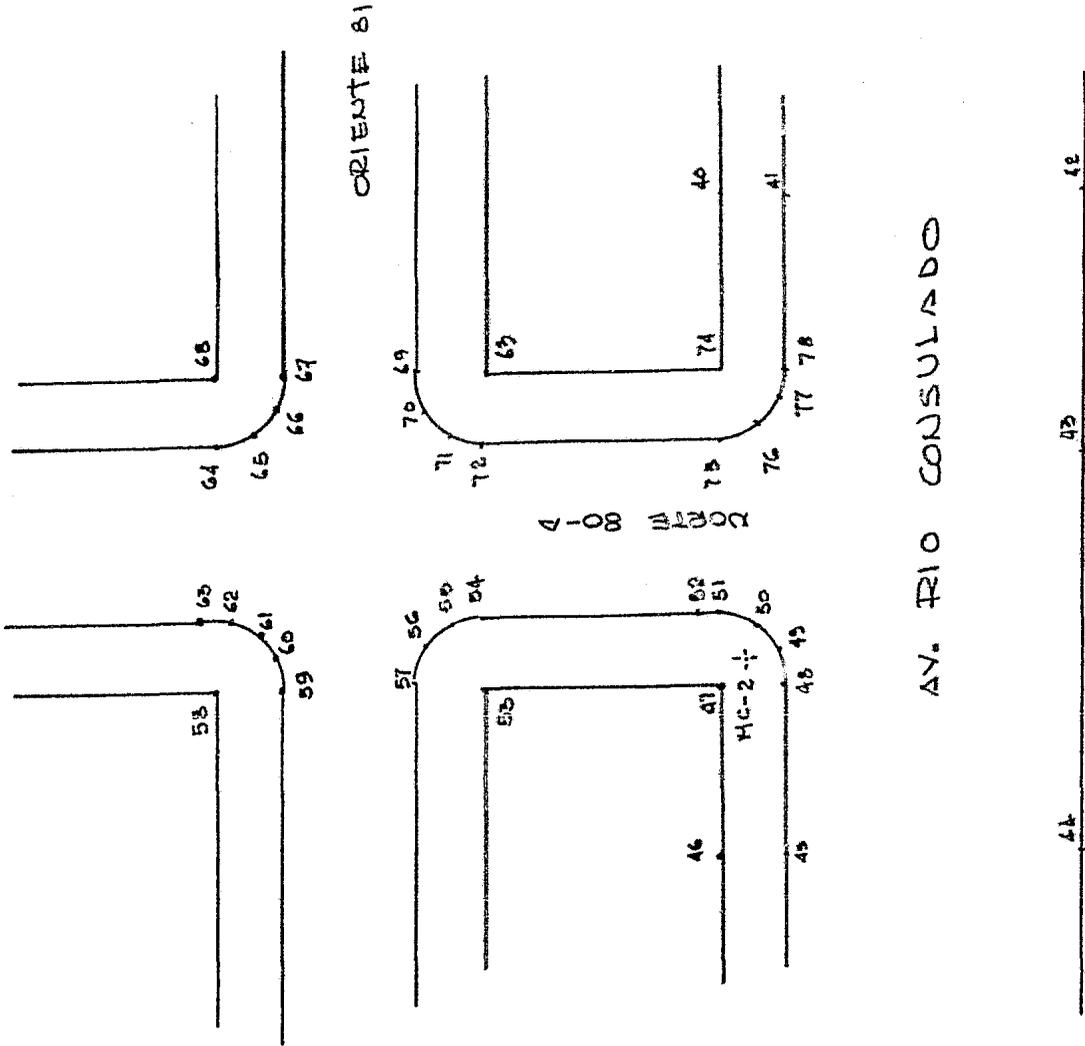
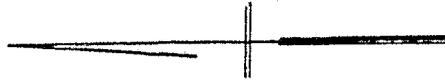
A continuación se presenta el formato que deberán de tener los registros de los levantamientos planimétricos.

Título: LEVANTAMIENTO DE DETALLES  
 Sobre: AVE. RIO CONSULADO  
 Entre: NORTE 80A-NORTE 78

Fecha: 3-October-79  
 Brigada: No. 1

E S T	P. V.	$\chi$ 0°	D I S T.
MC-2	Pst Nte. 82		
	40	354° 38'	24.89 Parametro
	41	02° 37'	24.70 Guarnición
	42	25° 22'	27.25 "
	43	59° 14'	13.53 "
	44	142° 02'	18.82 "
	45	175° 58'	14.61 "
	46	186° 59'	14.71 Parametro
	47	244° 48'	1.99 Guarnición
	48	150° 50'	2.20 "
	49	118° 54'	1.21 "
	50	33° 25'	1.09 "
	51	337° 37'	2.08 "
	52	312° 42'	3.23 "
	53	266° 35'	20.21 Parametro
	54	275° 05'	19.56 Guarnición
	55	273° 27'	20.88 "
	56	270° 24'	21.84 "
	57	266° 49'	22.18 "
	58	267° 25'	32.20 Parametro
	59	266° 52'	30.21 Guarnición
	60	269° 10'	30.42 "
	61	270° 53'	30.92 "
	62	272° 07'	31.68 "
	63	272° 34'	33.33 "
	64	288° 01'	33.68 "
	65	290° 11'	32.82 "
	66	292° 15'	32.59 "
	67	294° 24'	32.93 "
	68	292° 55'	34.72 Parametro
	69	301° 59'	25.93 Guarnición
	70	299° 44'	24.91 "
	71	298° 36'	23.55 "
	72	299° 23'	22.00 "
	73	304° 32'	24.28 Parametro
	74	350° 47'	14.67 Parametro

CROQUIS DE LOCALIZACION



## II 5).- LEVANTAMIENTO DE INSTALACIONES MUNICIPALES

Reviste especial importancia este levantamiento ya que de su localización depende en gran medida la ubicación del eje de trazo del metro.

Para realizar estos levantamientos se trabajará en forma conjunta con dependencias tales como: El Departamento del Distrito Federal (indicará redes de drenaje y agua potable), Compañía de Luz y Fuerza del Centro (líneas de conducción aéreas, subterráneas y otros) Telefonos de México, Petroleos Mexicanos (Gasoductos y Oleoductos), Ferrocarriles Nacionales.

A lo largo de la línea 5 del metro corren colectores de diámetros muy variables de 0.60 hasta 3.15 Mts. de diámetro, incluyendo el interceptor central, se necesita saber su localización planimétrica y altimétrica.

Con esta información se analizarán los libramientos que por motivo de la obra sean necesario hacer y en que forma. Esto mismo acontece con la red de agua potable.

Como se mencionó anteriormente, será necesario establecer una comunicación directa con otras dependencias, por ejemplo en el tramo comprendido entre las Avenidas Oceanía y Tlacos existe una red de 230 Kva, que por motivos de proyecto de metro y vialidad será necesario desviar, para esto la Cía. de Luz y Fuerza del Centro deberá de conocer los alcances de la obra metro así como los del Circuito Interior para así poder proyectar su trazo para esta línea de conducción.

Por lo que respecta al levantamiento de las redes de drenaje y agua potable se deberá de solicitar al Departamento del Distrito Federal los planos que tenga en su haber.

Como en México no se lleva inventario de obras, será necesario levantar las instalaciones hidráulicas existentes - para así tener la certeza de la localización planimétrica y altimétrica.

El procedimiento de levantamiento planimétrico es el siguiente:

Como ya existen vértices de poligonal debidamente señalados, para realizar el levantamiento, se apoyarán en éstos, pero ahora utilizando el método taquimétrico se levantarán las instalaciones.

Se utilizará cualquier aparato tránsito ó teodolito, los estadaleros colocarán sus estadales sobre el centro de las respectivas estaciones y por medio del nivel esférico que lleva cada regla, establecerán la vertical de estos.

El observador medirá la altura del instrumento, que anotará en su registro abajo del número de la estación y dirigirá la visual al punto de atrás y pondrá en ceros el aparato inmediatamente hará señales al estadalero para que en los puntos que sea necesario levantar se sitúe en ellos, el operador deberá de poner el hilo inferior en una división cerrada del estadal, (de preferencia metro completo) y leerá el intervalo del estadal comprendido entre los hilos extremos de la estancia, el cual multiplicado por 100 será el dato que se anote en el registro, inmediatamente después se hará que el hilo central quede en una graduación en el estadal igual a la altura del instrumento, leyendo a continuación el círculo vertical y el horizontal identificando debidamente en la columna de notas del registro, a que tipo de instalación se hace referencia.

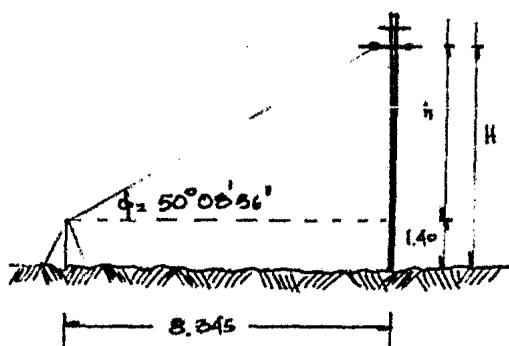
Por lo que respecta al levantamiento altimétrico, se nivelarán a partir de los Bancos de nivel pre-establecidos, las tapas de los registros, así como las tuberías tanto de drenaje como las de agua potable, líneas de conducción, etc.

Estas nivelaciones serán directas e indirectas, según sea el caso si son directas se utilizará el procedimiento de doble altura de aparato y partiendo de un banco y cerrando a el mismo ó a otro la tolerancia será 0.01 Mts. K. Se utilizará nivel fijo NA 2, NK2, NI 2, etc. Si son indirectas - se utilizará el procedimiento adecuado al caso especial que se trate. (Únicamente se permitirá este procedimiento cuando no sea posible determinar la elevación en forma directa) por ejemplo: Cuando se desee saber la altura de los cables de - alta tensión.

Ejemplos:

1).- Encontrar la altura de los cables de alta Tensión.

Nota: Se utilizó un teodolito Wild T - 2.



Elevación de la estación = 2239.878

Procedimiento

$$H = h + \pi \quad (1)$$

Pero  $h = D \tan \phi \quad (2)$

sustituyendo

$$H = D \tan \phi + \pi \quad (3)$$

DATOS

$$\phi = 50^{\circ} 08' 36''$$

$$D = 8345 \text{ mt}$$

$$\pi = 1400 \text{ mt}$$

sustituyendo valores en (3)

$$H = 8345 \tan 50^{\circ} 08' 36'' + 1400$$

$$H = 11.40 \text{ mt}$$

Elevación del cable = 2251.28 m s n. m

O B J E T I V O

II 6).- USO DE SUELO

OBJETIVO

El suelo constituye, junto con la población, el recurso fundamental de cualquier ciudad, es por ello que hay que realizar una serie de actividades conducentes a su clasificación, a su registro.

Para coordinar este trabajo será necesario recurrir y trabajar en forma conjunta con el Departamento del Distrito Federal, propiamente con la dirección de Catastro y Contribuciones a la propiedad raíz donde la información se concentra en un banco de datos gráficos y digitales.

Una vez obtenida esta información primaria se recurrirá al chequeo en forma directa de esta información para su actualización.

Esto nos servirá para valuar las posibles modificaciones que por causa de las afectaciones a propiedades sea necesario realizar, ya sea por la obra metro ó por la vialidad.

Así como también, será posible seleccionar los predios que sean factibles de ser expropiados y consideradas como zonas de restricción, para su ulterior utilización en estaciones, Acceso de estaciones, Puestos de rectificación, Estacionamientos, etc.

### TEMA III TRAZOS

i.- ANTEPROYECTO HORIZONTAL

ii.- PROYECTO HORIZONTAL

- 1 a).- Trazo de las tangentes del Eje
- b).- Trazo de Curvas
- c).- Referenciación
- 2 a).- Levantamiento de Secciones transversales y Perfil del Eje de trazo.

IIIi.- El anteproyecto del alineamiento horizontal se realiza - sobre plantas fotogramétricas Escala 1:500, que cubren toda la zona del trazo, con las siguientes restricciones:

- a).- La unión entre dos tangentes que se intersectan se hará por medio de una curva circular con enlace de clotoides, el radio mínimo será de 150 Mts.
- b).- En toda curva horizontal de radio menor de 2500 Mts. existirá una sobre elevación.
- c).- Entre dos curvas horizontales consecutivas deberá de existir una tangente mínima de 12.00 Mts.
- d).- Deberá de proyectarse el menor número de curvas posible.
- e).- Las estaciones tendrán una longitud mínima de 150.00 Mts. entre cabeceras de andén, y estarán localizadas en zona - tangente y sin pendiente longitudinal ni transversal.
- f).- En las curvas horizontales la longitud de curva circular mínima permisible es de 12.00 Mts.
- g).- En toda curva horizontal de radio  $\leq 900$  Mts. habrá una ampliación de galibo horizontal.

Teniendo en cuenta las restricciones anteriormente mencionadas se procede a localizar las estaciones y a proyectarse el eje de trazo, fijando las tangentes gráficamente

a mitad de sección de calle encontrando su intersección así - como su deflexión, con éstos datos se calcula la curva de - transición apropiada.

Este planteamiento preliminar, se lleva a campo para ser trazado por una brigada de Topografía, la cual se encarga de localizar los puntos de control ( $PO_S$ ), definir las tangentes encontrando su punto de intersección, medir la deflexión, así como las distancias entre  $PI_S$  y  $PO_S$ .

Una vez realizado esto, se deberá de ligar el eje de trazo a la poligonal de apoyo con el fin de revisar lineal y angularmente el eje de trazo además de tener el levantamiento planimétrico - poligonal de apoyo - eje de trazo, en un mismo sistema coordenado que nos permitirá efectuar en gabinete los ajustes que fuesen necesarios realizar para que el eje de trazo (tramos tangentes y curvas) cumpla con las condiciones pre-establecidas.

#### IIIiii.- PROYECTO HORIZONTAL

##### INTRODUCCION

Anteriormente el trazo de vías se componía por tramos rectos y de arcos de círculo, el peralte se daba en el riel exterior por medio de un plano inclinado de pendiente uniforme, distribuido en partes iguales en el tramo recto y en el arco; (vease Fig. III t2a).

Tal procedimiento evidentemente resulta incorrecto ya que, por una parte, el peralte en el tramo recto -  $\overline{OA}$  produce un empuje transversal negativo, y por otra al llegar al punto "A" el empuje cambia de signo y al llegar a la parte de curva  $\overline{AB}$  el peralte no llega a -

compensar la fuerza centrífuga, de lo cual resulta un empuje transversal positivo.

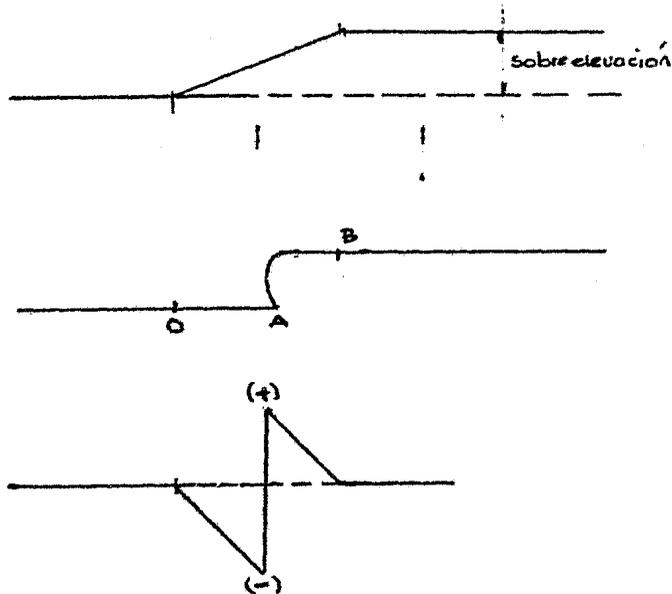


Figura III t2.a

Debido a ésto se tiene que, un convoy que aborda la curva, primero es rechazado progresivamente hacia el riel interior en la parte OA, al llegar al punto A, es impelido súbitamente hacia el riel exterior del cual se aparta progresivamente para volver a su posición normal al llegar al punto B. Movimientos semejantes ocurren a las salidas de las curvas produciendo una falta de confort en el pasajero y efectos perjudiciales al equipo de rodamiento y a la vía.

Para evitar todos estos inconvenientes, el alineamiento de curvas horizontales se proyectan introduciendo entre el tramo recto y el arco, una curva de enlace, con una longitud - tal que permita absorber la sobre-elevación con una pendiente no mayor del 4%. La curva que permite esta factibilidad es la clotoide.

a).- METODO DE CALCULO DE LA CLOTOIDE

Empíricamente se ha determinado que para dar mayor confort a los pasajeros, el peralte máximo permisible es - de 160 mm, de manera que la pendiente para llegar a dar esa sobre-elevación no rebase a los 4mm/m quedando esta consideración definida por la expresión:

$$S_m \leq \frac{180}{V} \text{ en don-}$$

de V es la velocidad máxima permitida, por lo que en caso extremo se tendría:

$$S_m = \frac{180}{45} = 4\text{mm}$$

Establecida la condición para el calculo de la pendiente máxima, se calcula velocidad máxima (V) en función del - radio nominal (Rn) por medio de la expresión:

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

El valor obtenido por medio de la fórmula deberá de ser aproximado a su valor inmediato inferior ejemplo:

$$\text{Para } R_n = 150 \text{ Mt.}$$

$$V = 5.13 \sqrt{150}$$

$$V = 62.829$$

$$V = 60 \text{ Km/h}$$

Por razones de orden práctico y de acuerdo a estudios - realizados en Francia se consideró 60 Km/h la velocidad máxima para curvas de radio menores a 250 Mts. Y para - curvas de radios  $\geq 250$  80 Km/h.

Una vez que se tiene conocida la velocidad; se calcula el peralte teórico (Ht) por medio de la expresión:

$$H_t = \frac{11.8 V^2 \text{ valor}}{R_n}$$

al cual se le restan 30 mm para encontrar el valor del peralte práctico calculado (Hrc) y este se redondea a su valor inmediato superior para conocer el valor del peralte práctico (Hr) que se va a aplicar. Cuando el valor del peralte calculado (Hrc) es mayor de 160 mm. Se considerará un peralte práctico (Hr) de 160 mm que es el valor máximo del peralte que se puede considerar (por especificación) ejemplo:

Para  $R_n = 150 \text{ m}$      $V = 60 \text{ Km/h}$

$$H_t = \frac{11.8}{150} (60)^2 = 283.20$$

$H_{rc} = 283.20 - 30 = 253.20 \text{ mm}$ . Valor que excede a los 160 mm.  
Por lo que se considerará el  $H_r = 160 \text{ mm}$ .

Para  $R_n = 500 \text{ m}$      $V = 80 \text{ Km/h}$

$$H_t = \frac{11.8}{500} (80)^2 = 151.04$$

$H_{rc} = 151.04 - 30 = 121.04 \text{ mm}$ .  
Por lo que el  $H_r = 120 \text{ mm}$ .

Para velocidades máximas y peraltes prácticos consultar tabla anexa.

Establecida la velocidad máxima se calcula la pendiente máxima de enlace  $S_m = \frac{180}{V}$ , conocido este valor, se calcula la

longitud teórica de la clotoide requerida (Ltc) utilizando la fórmula  $L_{tc} = \frac{H_r}{S_m}$  establecido el valor de Ltc se calcula el

valor de una constante denominada ( $\xi$ ) epsilon que servirá para entrar a las tablas de las clotoides unitarias (Tablas de clotoides de Pierre Klaus). Para calcular el valor de epsilon ( $\xi$ ) se emplea la longitud teórica de la clotoide y el radio nominal, de donde  $\xi = \frac{L_{tc}}{R_n}$  y establecido este valor se busca -

en las tablas, tomando en cuenta que de no encontrarse este valor exactamente se tomará el inmediato superior, localizado el valor en las tablas, queda definido el renglón de donde se tomarán los valores de la clotoide unitaria que multiplicadas (las variables) por el parámetro "A" nos dará los valores reales de la clotoide buscada.

Nota: Se ha hablado de radio nominal, ya que como se verá más adelante una vez definida la clotoide se definirá otro valor denominado radio real ( $R_c$ ) que será el empleado para la curva circular que enlace con la clotoide encontrada.

LINEA No \_\_\_\_\_ TRAMO \_\_\_\_\_

CALCULO DE LA CURVA EN EL P1 2+428 184 PARA UN RADIO NOMINAL DE 375 Y UN  $\Delta$  DE 30°28'45"

DATOS PARA EL CALCULO DE LA CLOTOIDE

VELOCIDAD = V = 80 Km/h  
 PERALTE PRACTICO = Hr = 160

CALCULO DE LA CLOTOIDE

180/V = Sm = 180/80 = 2.25  
 Hr/Sm = Ltc = 160/2.25 = 71.1111  
 Ltc/Rn =  $\xi$  = 71.1111/375 = 0.1896296  
 $\lambda$  = 0.001505  
 r = 2.293578  
 l = 0.436  
 $\lambda \cdot Rn$  = E = (0.001505) (375) = 0.564  
 Rn - E = Rc = 375 - 0.564 = 374.436  
 Rc/r = A = 374.436/2.293578 = 163.254  
 (. A = Lcl = (0.436) (163.254) = 71.179  
 $\tau$  = 05° 26' 45"  
 x.A = Xc = (0.435606) (163.254) = 71.1144  
 y.A = Yc = (0.013805) (163.254) = 2.25372  
 xm.A = Xm = (0.217935) (163.254) = 35.5787  
 s.A = S = (0.435826) (163.254) = 71.1503  
 $\omega$  = 01° 48' 54"  
 Yc/Tan  $\tau$  = U = 2.25372/0.095335 = 23.640  
 Yc/Sen  $\tau$  = H = 2.25372/0.094905 = 23.747

CALCULO DE LA CURVA CIRCULAR REAL

$\Delta - 2$  = Ac = 30.47777 - 10.891666 = 19.5861 = 19° 35' 10"  
 $\Delta c$  rad.Rc = Lc = (19.5861) (374.436) (3.14159)/180 = 127.998  
 tan $\Delta c$ /2.Rc. = ST = tg(19.5861/2) (374.436) = 64.6296  
 2Rc. sen $\Delta c$ /2 = c = 2(374.436)Sen(19.5861)/2 = 127.37568  
 STcn + Xm = Tc = (375) tg(30° 28' 40" /2) + 35.5787 = 137.737

COMPROBACION DE LOS CALCULOS

2(sen((180° -  $\Delta$ )/2).Tc) = 2(Sen(74.7611))(137.7373) = 265.7885  
 Cos((180° - (90° + ((180° -  $\Delta$ )/2))) -  $\omega$ ).2S + C = Cos(( $\Delta$ /2) -  $\omega$ ).2S + C = Cos(13.42386  
 9X2X 71.1503) + 127.37568 =  
 = 265.788

CALCULO DE CADENAMIENTOS

P1-Tc = Tc = 2428.184 - 137.7373 = 2290.447  
 Tc = Lcl = CC = 2290.4467 + 71.179 = 2361.626

$$CC + Lc = CC = 2361.626 + 127.998 = \underline{2489.624}$$

$$CC + Lc1 = CT = 2489.624 + 71.179 = \underline{2560.803}$$

NOMENCLATURA EMPLEADA

V = VELOCIDAD MAXIMA AUTORIZADA

Sm = PENDIENTE MAXIMA DE ENLACE

Ltc = LONGITUD TEORICA DE CLOTOIDE

Rn = RADIO NOMINAL

Rc = RADIO REAL

Lc1 = LONGITUD REAL DE CLOTOIDE

C = CUERDA DE LA CURVA CIRCULAR REAL

STcn = ST DE LA CURVA CIRCULAR NOMINAL

TABLAS DE CLOTOIDES

-4-

VELOCIDAD NOMINAL	V (Km/h)	PERALTE TECNICO	PERALTE PRACTICO	PENDIENTE MAXIMA	LONG. T.C.C. EN C.C. (M)	F	Rc(m) RADIO REAL	A PARAMETRO	Lc(m) LONG. REAL DE CICLODE MINIMA	T	Xe(m)	Ye(m)	Xm(m)	Um(m)	N(m)
175	60	242.74	160	3.00	53.333	03047619	174.319	90.3083	53.306	08°45'30"	54.184	2.712	26.633	17.601	17.809
200	60	212.40	160	3.00	53.333	0266566	199.405	103.0924	53.299	07°39'26"	53.204	2.371	26.634	17.638	17.797
225	60	188.80	160	3.00	53.333	0237037	224.473	109.3183	53.238	06°47'40"	53.163	2.102	26.607	17.645	17.770
250	60	163.92	140	3.00	46.667	0186666	249.634	109.0915	46.804	05°22'10"	46.763	1.452	23.395	15.546	15.616
275	60	124.47	125	3.00	41.667	0151515	274.735	107.1466	41.787	04°21'26"	41.763	1.066	20.810	13.096	13.937
300	60	141.66	110	3.00	36.667	0122222	299.813	104.9343	36.727	03°30'34"	36.713	0.739	18.361	12.224	12.247
325	60	130.71	100	3.00	33.333	0102641	324.856	104.2789	33.474	02°57'37"	33.466	0.575	16.735	11.147	10.161
350	60	121.37	90	3.00	30.000	0085714	349.893	102.5185	30.038	02°27'34"	30.032	0.470	16.018	10.006	10.015
375	60	113.26	85	3.00	28.333	0073556	374.911	103.1004	28.353	02°09'59"	28.349	0.357	14.176	9.447	9.453
400	60	106.20	75	3.00	25.000	0062500	399.935	99.9837	24.996	01°47'26"	24.994	0.260	12.498	8.329	8.333
425	60	99.25	70	3.00	23.333	0054901	424.946	99.8623	23.468	01°34'55"	23.466	0.216	11.734	7.871	7.874
450	60	94.43	65	3.00	21.667	0048148	449.956	99.9904	21.778	01°23'12"	21.777	0.176	10.809	7.233	7.235
475	60	89.43	60	3.00	20.000	0042105	474.964	97.8427	20.156	01°12'56"	20.156	0.173	10.078	6.719	6.720
500	60	84.96	55	3.00	18.333	0036667	499.972	95.9945	18.431	01°03'22"	18.430	0.173	9.215	6.145	6.146
525	60	80.91	50	3.00	16.667	0031746	524.977	93.9710	16.821	00°55'04"	16.820	0.070	8.410	5.608	5.609
550	60	77.24	45	3.00	15.000	0027273	549.982	91.2971	15.155	00°47'22"	15.155	0.070	7.678	5.049	5.049
575	60	73.88	45	3.00	15.000	0022987	574.983	91.1473	15.090	00°45'06"	15.090	0.066	7.345	5.034	5.034
600	60	70.80	40	3.00	13.333	0022222	599.987	89.9081	13.500	00°38'40"	13.500	0.051	6.750	4.497	4.497
625	60	67.97	40	3.00	13.333	0021333	624.988	91.8743	13.505	00°37'09"	13.505	0.049	6.753	4.497	4.498
650	60	65.35	35	3.00	11.667	0017949	649.992	87.0989	11.671	00°30'52"	11.671	0.035	5.836	3.890	3.890
675	60	62.93	30	3.00	10.000	0014815	674.994	83.3403	10.047	00°25'35"	10.047	0.025	5.023	3.353	3.353
700	60	60.69	30	3.00	10.000	0014857	699.994	83.9932	10.080	00°24'45"	10.080	0.024	5.040	3.340	3.360
725	60	58.59	30	3.00	10.000	0013793	724.994	85.5493	10.095	00°23'56"	10.095	0.023	5.047	3.367	3.367
750	60	56.64	25	3.00	8.333	0011111	749.996	79.4996	8.427	00°19'19"	8.427	0.016	4.214	2.816	2.816
775	60	54.81	25	3.00	8.333	0010753	774.996	80.5996	8.382	00°18'35"	8.382	0.015	4.191	2.803	2.803
800	60	53.10	25	3.00	8.333	0010417	799.996	82.3996	8.487	00°18'14"	8.487	0.015	4.244	2.827	2.827
825	60	51.49	20	3.00	6.667	0008081	824.998	74.2498	6.682	00°13'55"	6.682	0.009	3.341	2.219	2.219
850	60	49.98	20	3.00	6.667	0007843	849.998	75.6498	6.733	00°13'37"	6.733	0.009	3.366	2.235	2.235
875	60	48.55	20	3.00	6.667	0007619	874.998	76.9798	6.776	00°13'19"	6.776	0.009	3.388	2.266	2.266
900	60	47.20	15	3.00	5.000	0005556	899.999	67.4999	5.062	00°09'40"	5.062	0.005	2.531	1.680	1.680
925	60	45.92	15	3.00	5.000	0005409	924.999	68.4499	5.065	00°09'25"	5.065	0.005	2.543	1.674	1.674
950	60	44.66	15	3.00	5.000	0005263	949.999	69.3499	5.063	00°09'10"	5.063	0.005	2.531	1.691	1.691
975	60	43.57	15	3.00	5.000	0005119	974.999	70.1999	5.064	00°08'55"	5.064	0.004	2.527	1.678	1.679
1000	60	42.48	10	3.00	3.333	0003333	999.999	54.6660	3.364	00°07'47"	3.364	0.002	1.692	1.103	1.103
1025	60	41.32	60	3.00	0.000	0000000	1024.999	0.0000	0.000	00°00'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1050	60	40.14	00	3.00	0.000	0000000	1049.999	0.0000	0.000	00°00'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

NO	Y (m)	X (m)	Z (m)	U (m)	V (m)	W (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	U (m)	V (m)	W (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	U (m)	V (m)	W (m)	
175																			
205																			
245	70	258 22	180	2 571	62 222	0 270543	224 263	117 0728	62 054	7° 53' 34"	61 935	2 858	21 007	20 524	20 772				
256	70	271 28	160	2 571	62 222	0 268889	240 355	124 4279	62 090	7° 08' 00"	61 993	2 574	21 079	20 567	20 757				
275	70	210 25	160	2 571	62 222	0 235203	274 412	150 6207	62 178	6° 29' 27"	62 005	2 548	21 074	20 618	20 751				
310	70	177 31	150	2 571	62 222	0 207407	238 410	126 6537	62 268	5° 57' 25"	62 201	2 156	21 124	20 675	20 733				
325	70	177 31	150	2 571	62 222	0 179467	324 263	157 6145	60 349	5° 09' 01"	62 301	1 747	21 166	20 306	19 165				
350	70	165 20	135	2 571	62 200	0 150500	382 670	175 6716	52 641	4° 16' 40"	62 611	1 320	20 515	17 500	17 500				
375	70	164 19	125	2 571	40 511	0 129630	374 735	135 2797	48 836	3° 44' 00"	48 815	1 060	24 415	16 252	16 246				
410	70	144 55	115	2 571	44 727	0 111025	390 700	153 3290	44 800	3° 12' 51"	44 852	0 850	22 431	14 236	14 201				
425	70	136 05	105	2 571	10 831	0 090070	424 836	131 6992	40 827	2° 45' 11"	40 817	0 654	20 412	13 595	13 611				
450	70	128 49	100	2 571	38 882	0 069420	444 860	132 2518	38 884	2° 20' 34"	38 877	0 560	19 441	12 953	12 965				
475	70	121 73	90	2 571	35 070	0 073624	464 892	129 1705	34 134	2° 07' 10"	34 130	0 445	17 565	11 707	11 715				
500	70	115 64	85	2 571	33 056	0 066112	492 907	128 5761	33 276	1° 54' 25"	33 272	0 303	16 937	11 087	11 215				
525	70	110 13	80	2 571	31 111	0 059259	524 922	128 0810	31 252	1° 42' 20"	31 249	0 310	15 625	10 414	10 410				
550	70	105 13	75	2 571	29 167	0 053070	560 938	127 0349	29 345	1° 31' 43"	29 343	0 261	14 672	9 778	9 781				
575	70	100 36	70	2 571	27 222	0 047343	574 948	125 3382	27 324	1° 21' 41"	27 322	0 216	13 662	9 108	9 111				
600	70	96 37	65	2 571	25 278	0 042130	590 955	123 5907	25 460	1° 12' 56"	25 450	0 180	12 730	8 427	8 430				
625	70	92 51	60	2 571	23 333	0 037433	624 963	121 2429	23 521	1° 04' 41"	23 520	0 147	11 710	7 807	7 810				
650	70	88 95	55	2 571	21 388	0 033227	658 968	118 4953	21 464	0° 56' 03"	21 463	0 121	10 712	7 020	7 021				
675	70	85 88	50	2 571	21 380	0 031687	674 971	116 8198	21 627	0° 55' 04"	21 626	0 116	10 813	7 210	7 211				
700	70	82 60	45	2 571	19 444	0 027778	690 978	116 8063	19 527	0° 47' 56"	19 521	0 091	9 761	6 503	6 504				
725	70	79 75	40	2 571	19 444	0 026070	704 978	116 8074	19 499	0° 46' 14"	19 493	0 087	8 749	6 078	6 078				
750	70	77 09	35	2 571	17 500	0 023323	724 983	114 7474	17 556	0° 40' 14"	17 556	0 069	8 778	5 253	5 254				
775	70	71 61	30	2 571	17 500	0 022481	744 983	117 0224	17 670	0° 38' 12"	17 670	0 067	6 515	5 391	5 391				
800	70	72 27	25	2 571	15 556	0 019744	758 987	111 9082	15 060	0° 33' 41"	15 060	0 051	7 847	5 274	5 274				
825	70	70 08	20	2 571	15 556	0 018825	824 988	113 8483	15 711	0° 32' 44"	15 711	0 050	7 656	5 237	5 237				
850	70	68 92	15	2 571	15 556	0 018301	849 988	115 8084	15 721	0° 31' 40"	15 721	0 048	7 891	5 236	5 235				
875	70	66 98	10	2 571	13 611	0 015105	874 991	109 3739	13 872	0° 26' 51"	13 872	0 036	6 836	4 585	4 585				
900	70	64 24	5	2 571	13 611	0 015125	892 992	110 6930	13 616	0° 26' 00"	13 616	0 034	6 805	4 537	4 537				
925	70	62 31	0	2 571	11 667	0 012613	924 994	104 5243	11 811	0° 21' 57"	11 811	0 025	5 908	4 429	4 429				
950	70	60 88	0	2 571	11 667	0 012755	949 994	104 4974	11 599	0° 21' 11"	11 599	0 024	5 803	3 867	3 867				
975	70	59 30	0	2 571	11 667	0 011956	974 994	107 2494	11 797	0° 20' 40"	11 797	0 024	5 827	3 935	3 935				
1000	70	57 82	0	2 571	11 667	0 011627	992 994	108 9353	11 881	0° 20' 25"	11 881	0 024	5 941	3 904	3 904				
1200	70	38 55	10	2 571	3 889	0 007032	970 000	76 5000	3 902	0° 04' 20"	3 902	0 004	1 951	1 293	1 293				
2000	70	25 31	0	2 571	0 000	0 000000	990 000	0 0000	0 0	0° 03' 00"	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000				



COORDENADAS DE LAS CLOTOIDES

COORDENADAS DE CLOTOIDE

RADIO NOMINAL 150.00

	X	Y	L	X	Y
0.059	0.059	0.000034	5.255	5.255	0.003
0.118	0.117999	0.000274	10.511	10.511	0.124
0.177	0.176996	0.000924	15.766	15.766	0.082
0.236	0.235982	0.002191	21.022	21.120	0.195
0.295	0.294944	0.004278	26.277	26.272	0.381
0.354	0.353861	0.007392	31.533	31.521	0.658
0.413	0.412700	0.011735	36.788	36.762	1.045
0.472	0.471415	0.017510	42.044	41.992	1.559
0.531	0.529946	0.024918	47.299	47.206	2.219
0.590	0.588215	0.034156	52.555	52.396	3.042
0.597	0.595107	0.035382	53.178	53.010	3.152

RADIO NOMINAL 175.00

0.057	0.057	0.000031	5.709	5.709	0.003
0.114	0.114	0.000247	11.419	11.419	0.024
0.171	0.170996	0.000833	17.128	17.128	0.083
0.228	0.227985	0.001975	22.838	22.837	0.198
0.285	0.284953	0.003358	28.548	28.543	0.386
0.342	0.341883	0.00665	34.257	34.245	0.666
0.399	0.398747	0.010582	39.968	39.941	1.060
0.456	0.455507	0.015791	45.676	45.627	1.582
0.513	0.512112	0.022473	51.386	51.297	2.251
0.570	0.568498	0.030807	57.095	56.945	3.086
0.575	0.573431	0.031623	51.596	57.433	3.167

RADIO NOMINAL 200.00

0.055	0.055	0.000028	6.113	6.117	0.003
0.110	0.110	0.000222	12.226	12.226	0.025
0.165	0.164997	0.000749	18.340	18.339	0.083
0.220	0.219987	0.001775	24.253	24.451	0.197
0.275	0.274961	0.003466	30.566	30.562	0.385
0.330	0.329902	0.005988	36.679	36.668	0.665
0.385	0.384789	0.009597	42.792	42.769	1.057
0.440	0.439588	0.014188	48.906	48.866	1.577
0.495	0.494258	0.020193	55.019	54.936	2.244
0.550	0.548743	0.027684	61.132	60.995	3.077
0.555	0.556649	0.028907	62.021	61.871	3.213

COORDENADAS DE GLOTOIDE

RADIO NOMINAL 225.00

	x	y	L	X	Y
0.054	0.054	0.000026	6.597	6.597	0.003
0.108	0.108	0.000210	13.195	13.195	0.026
0.162	0.161997	0.000709	19.792	19.792	0.027
0.216	0.215988	0.001679	26.390	26.388	0.205
0.270	0.269964	0.003280	32.987	32.983	0.401
0.324	0.323911	0.005668	39.585	39.574	0.692
0.378	0.377807	0.008998	46.182	46.158	1.099
0.432	0.431624	0.013429	52.779	52.734	1.641
0.486	0.485323	0.019113	59.377	59.294	2.335
0.540	0.538853	0.026204	65.974	65.854	3.201
0.545	0.543799	0.026937	66.585	66.438	3.291

RADIO NOMINAL 250.00

0.053	0.053	0.000025	7.051	7.051	0.003
0.106	0.106	0.000199	14.103	14.103	0.026
0.159	0.158998	0.000670	21.154	21.154	0.089
0.212	0.211989	0.001588	28.206	28.204	0.212
0.265	0.264967	0.003101	35.257	35.253	0.412
0.318	0.317919	0.005359	42.309	42.298	0.713
0.371	0.370824	0.008508	49.360	49.337	1.132
0.424	0.423658	0.012697	56.412	56.367	1.689
0.477	0.476383	0.018072	63.464	63.382	2.404
0.530	0.528955	0.024773	70.516	70.376	3.297
0.534	0.532915	0.025342	71.047	70.903	3.371

RADIO NOMINAL 275.00

0.05	0.05	0.000021	6.979	6.979	0.0029
0.10	0.10	0.000167	13.958	13.958	0.023
0.15	0.149998	0.000562	20.938	20.937	0.078
0.20	0.199992	0.001333	27.917	27.916	0.186
0.25	0.249976	0.002604	34.896	34.893	0.363
0.30	0.299939	0.004499	41.875	41.867	0.628
0.35	0.349869	0.007144	48.854	48.836	0.997
0.40	0.399744	0.010662	55.833	55.799	1.488
0.45	0.449539	0.015176	62.813	62.740	2.118
0.50	0.499219	0.020910	69.792	69.683	2.795
0.509	0.502147	0.021952	71.040	70.920	3.064

COORDENADAS DE CLOTOILE

RADIO NOMINAL 300.00

	x	y	L	X	Y
0.0481	0.048000	0.000018	6.996	6.9963	0.002623
0.096	0.09600	0.000147	13.992	13.9927	0.021426
0.144	0.143998	0.000498	20.989	20.9888	0.072587
0.192	0.191994	0.001180	27.985	27.9846	0.171994
0.240	0.239980	0.002304	34.981	34.9789	0.335825
0.283	0.287951	0.003981	41.978	41.9710	0.580261
0.336	0.335893	0.006321	48.974	48.9589	0.921334
0.384	0.383791	0.009434	55.971	55.9404	1.375078
0.432	0.431624	0.013429	62.967	62.9125	1.957330
0.480	0.479363	0.018415	69.963	69.8708	2.684127
0.487	0.486316	0.019231	70.984	70.8842	2.803066

RADIO NOMINAL 325.00

0.046	0.046	0.000016	6.983	6.983	0.002
0.092	0.092	0.000130	13.965	13.965	0.019
0.138	0.137999	0.000438	20.948	20.948	0.066
0.184	0.183995	0.001038	27.930	27.930	0.157
0.230	0.229984	0.002028	34.913	34.911	0.308
0.276	0.275960	0.003504	41.896	41.890	0.532
0.322	0.321913	0.005563	48.878	48.865	0.844
0.368	0.367831	0.008303	55.861	55.835	1.260
0.414	0.413696	0.011820	62.843	62.797	1.794
0.46	0.459485	0.016210	69.826	69.796	2.461
0.468	0.467439	0.017069	71.040	70.955	2.591

RADIO NOMINAL 350.00

0.045	0.045	0.000015	7.091	7.091	0.002
0.090	0.090	0.000121	14.182	14.182	0.019
0.135	0.134999	0.000410	21.273	21.273	0.065
0.180	0.179995	0.000972	28.364	28.363	0.153
0.225	0.224986	0.001898	35.455	35.453	0.299
0.270	0.269966	0.003280	42.546	42.540	0.517
0.315	0.314923	0.005200	49.637	49.625	0.821
0.360	0.359849	0.007774	56.728	56.706	1.209
0.405	0.404747	0.011063	63.819	63.777	1.704
0.450	0.449627	0.015176	70.910	70.857	2.301
0.481	0.481500	0.015277	71.009	71.000	2.507

COORDINATES OF CLOTCIDE

RADIO NOMINAL 375.00

	X	Y	L	X	Y
0.043	0.043	0.000013	7.020	7.020	0.002
0.086	0.086	0.000106	14.040	14.040	0.017
0.129	0.128999	0.000358	21.060	21.060	0.058
0.172	0.171996	0.000848	28.080	28.079	0.133
0.215	0.214989	0.001656	35.100	35.098	0.270
0.258	0.257971	0.002862	42.120	42.115	0.467
0.301	0.300958	0.004545	49.139	49.129	0.742
0.344	0.343880	0.006783	56.159	56.140	1.107
0.387	0.386783	0.009656	63.179	63.144	1.576
0.430	0.429633	0.013243	70.199	70.139	2.162
0.436	0.435606	0.015805	71.179	71.114	2.254

RADIO NOMINAL 400.00

0.042	0.042	0.000012	7.080	7.080	0.002
0.084	0.084	0.000099	14.160	14.160	0.017
0.126	0.125999	0.000333	21.241	21.240	0.056
0.168	0.167997	0.000790	28.321	28.320	0.133
0.210	0.209990	0.001544	35.401	35.399	0.260
0.252	0.251975	0.002667	42.481	42.477	0.449
0.294	0.293945	0.004235	49.561	49.552	0.714
0.336	0.335893	0.006321	56.641	56.623	1.065
0.378	0.377807	0.008998	63.721	63.689	1.517
0.420	0.419673	0.012341	70.801	70.747	2.080
0.428	0.421666	0.012518	71.139	71.083	2.110

RADIO NOMINAL 425.00

0.039	0.039	0.000010	6.573	6.573	0.002
0.078	0.078	0.000079	13.147	13.147	0.018
0.117	0.116999	0.000267	19.720	19.720	0.045
0.156	0.155998	0.000633	26.294	26.293	0.107
0.195	0.194993	0.001236	32.867	32.866	0.208
0.234	0.233983	0.002135	39.441	39.438	0.357
0.273	0.272962	0.003891	46.014	46.008	0.571
0.312	0.311926	0.005061	52.580	52.575	0.853
0.351	0.350867	0.007206	59.161	59.139	0.214
0.390	0.389774	0.009897	65.731	65.696	1.666
0.397	0.396754	0.010424	66.914	66.873	1.757

COORDENADAS DE CLOTILDE

RADIO NOMINAL 450.00

	x	y	L	X	Y
0.037	0.037	0.000008	6.189	6.189	0.0001
0.074	0.074	0.000067	12.378	12.378	0.011
0.111	0.111	0.000228	18.566	18.566	0.038
0.148	0.147998	0.000540	24.755	24.755	0.090
0.185	0.184995	0.001055	30.944	30.943	0.176
0.222	0.221987	0.001823	37.133	37.131	0.305
0.259	0.258971	0.002895	43.322	43.317	0.484
0.296	0.295943	0.004322	49.511	49.501	0.723
0.333	0.332898	0.006153	55.700	55.683	1.029
0.370	0.369827	0.008439	61.888	61.860	1.411
0.372	0.371822	0.008577	62.223	62.193	1.434

RADIO NOMINAL 475.00

0.034	0.034	0.000007	5.633	5.633	0.001
0.068	0.068	0.000052	11.266	11.266	0.009
0.102	0.102	0.000177	16.899	16.899	0.029
0.136	0.135999	0.000419	22.531	22.531	0.069
0.170	0.169996	0.000819	28.164	28.164	0.136
0.204	0.203991	0.001415	33.797	33.796	0.234
0.238	0.237981	0.002247	39.430	39.427	0.372
0.272	0.271963	0.003354	45.063	45.057	0.556
0.306	0.305933	0.004775	50.696	50.685	0.791
0.340	0.339886	0.006549	56.329	56.310	1.085
0.349	0.348871	0.007083	57.819	57.798	1.173

RADIO NOMINAL 500.00

0.032	0.032	0.000005	5.229	5.229	0.0008
0.064	0.064	0.000044	10.459	10.459	0.007
0.096	0.096	0.000147	15.688	15.688	0.024
0.128	0.127999	0.000349	20.918	20.918	0.057
0.160	0.159997	0.000683	26.147	26.147	0.112
0.192	0.191994	0.001180	31.377	31.376	0.193
0.224	0.223986	0.001873	36.606	36.604	0.306
0.256	0.255973	0.002796	41.836	41.832	0.457
0.288	0.287951	0.003981	47.065	47.057	0.659
0.320	0.319916	0.005460	52.295	52.281	0.892
0.327	0.326907	0.005886	53.459	53.424	0.952

COORDENADAS DE CLOTOIDE

RADIO NOMINAL 525.00

	x	y	L	X	Y
0.031	0.031	0.000005	5.092	5.092	0.0008
0.062	0.062	0.000040	10.184	10.184	0.006
0.093	0.093	0.000134	15.276	15.276	0.022
0.124	0.123999	0.000318	20.368	20.368	0.052
0.155	0.154998	0.000621	25.460	25.460	0.102
0.186	0.185994	0.001072	30.552	30.551	0.176
0.217	0.216988	0.001703	35.644	35.642	0.279
0.248	0.247977	0.002542	40.736	40.732	0.417
0.279	0.278958	0.003619	45.828	45.821	0.594
0.310	0.309928	0.004964	50.920	50.908	0.815
0.313	0.312925	0.005110	51.413	51.400	0.839

RADIO NOMINAL 550.00

0.029	0.029000	0.000004	4.767	4.767	0.0006
0.058	0.058	0.000032	9.535	9.535	0.005
0.087	0.087	0.000110	14.302	14.302	0.018
0.116	0.115999	0.000260	19.070	19.070	0.043
0.145	0.144998	0.000508	23.837	23.837	0.083
0.174	0.173996	0.000878	28.605	28.604	0.144
0.203	0.202991	0.001394	33.372	33.370	0.229
0.232	0.231983	0.002031	38.140	38.137	0.342
0.261	0.260970	0.002863	42.907	42.902	0.487
0.290	0.289943	0.004064	47.675	47.666	0.668
0.299	0.298940	0.004455	49.154	49.144	0.732

RADIO NOMINAL 575.00

0.027	0.027	0.000003	4.530	4.530	0.000
0.054	0.054	0.000026	8.661	8.661	0.004
0.081	0.081	0.000089	12.991	12.991	0.014
0.108	0.108	0.000210	17.322	17.322	0.033
0.135	0.134999	0.000410	21.652	21.652	0.066
0.162	0.161987	0.000709	25.982	25.982	0.114
0.189	0.188994	0.001125	30.313	30.312	0.180
0.216	0.215988	0.001679	34.643	34.641	0.269
0.243	0.244979	0.002391	38.973	38.970	0.383
0.270	0.269964	0.003280	43.304	43.298	0.526
0.273	0.272953	0.003619	44.845	44.840	0.580

SCORRENDAS DE SINGULOS

RADIO NOMINAL 600.00

	x	y	z	II	V
0.026	0.026	0.000003	4.149	4.149	0.0004
0.052	0.052	0.000023	8.297	8.297	0.004
0.078	0.078	0.000079	12.446	12.446	0.013
0.104	0.104	0.000188	16.595	16.595	0.030
0.130	0.129999	0.000366	20.744	20.743	0.058
0.156	0.155998	0.000633	24.892	24.892	0.101
0.182	0.181995	0.001005	29.041	29.040	0.160
0.208	0.207990	0.001500	33.190	33.188	0.239
0.234	0.233933	0.002135	37.339	37.336	0.340
0.260	0.259970	0.002929	41.487	41.482	0.467
0.266	0.265967	0.003137	42.445	42.439	0.500

RADIO NOMINAL 625.00

0.025	0.025	0.000003	3.952	3.952	0.000
0.050	0.050	0.000021	7.905	7.905	0.003
0.075	0.075	0.000070	11.857	11.857	0.011
0.100	0.100	0.000167	15.810	15.810	0.026
0.125	0.124999	0.000326	19.762	19.762	0.051
0.150	0.149998	0.000562	23.715	23.714	0.088
0.175	0.174996	0.000893	27.667	27.667	0.141
0.200	0.199992	0.001333	31.620	31.618	0.211
0.225	0.224986	0.001898	35.572	35.570	0.380
0.250	0.249976	0.002604	39.524	39.521	0.412
0.258	0.252974	0.002699	39.999	39.994	0.426

RADIO NOMINAL 650.00

0.024	0.024	0.000002	3.775	3.775	0.000
0.048	0.048	0.000018	7.549	7.549	0.003
0.072	0.072	0.000062	11.324	11.324	0.009
0.096	0.096	0.000147	15.098	15.098	0.023
0.120	0.119999	0.000288	18.873	18.873	0.045
0.144	0.143998	0.000498	22.648	22.647	0.078
0.168	0.167997	0.000790	26.423	26.422	0.124
0.192	0.191994	0.001180	30.197	30.196	0.186
0.216	0.215988	0.001679	33.972	33.969	0.264
0.240	0.239980	0.002304	37.746	37.743	0.368
0.242	0.231979	0.002362	38.061	37.057	0.371

COORDENADAS DE LA CLOTOIDE

RADIO NOMINAL 675.00

	X	Y	L	X	Y
0.023	0.023	0.000002	3.570	3.570	0.0003
0.046	0.046	0.000016	7.141	7.141	0.0024
0.069	0.069	0.000055	10.711	10.711	0.008
0.092	0.092	0.000130	14.281	14.281	0.020
0.115	0.114999	0.000253	17.852	17.852	0.039
0.138	0.137999	0.000438	21.422	21.422	0.079
0.161	0.160997	0.000696	24.992	24.992	0.108
0.184	0.183995	0.001038	28.563	28.562	0.141
0.207	0.206991	0.001478	32.133	32.139	0.229
0.230	0.229984	0.002028	35.703	35.701	0.

RADIO NOMINAL 700.00

0.022	0.022	0.000002	3.480	3.480	0.0003
0.044	0.044	0.000014	6.960	6.960	0.002
0.066	0.066	0.000048	10.440	10.440	0.007
0.088	0.088	0.000114	13.920	13.920	0.018
0.110	0.110	0.000222	17.400	17.400	0.035
0.132	0.131999	0.000383	20.880	20.880.	0.060
0.154	0.153998	0.000609	24.360	24.360	0.096
0.176	0.175996	0.000909	27.840	27.839	0.144
0.198	0.197992	0.001294	31.320	31.319	0.205
0.220	0.219987	0.001775	34.800	34.798	0.281
0.226	0.225985	0.001924	35.749	35.747	0.304

RADIO NOMINAL 725.00

0.021	0.021	0.000002	3.273	3.273	0.0003
0.042	0.042	0.000012	6.546	6.546	0.002
0.063	0.063	0.000042	9.819	9.819	0.006
0.084	0.084	0.000099	13.092	13.092	0.015
0.105	0.105	0.000193	16.365	16.365	0.030
0.126	0.125999	0.000333	19.638	19.638	0.052
0.147	0.146998	0.000529	22.912	22.911	0.082
0.168	0.167997	0.000790	26.185	26.185	0.123
0.189	0.188994	0.001125	29.458	19.457	0.175
0.210	0.209990	0.001544	32.731	32.729	0.241
0.215	0.214989	0.001656	33.510	33.508	0.259

COORDENADAS DE CLOTOIDE

RADIO NOMINAL 750.00

	x	y	L	X	Y
0.02	0.02	0.000001	3.060	3.060	0.000
0.04	0.04	0.000011	6.119	6.119	0.002
0.06	0.06	0.000036	9.179	9.179	0.005
0.08	0.08	0.000085	12.239	12.239	0.013
0.100	0.10	0.000167	15.300	15.300	0.025
0.120	0.119999	0.000288	18.358	18.358	0.044
0.140	0.139999	0.000457	21.418	21.418	0.069
0.160	0.159997	0.000683	24.478	24.477	0.104
0.180	0.179995	0.000972	27.538	27.537	0.148
0.200	0.199992	0.001333	30.598	30.596	0.204
0.204	0.203991	0.001415	31.209	31.208	0.216

RADIO NOMINAL 775.00

0.019	0.019	0.000001	2.856	2.856	0.000
0.038	0.038	0.000009	5.713	5.713	0.001
0.057	0.057	0.000031	8.569	8.569	0.005
0.076	0.076	0.000073	11.426	11.426	0.011
0.095	0.095	0.000143	14.282	14.282	0.021
0.114	0.114	0.000247	17.139	17.139	0.037
0.133	0.132999	0.000392	19.995	19.995	0.059
0.152	0.151998	0.000585	22.852	22.852	0.088
0.171	0.170996	0.000833	25.708	25.708	0.125
0.190	0.189994	0.001143	28.565	28.564	0.172
0.194	0.193993	0.001217	29.166	29.165	0.183

RADIO NOMINAL 800.00

0.019	0.019	0.000001	2.903	2.903	0.000
0.038	0.038	0.000009	5.806	5.806	0.001
0.057	0.057	0.000031	8.709	8.709	0.005
0.076	0.076	0.000073	11.612	11.612	0.011
0.095	0.095	0.000143	14.515	14.515	0.022
0.114	0.114	0.000247	17.418	17.418	0.033
0.133	0.132999	0.000392	20.321	20.321	0.059
0.152	0.151998	0.000585	23.224	23.224	0.089
0.171	0.170996	0.000833	26.127	26.127	0.127
0.190	0.189994	0.001143	29.030	29.029	0.175
0.191	0.190994	0.001161	29.166	29.165	0.177

COORDENADAS DE CLOTIDE  
RATIO NOMINAL 825.00

	x	y	L	X	Y
	0.018	0.000001	2.573	2.573	0.000
	0.036	0.000008	5.346	5.346	0.001
	0.054	0.000026	8.019	8.019	0.004
	0.072	0.000062	10.691	10.691	0.009
	0.090	0.000121	13.364	13.364	0.018
	0.108	0.000210	16.037	16.037	0.031
	0.126	0.000333	18.710	18.710	0.049
	0.144	0.000498	21.383	21.383	0.074
	0.162	0.000709	24.056	24.055	0.105
	0.180	0.000972	26.729	26.728	0.144

RATIO NOMINAL 850.00

	0.017	0.000001	2.572	2.572	0.000
	0.034	0.000007	5.144	5.144	0.001
	0.051	0.000022	7.716	7.716	0.003
	0.068	0.000052	10.288	10.288	0.008
	0.085	0.000102	12.860	12.860	0.015
	0.102	0.000177	15.432	15.432	0.027
	0.119	0.000281	18.004	18.004	0.042
	0.136	0.000419	20.576	20.576	0.063
	0.153	0.000597	23.148	23.148	0.090
	0.170	0.000819	25.720	25.719	0.124
	0.178	0.000940	26.930	26.929	0.142

RATIO NOMINAL 875.00

	0.016	0.000001	2.352	2.352	0.000
	0.032	0.000005	4.704	4.704	0.001
	0.048	0.000018	7.056	7.056	0.003
	0.064	0.000044	9.408	9.408	0.006
	0.080	0.000085	11.759	11.759	0.012
	0.096	0.000147	14.111	14.111	0.022
	0.112	0.000234	16.463	16.463	0.034
	0.128	0.000349	18.815	18.815	0.051
	0.144	0.000496	21.167	21.167	0.073
	0.160	0.000687	23.519	23.519	0.100
	0.168	0.000760	24.689	24.689	0.114

COORDENADAS DE PICTORILE  
RADIO NOMINAL 900.00

	x	y	L	Z	Y
0.016	0.016	0.000001	2.376	2.376	0.0001
0.064	0.064	0.000044	9.504	9.504	0.006
0.112	0.112	0.000234	16.631	16.631	0.035
0.160	0.159997	0.000683	23.759	23.759	0.101
0.165	0.164997	0.000749	24.502	24.501	0.111

RADIO NOMINAL 925.00

0.015	0.015	0.000001	2.150	2.150	0.0000
0.030	0.030	0.000004	4.301	4.301	0.0005
0.045	0.045	0.000015	6.452	6.452	0.002
0.060	0.060	0.000036	8.602	8.602	0.005
0.075	0.075	0.000070	10.753	10.753	0.010
0.090	0.090	0.000121	12.903	12.903	0.017
0.105	0.105	0.000193	15.054	15.054	0.028
0.120	0.119999	0.000288	17.204	17.204	0.041
0.135	0.134999	0.000410	19.355	19.355	0.058
0.150	0.149998	0.000562	21.506	21.505	0.080
0.155	0.154998	0.000621	22.222	22.222	0.089

RADIO NOMINAL 950.00

0.015	0.015	0.000001	2.180	2.180	0.000
0.030	0.030	0.000004	4.360	4.360	0.000
0.045	0.045	0.000015	6.540	6.540	0.002
0.060	0.060	0.000036	8.721	8.721	0.005
0.075	0.075	0.000070	10.901	10.901	0.010
0.090	0.090	0.000121	13.081	13.081	0.017
0.105	0.105	0.000193	15.261	15.261	0.028
0.120	0.119999	0.000288	17.441	17.441	0.042
0.135	0.134999	0.000410	19.622	19.622	0.059
0.150	0.149998	0.000562	21.802	21.802	0.082
0.153	0.152998	0.000597	22.238	22.237	0.087

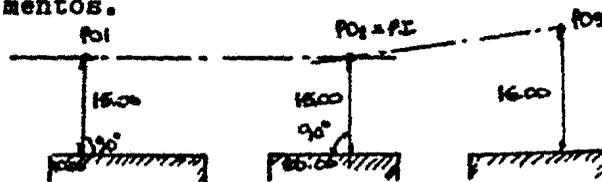
### III 1a.- TRAZO DE LAS TANGENTES DEL EJE

Una vez realizado el planteamiento gráfico en gabinete se proporcionan los datos necesarios para que una brigada de Topografía los trace en el terreno.

Primeramente se ubicarán los puntos obligados que son los que nos definen la dirección y posición de nuestras tangentes, esto se efectúa de la siguiente manera:

En el lugar indicado por el proyectista y con apoyo a los paramentos, se traza con el auxilio de la cinta una perpendicular a 1.00 Mt (formando un triángulo cuyos lados respectivamente medirán 0.75, 1.00, 1.25 Mts.), este punto deberá de quedar perfectamente grabado pintado e identificado con su nombre p. ej. PO.1; esta misma operación se repetirá en el otro punto fijado con anterioridad, a este lo llamaremos PO.2 centrado el teodolito en el PO.1 y visando a PO.2 giramos  $90^{\circ}$  y ubicaremos un punto a la distancia fijada. Esta misma operación se repetirá en todos y cada uno de los restantes.

Nota: La unión de 2 POs nos define la dirección de una sola tangente, esto es debido a que el eje de trazo en toda su longitud no es paralelo a los paramentos.



En este caso el PO.2 sería un PI.

Ahora bien, cuando el punto de intersección no sea obligado, esto es que sea necesario encontrarlo, las dos tangentes se prolongarán hasta donde aproximadamente se vayan a cortar, será necesario dejar una sg

rie de puntos grabados, los cuales con ayuda del hilo de la plomada ó con la cinta de acero se unirán y de esta manera se determinará el punto buscado inmediatamente y con el teodolito se checará que éste, sea el buscado.

Otro procedimiento sería el de utilizar dos teodolitos, uno para cada tangente, esta forma resulta mucho mas rápida que la anterior, pero tiene el inconveniente de que se necesitan dos equipos para relizarlo.

Cuando se encuentre un obstáculo que impida el encontrar la intersección en forma directa, será necesario hacer el planteamiento analítico, para esto, se ligará tanto la tangente - de atrás, como la de adelante en puntos conocidos, a la poligonal de apoyo, de esta manera podremos darle dirección a cada una de ellas y encontrar así su intersección y la distancia entre cada punto.

EJEMPLO:

En cada tramo Misterios - La Raza el eje de trazo pasa entre viviendas, una vez trazadas las tangentes y ligadas a la poligonal, las coordenadas de los puntos de cada una de ellas son:

Para T1      P01 (101.559,101.754)  
                 P02 ( 98.438,100.002)

Para T2      P03 (100.000,125.326)  
                 P04 ( 99.981, 90.347)

Será necesario encontrar el punto de intersección de las - dos tangentes, el ángulo de deflexión, así como la distancia entre los puntos.

De la forma cartesiana de la ecuación de la recta

$$Y - Y_1 = \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2} (X - X_1)$$

Tenemos: para  $T_1$

$$Y-101.559 = \frac{101.559 - 98.438}{101.754 - 100.002} (X-101.754)$$

$$Y-101.559 = 1.781393 (X-101.754)$$

$$1.781393X - Y - 79.704832 = 0 \text{ ---- Ecuación (1)}$$

para  $T_2$

$$Y-100.000 = \frac{100.000 - 99.981}{125.326 - 90.347} (X-125.326)$$

$$Y-100.000 = 0.000543 (X-125.326)$$

$$0.000543X - Y + 99.931925 = 0 \text{ ---- Ecuación (2)}$$

Despejando  $Y$  en (2) y sustituyendo en (1) tenemos:

$$1.781393X - 0.000543X - 99.931925 - 79.704832 = 0$$

Desarrollando:

$$1.780850X = 179.636757$$

$$X = 100.871358 \text{ ---- Ecuación(3)}$$

Sustituyendo (3) en (1) tenemos:

$$1.781393 (100.871358) - Y - 79.704832 = 0$$

$$Y = 99.986698 \text{ ---- Ecuación (4)}$$

siendo (3) y (4) los valores de las coordenadas del punto de intersección buscado:

$$PI (99.986698, 100.871358)$$

La distancia entre el PI y los puntos obligados, la obtenemos utilizando la fórmula:

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Siendo estas distancias:

---

$$PI P01 = 1.803$$

---

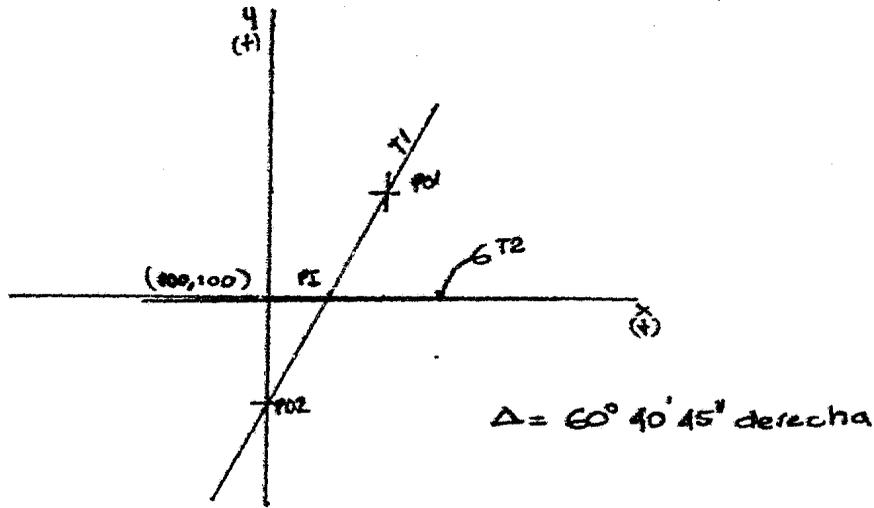
$$PI P02 = 1.776$$

---

$$PI P03 = 24.455$$

$$\overline{PI P04} = 10.924$$

Y por último el calculo de la deflexión se reduce a un problema meramente Trigonométrico.



Los valores obtenidos por este procedimiento nos resultan de gran utilidad para poder continuar con el calculo de curvas y cadenamientos, pero evidentemente será necesario efectuar el trazo en forma directa recabando las medidas lineales y angulares faltantes (obtenidas por el planteamiento analítico) y compararlas entre si para realizar los ajustes que fuese necesario hacer debido a las posibles discrepancias que pudiese haber entre uno y otro procedimiento.

Cabe hacerse notar que si las mediciones necesarias para llevar a cabo el razonamiento matemático fuesen realizadas con cuidado y esmero los calculos y resultados obtenidos no tendrán diferencia importante con los obtenidos mediante el trazo físico, por lo que las correcciones serán mínimas, sino es que nulas.

III 1b.- TRAZO DE CURVAS

Considerando que la liga de dos tangentes consecutivas se debe realizar utilizando una CURVA COMPUESTA, - constituida por una curva circular y dos curvas clotoides, el procedimiento a seguir en campo para el trazo de curvas es el siguiente:

10.- Deberán ser recabados de los planos de PROYECTO DE TRAZO, los siguientes datos:

DATOS DE LA CLOTOIDE

(Ejemplo)

		L	X	Y	
$\tau = 5^{\circ} 26' 45''$	$P1 = 2+428.184$	$\tau = 5^{\circ} 26' 45''$	0.000	0.000	0.000 CC
$Lc1 = 71.179$	$\Delta = 30^{\circ} 28' 40''$	$Lc1 = 71.179$	7.020	7.020	0.002
$Xc = 71.1144$	$\Delta c = 19^{\circ} 35' 10''$	$Xc = 71.1144$	14.040	14.040	0.017
$Yc = 2.254$	$Gc = 3.060377715^{\circ}$	$Yc = 2.254$	21.060	21.060	0.058
	$Tc = 137.737$		28.080	28.079	0.138
	$Lc = 127.998$		35.100	35.098	0.270
	$ST = 64.630$		42.120	42.115	0.467
	$Rc = 374.436$		49.139	49.129	0.742
	$Rn = 375.000$		56.159	56.140	1.107
	$Deflex/m = 4.5905665$		63.179	63.144	1.576
			70.199	70.139	2.162
			71.179	71.114	2.254TC

Donde:

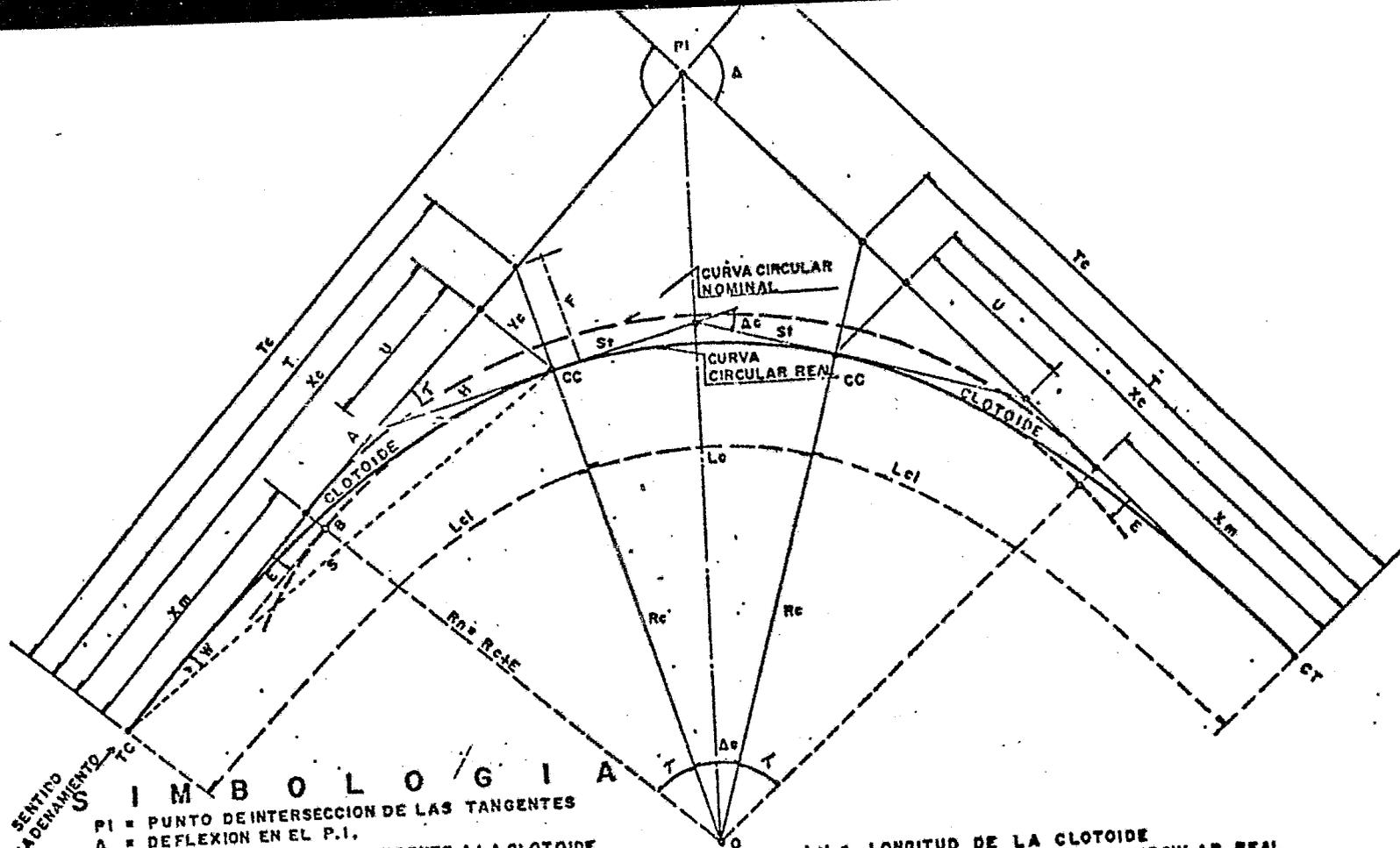
X y Y son las coordenadas de los puntos sobre las clotoides (para el trazo por coordenadas). L son las cuerdas de los puntos sobre las clotoides (para el trazo por Deflexiones), los angulos en este caso se calcularán trigonometricamente con los valores de las coordenadas.

Para los demás elementos consultar la simbología en la figura III T2.1.

- 2o Intersectando las tangentes se localiza el punto de inflexión (P1).
- 3o Centrando el teodolito en el P1 y visando un punto sobre la tangente, se mide la distancia Tc a partir del P1 y sobre ambas tangentes, obteniendo así los puntos TC y CT.
- 4o A partir de los puntos TC ó CT, procedemos a medir hacia el P1 y sobre la misma tangente la distancia Xc.
- 5o Conocido el punto Xc, procedemos a medir sobre la misma tangente y en dirección del Tc la distancia U, con lo que obtenemos el punto "A".
- 6o Centrando el aparato en el punto "A" se visa el P1 y se mide el ángulo, con lo que definimos la tangente sobre la cual se mide la distancia H para obtener el punto CC y a partir de éste la subtangente de la curva circular.
- 7o Se traslada el aparato al punto Xc ya determinado con anterioridad, visando al P1, levantando una normal en dirección a la curva midiendo la distancia Yc comprobamos la ubicación del punto CC.

Nota: Si tanto la lineal como angularmente coincide este punto con el CC ubicado anteriormente (Ver punto6) podremos continuar con el trazo.

Estos mismos procedimientos se llevarán a cabo sobre las dos tangentes, obteniendo de esta manera los puntos principales de la curva (TC, CC, CC y CT) (Ver Fig. III T2.1).



SENTIDO  
CADERAMENTO  
S

# I M B O L O G I A

- PI = PUNTO DE INTERSECCION DE LAS TANGENTES
- A = DEFLEXION EN EL P.I.
- 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
- T = ANGULO TOTAL DE CADA CLOTOIDE
- Δc = ANGULO CENTRAL DE LA CURVA CIRCULAR REAL
- Δe = GRADO DE LA CURVA CIRCULAR REAL
- Δs = GRADO DE LA CURVA CIRCULAR NOMINAL
- Rn = RADIO DE LA CURVA CIRCULAR REAL
- Rc = RADIO DE LA CURVA CIRCULAR REAL
- Tc = SUBTANGENTE TOTAL (DISTANCIA DEL P.I. AL T.C.)
- T = ABCISA DE LA SUBNORMAL
- Xc = ABCISA DEL PUNTO CC
- Ye = 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 "A" AL CC
- S = CUERDA LARGA (DISTANCIA DEL TC AL CC)
- W = DEFLEXION AL CC
- F = DISTANCIA NORMAL A LA CURVA CIRCULAR REAL DEL CC A LA SUBTANGENTE TOTAL
- SI = SUBTANGENTE DE LA CURVA CIRCULAR REAL

Le1 = LONGITUD DE LA CLOTOIDE  
Lc = LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR REAL

**ELEMENTOS PRINCIPALES  
DE UNA CURVA CIRCULAR  
CON CLOTOIDES.**

Figura M2.1

### TRAZO DE LA CURVA CLOTOIDE

Existen dos procedimientos para efectuar el trazo de una clotoide:

- 1o.- Por Deflexión
- 2o.- Por Coordenadas

#### 1o.- TRAZO POR DEFLEXIONES

Datos necesarios: Angulos y Distancias

Centrando el aparato en el TC visando al P1, medimos para cada una de las cuerdas la deflexión y la distancia correspondiente, hasta llegar al CC (última deflexión).

#### 2o.- TRAZO POR COORDENADAS

Datos necesarios: Coordenadas X y Y

- a) Conocidas las tangentes TC - P1 y CT - P1, ubicamos cada una de las abscisas X.
- b) Centrando el aparato en cada uno de estos puntos y levantando una normal a las tangentes, medimos la ordenada Y.
- c) Uniendo estos puntos, obtenemos cada una de las cuerdas de la clotoide.

Este procedimiento se recomienda para el caso en que se trabaje sobre un Eje auxiliar ó cuando se encuentre un obstáculo que impida el trazo por deflexiones.

El trazo de la curva circular se realiza a partir de los puntos CC y CC y de la manera tradicional por lo tanto el procedimiento no se describe.

III 1c) REFERENCIACION

Una vez ubicado el eje de trazo definitivo se procede a referenciar los puntos principales de las tangentes con el objeto de poder restituir este, las veces - que sean necesarias.

Estas referencias deberán de tener las siguientes - características:

- 10.- Deberán de estar ubicadas en zona alejada a la obra.
- 20.- Deberán de ajustarse a los criterios de precisión y tolerancias que se aplican a las poligonales de apoyo.
- 30.- Se procurará que sean triangulos y se deberán de medir angular y linealmente todos los lados.
- 40.- Deberán de estar apoyadas a los paramentos.

Ejemplo

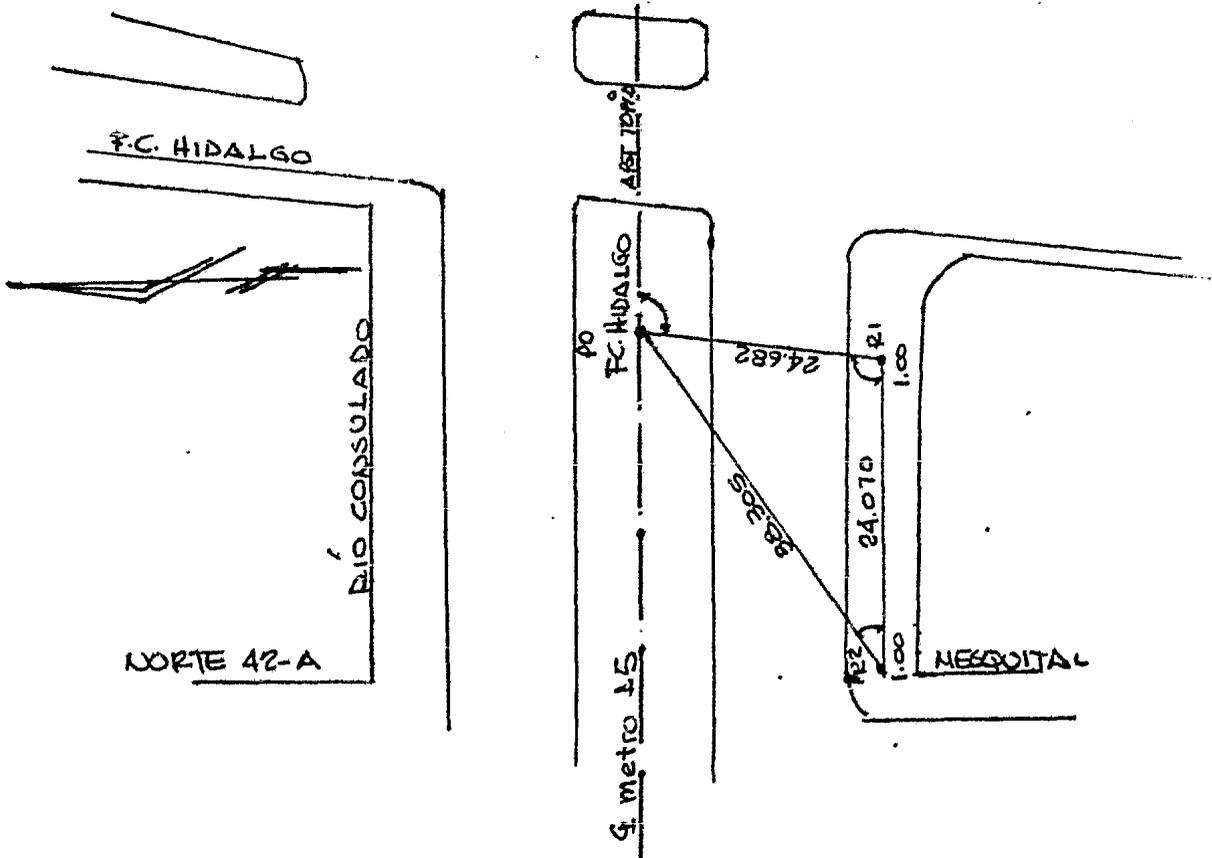
Referenciación del PST de F.C. Hidalgo tramo Valle Gómez Misterios Km=12+688.614.

EST	P. V.	∠	DIST.	
Pst.F.C.Hgo.	R 1	03° 14' 23" 0	24.682	VERIFICACION ANGULAR 37° 38' 28" + 103° 34' 30" 38° 47' 04" <hr/> 180° 00' 02" Error Angular ± 02" Tolerancia Ang. 10" / √N ∑ Int=180°(n-2)
	R 2	40° 52' 53" 0		
		37° 38' 30"		
	R 2	355° 05' 19" I		
	R 1	317° 26' 53" I	24.070	
		37° 38' 26"		
R 1	R 2	02° 36' 17" 0		
	Pst F.C.	106° 10' 48" 0		
		103° 34' 31"		
	Pst R.C.	355° 09' 48" I		
	R 2	251° 35' 19" I		
		103° 34' 29"		

Cont. Hoja Sig.

EST	P. V.	0	DIST.		
R 2	Pst R.C.	03° 44' 17" 0	38.305	21.724	21.834
	R 1	42° 31' 25" 0		16.582	16.470
		38° 47' 08"		38.305	38.304
	R 1	355° 14' 05" I			
Pst F.C. Hgo.	Pst R.C.	316° 27' 06" I		Prom 38.305	
		38° 46' 59"			
	Pst Topia	07° 49' 18"			
Pst F.C. Hgo.	R 1	111° 08' 29"			
		103° 19' 11"			
	R 1	349° 53' 47"			
	Pst Topia	246° 34' 48"			
		103° 18' 59"			

CROQUIS DE LOCALIZACION



A continuación se presenta la tablilla de calculo de la referencia para comprobar su precisión lineal.

EST	P. V.	ANGULO SIN CORREGIR	ANGULO CORREGIDO	AZIMUT	DISTANCIA	N+	S-	E+	W
Pst	R 1	37° 38' 27"	37° 38' 27"	195° 00' 00"	24.682		23.84		6.388
R 1	R 2	103° 34' 30"	103° 34' 30"	271° 25' 30"	24.070	0.599			24.063
R 2	Pst	38° 47' 04"	38° 47' 03"	52° 38' 27"	38.305	23244			30447

$$\Sigma \Delta = 180^{\circ} 00' 02'' - 180^{\circ} 00' 00''$$

$$E \Delta = +02''$$

$$EY = +0.002 \quad EX = -0.004$$

$$ET = 0.004$$

$$P = 1/19466$$

Nota:

Azimet Arbitrario

### III 2a) LEVANTAMIENTO DE SECCIONES TRANSVERSALES Y PERFIL DEL EJE DE TRAZO.

Una vez conocidos los cadenamientos de los TCs, PIs, CTs y POs se procede a cadenar a cada 20 Mts. en kilometraje cerrado multiplo de 20, dejando a cada estación una estaca si es que el punto cae en terreno natural ó grabado en el concreto, este deberá de estar pintado con el kilometraje que le corresponda.

Nota:

Evidentemente al trazar a cada 20 Mts. y al partir de una estación a otra ambas con cadenamientos conocidos, lo mas probable es que no concuerden las dos medidas, por lo que en caso de existir una discrepancia, -

esta no deberá de ser mayor que las tolerancias anteriormente expuestas. En caso favorable deberá de ajustarse al cadenamamiento que les fué calculado eliminandose en estos puntos - todas las diferencias.

Los datos que se obtengan a partir de las secciones transversales y el perfil que se obtenga de ellas, no unicamente - servirán para el proyecto del alineamiento vertical del metro y para la cuantificación de volúmenes de obra, sino también - nos servirán para proyectar la reestructuración de la vialidad, por lo que estas deberán de estar trazadas y levantadas con tolerancias rígidas. El trazo de las secciones se hará - con Teodolito, centrandose en cada estación el aparato, siendo normales en tramo tangente y radiales en tramo curvo, las medidas lineales deberán de leerse al milímetro.

La nivelación de estas secciones se hará con un equialtime- tro de precisión (del tipo wild Ni2) y se correrá a partir de alguno de los bancos de nivel de trabajo con doble altura de aparato. Dejando puntos de liga a lo largo del tramo que se vaya a seccionar y cerrando la nivelación en otro banco de - nivel diferente al de partida.

La nivelación de las secciones se llevará a partir de los Ps ubicados con anterioridad y las lecturas se harán al cen- timetro.

TRAZO: SECCIONES TRANSVERSALES

FECHA: 10-OCT.-79

TRAMO: MISTERIOS LA RAZA

BRIGADA: No. 1

P. V.	+	—	-	Cota	Notas
BNs C 12	1.516	34.430		32.914	Localizado en la banqueta
PL 1			1.410	33.020	
BNs C 12	1.480			32.914	( - ) 75.00 Mts.aprox. al sur de Ave.
PL 1			1.375	33.019	
PL 1	1.459			33.019	( + ) Río Consulado.
PL 2			1.552	32.926	
PL 1	1.418	34.437		33.019	
PL 2			1.512	32.925	
PL 2	1.625	34.551		32.926	
PL 3			1.498	33.053	
PL 2	1.598	34.524		32.926	
PL 3			1.475	33.049	Promedios
PL 2	1.617	34.543		32.926	33.051
PL 3			1.490	33.053	

La forma de Registro será la siguiente:

SEC 13+620

P. V.	+		-	COTAS	NOTAS
PL 3	1.792	34.843		33.051	
0			1.246	33.597	eje
1			1.450	33.393	guar. Cam.Nte.
2			1.680	33.163	Asf. Nte.
3			1.880	32.963	Asf. Nte.
4			1.699	33.144	guar.Nte.
5			1.606	33.237	banq. Nte.
6			1.468	33.375	" "
7			1.479	33.364	param.Nte.
8			1.373	33.470	guar.com.Sur
9			1.460	33.383	asf. Sur
10			1.880	32.963	" "
11			1.740	33.103	guarn. Sur
12			1.779	33.064	param.alin.Sur

SEC. 13 + 600

P. V.	+		-	COTAS	NOTAS
PL 3	1.792	34.843		33.051	
0			1.640	33.203	Eje
1			1.792	33.051	Guar. cam.alineado
2			1.036	32.807	Ast. Norte
3			1.880	32.963	Guar. Norte
4			1.796	33.047	Param. Norte
5			1.465	33.378	Guar.cam.alineado Sur
6			1.608	33.235	Asf. Guarn. Alin.
7			1.442	33.401	Guarn. Sur
8			1.430	33.413	Banqueta Param.Alin.



#### TEMA IV.- ELABORACION DE PLANOS

Dibujo de Poligonales y Planimetria.

Existen tres métodos para representar gráficamente las poligonales y son de orden creciente de precisión:

- a).- Método de Rumbo y Distancia
- b).- Método de las Tangentes
- c).- Método de Coordenadas

El primer método se emplea en la representación gráfica de levantamientos expeditos de poligonales, como son los reconocimientos;

El segundo método se emplea en la representación gráfica de las poligonales que nos sirven para la elaboración de los estudios preliminares y el último método es el utilizado para dibujar las poligonales de precisión, que por ser el mas exacto es el que utilizaremos.

Este método consiste en buscar la intersección de abscisas y ordenadas de los vertices de la poligonal por representar, auxiliándose de una cuadrícula formada por rectas paralelas trazadas en un cordinotografo, esta cuadrícula evita el tener que llevar las magnitudes de las coordenadas de los vertices desde los ejes.

Para determinar las dimensiones del papel en que se va a dibujar el levantamiento se procede de la forma siguiente:

- 1o.- Se calcula la diferencia de Abscisas entre la máxima y la mínima.
- 2o.- Se calcula la diferencia de Ordenadas entre la máxima y la mínima.
- 3o.- Se llevan estas diferencias a la escala con que se pretende dibujar (La

escala mas conveniente para ser utilizada en proyecto de metros (escala es 1:500).

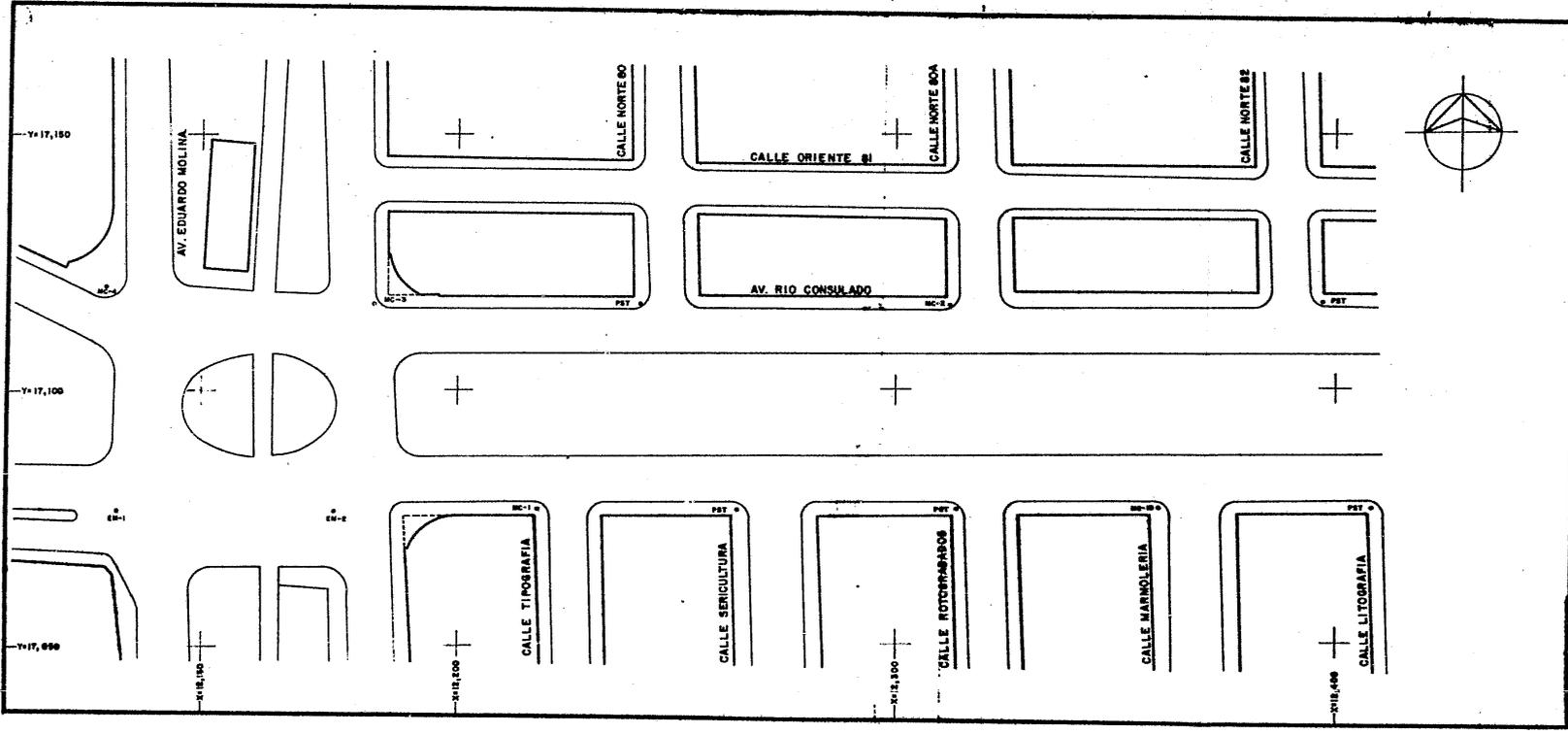
Una vez dibujada la poligonal en la cuadrícula, el siguiente paso es dibujar los detalles topográficos auxiliándose de un transportador para hacer el vaciado de las radiaciones; otro procedimiento sería el de vaciar todos los puntos del levantamiento por medio de coordenadas, siendo este el mas preciso, pero tambien el mas tardado.

Cabe hacer notar que cuando el vaciado de datos utilizando el primer procedimiento lo realiza un dibujante experto y cuidadoso, la diferencia del plano elaborado por este método es mínima sino es que es nula al compararlo con otro elaborado con el sistema de 2o método (para escala 1:500). Elaborando el plano original, para los demas trabajos topograficos como son:

- Proyecto del eje de trazo
- Referenciación del eje de trazo
- Secciones Transversales
- Levantamiento planimetrico y altimetrico de instalaciones municipales.

Se harán calcas del original de levantamiento incrementado en cada una de ellas la información adicional.

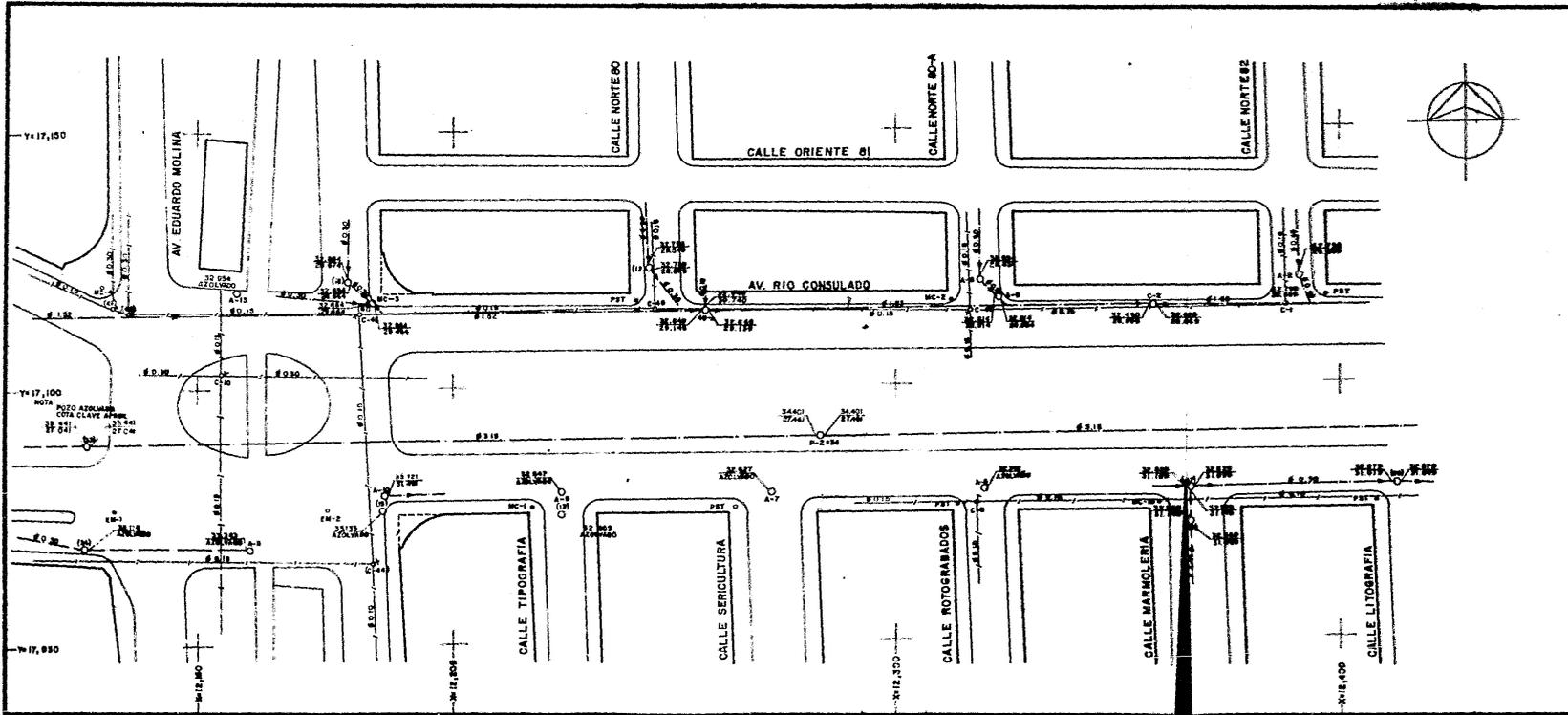
Se anexa una copia de cada uno de los planos descritos con anterioridad.



**NOTAS:**  
 1- ORDEN DE COORDENADAS ANOTADAS  
 2- ACOTACIONES EN METROS.

**LEGENDA:**  
 PLANIMETRÍA  
 PARAMETRO  
 ENARCOS  
 MC-2 = VERTICE DE PELIGRO

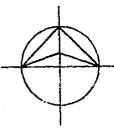
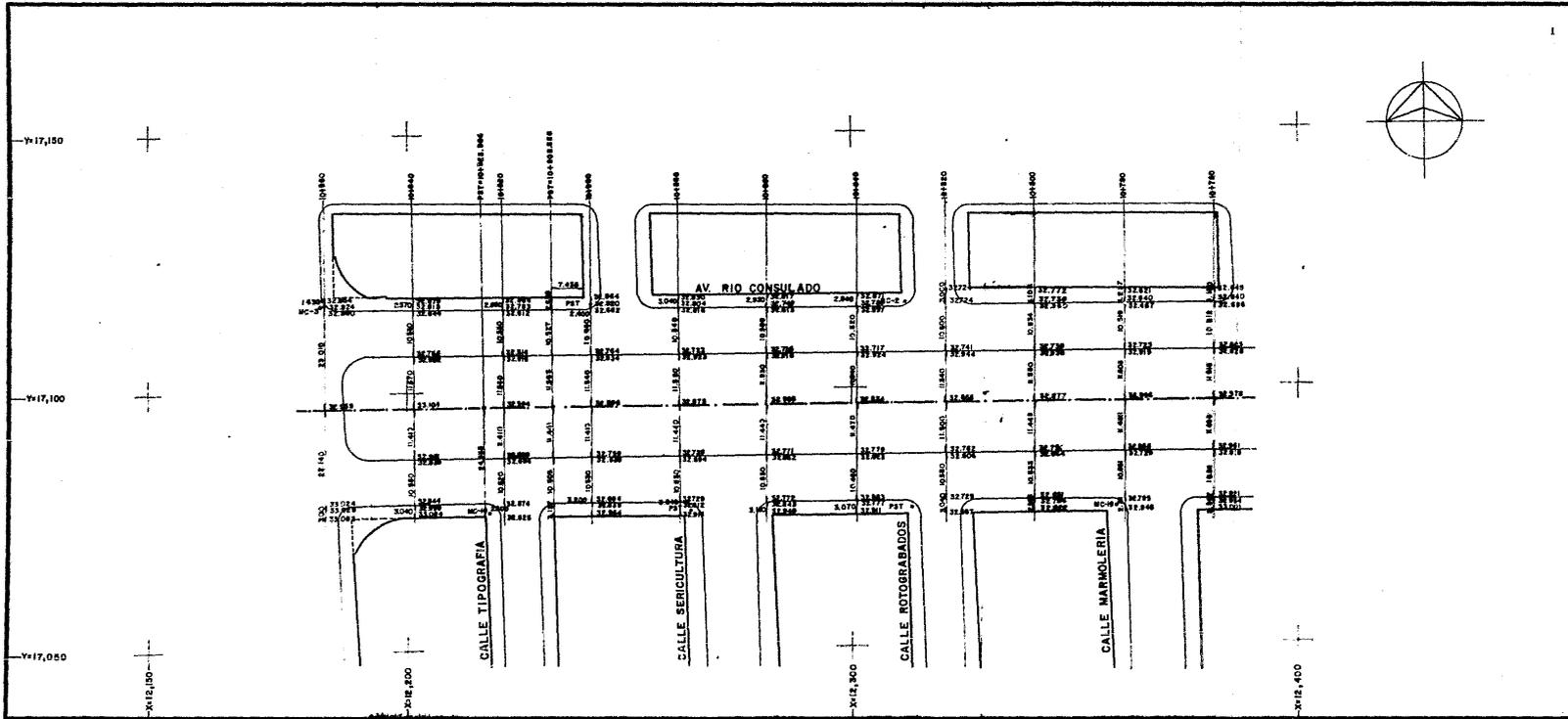
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
TESIS PROFESIONAL	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	
SOBRE: AV. RIO CONSULADO	
ENTRE: AV. E. MOLINA Y LITOGRAFIA	
1981	BOGOLLOOONNNNNNNNNNN



NOTAS:  
 1.-ORIGEN DE COORDENADAS ARBITRARIO.  
 2.-ORIGEN DE EMBOSOS N.E. DE HIZACALCO  
 CON ELEVACION DE 2,245.008 m.s.n.m.  
 3.-ACOTACIONES EN METROS.

LEGENDA:  
 PLANCHETAS  
 PARAMETRO  
 OMBRACION  
 MC-2= VERTICE DE POLIGONAL  
 DIBUJOS  
 POZO DE VISITA  
 ESCOMBRO  
 RED DE TUBERIA DE SANEAMIENTO  
 RED DE TUBERIA DE A.N.Y  
 AGUA POTABLE  
 CASAS UNIDAS DE AGUA POTABLE  
 RED DE TUBERIA DE AGUA POTABLE

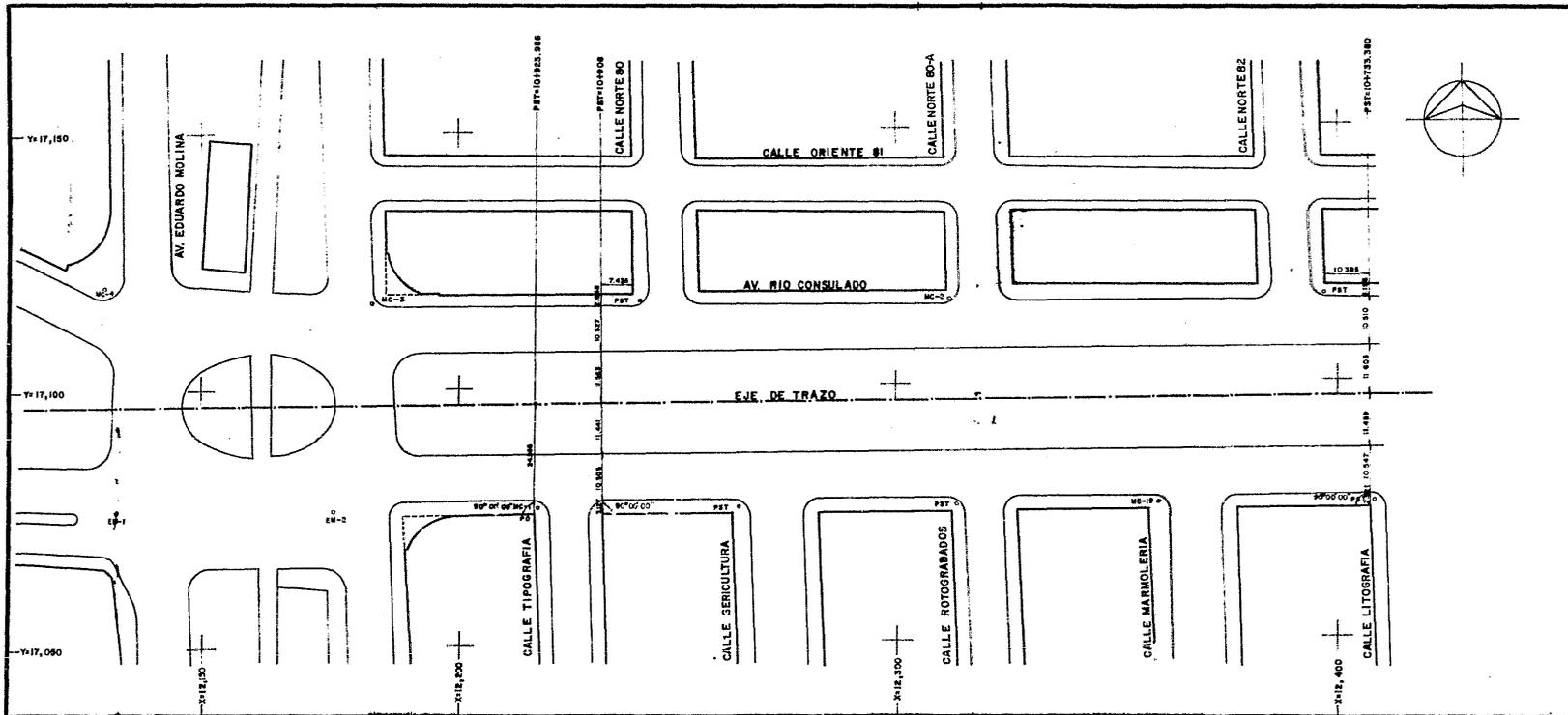
GOBIERNO FEDERAL  
 GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO  
 GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL  
 SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS  
 DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS  
 LEVANTAMIENTO DE INUTALACIONES MUNICIPALES  
 TRAMO EDUARDO MOLINA - CONSULADO  
 NOROCCIDENTE DE HIZACALCO  
 ENTRE LITOGRAFIA Y RIO CONSULADO  
 1981 ROSELIN CORONA MULESAS



NOTAS:  
 1-ORIGEN DE COORDENADAS ARBITRARIO.  
 2-ORIGEN DE ELEVACIONES S.N.P. ATZACOALCO  
 CON ELEVACION DE 2248.000 M.S.N.M.  
 3-ACOTACIONES EN METROS.

SIMBOLOGIA:  
 — PLANIMETRIA  
 — PARAMENTO  
 — GUARNICION  
 MC=V VERTICE DE POLIGONAL  
 — EJE DE TRAZO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL  
 LINEA-8  
 SECCIONES TRANSVERSALES EN PLANTA  
 TRAMO EDUARDOMOLINA-COMALADO  
 SUBTRAMO MARMOLERA-TIPOGRAFIA  
 DEL KM 10+733.380 AL KM 10+1925.988  
 1981 ROSELIO CORONA ISLESIAN



NOTAS:  
 1- ORDEN DE COORDENADAS ARBITRARIO.  
 2- EL ORIGEN DE CADERMIENTOS PST=5+000 LOCALIZADO SOBRE AV. HANGARES ENTRE LAS CALLES DE ECONOMIA Y BELLAS ARTES.  
 3- ACOTACIONES EN METROS.

SIMBOLOGIA:  
 PLANIMETRIA  
 PARAMENTO  
 BARRIONOM  
 MC-E= VERTICE DE POLIGONAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL  
 LINEA 5  
 PROYECTO DE TRAZO  
 TRAMO: EDUARDO MOLINA - CONSULADO  
 SUBTRAMO: NORTE 80 - EDUARDO MOLINA  
 DEL KM 10+733.380 AL KM. 10+823.986  
 1981 ROSELIO CORONA ISLESIAS



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

- 1.- Ampliación de la red del Sistema de Transporte Colectivo "metro" de la Ciudad de México.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

DIRECCION GENERAL DE TRANSITO Y TRANSPORTES

- 2.- Estudio de factibilidad de la prolongación del metro a Netzahualcóyotl, Edo. de México.

- 3.- Encuesta Nacional de Hogares  
Area Metropolitana de la Ciudad de México  
Datos sobre Migración, ocupación y vivienda.

SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

- 4.- Estudios previos a la construcción del metro de la Ciudad de México.

INGENIERIA DEL SISTEMA DEL TRANSPORTE METROPOLITANO

- 5.- Ferrocarriles

ING. FRANCISCO M. TONGO

- 6.- Informe sobre el control altimétrico de las lineas 3,4,5,6, 7, del metro de la Ciudad de México.

INGENIERIA DEL SISTEMA DEL TRANSPORTE METROPOLITANO

- 7.- La planeación del metro en la Ciudad de México  
Ingeniería del Sistema de Transporte Metropolitano

INGENIERIA DEL SISTEMA DEL TRANSPORTE METROPOLITANO

- 8.- Posibles efectos de la eventual ampliación del metro en los Tiempos de Viajes.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

DIRECCION GENERAL DE TRANSITO Y TRANSPORTES

- 9.- Topografía General

ING. SABRO HIGASHIDA MIYABARA

- 10.- Tablas de Clotoides

DE PIERRE CLAUS