

4.  
2 ef



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TRAZO TOPOGRAFICO DEL "PROYECTO DEL ACUAFERICO"  
TRAMO AJUSCO - MILPA ALTA, D. F.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA

P R E S E N T A N

VERONICA PINEDA CAL Y MAYOR

JORGE SANCHEZ PAREDES

MEXICO, D. F.

1991

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## I N D I C E

### **CAPITULO I.- INTRODUCCION**

### **CAPITULO II.- ANTECEDENTES**

<i>II.1.- El Valle de México</i>	5
<i>II.2.- Descripción del Proyecto "ACUAFERICO"</i>	11
<i>II.3.- Análisis Preliminar de Demandas y Aportaciones</i>	15
<i>II.4.- Alternativas</i>	23
<i>II.5.- Análisis definitivo</i>	27
<i>II.6.- Ajuste de Demandas y Aportaciones</i>	32

### **CAPITULO III.- CONTROL TOPOGRAFICO HORIZONTAL**

<i>III.1.- Reconocimiento y Monumentación</i>	34
<i>III.2.- Orientación Astronómica</i>	40
<i>III.3.- Poligonal de Apoyo</i>	56
<i>III.4.- Trazo del Eje</i>	70
<i>III.5.- Planimetría</i>	75

### **CAPITULO IV.- CONTROL TOPOGRAFICO VERTICAL**

<i>IV.1.- Nivelación Geométrica de Precisión</i>	79
<i>IV.2.- Nivelación de Perfil</i>	94
<i>IV.3.- Secciones Transversales</i>	100

### **CAPITULO V.- CONCLUSIONES**

#### **BIBLIOGRAFIA**

## CAPITULO. I

### I.- INTRODUCCION.

*El área metropolitana de la Ciudad de México debido a su magnitud y acelerado desarrollo urbano e industrial de las últimas décadas, cuenta actualmente con una población aproximada de 17 millones de habitantes, ocasionando demandas considerables -- de servicios públicos, entre ellos el de agua potable, vital para la subsistencia y salud de la población.*

*Abastecer de agua a la Ciudad de México, ha sido por el desmedido crecimiento, una carrera persecutoria a la que todavía no se le ve final y que ha provocado serios daños a la urbe y a las zonas de donde se extrae el agua para su abastecimiento.*

*La sobreexplotación de los acuíferos ha provocado hundimientos del terreno que se han extendido en todas direcciones; -*

simplemente en el valle de Xochimilco-Tulyehualco se han producido depresiones del orden de los 4.0 metros en menos de 20 años; algo similar ha ocurrido en los valles de Toluca, Ixtlahuaca y Atlacomulco donde se han presentado fuentes agrietamientos del terreno.

Anteriormente existían manantiales en varias partes que -- han sido agotados y por otra parte, algunas áreas de riego por humedad o sub-irrigación han desaparecido, produciendo con ello, un cambio ecológico importante al afectarse la vegetación y el uso del suelo.

Otra consecuencia negativa de la sobreexplotación ha sido la extracción de agua que ha permanecido en contacto con el suelo durante años y que presenta mayores concentraciones de minerales disueltos, tales como hierro y manganeso, lo que ha provocado una disminución en la calidad del agua, que de continuar será necesario implementar procesos de potabilización a fin de entregar a los usuarios, agua con calidad satisfactoria. Asimismo, la proliferación de asentamientos humanos no controlados, sin servicios de drenaje y el abatimiento de los niveles piezométricos, -- también propician la contaminación bacteriológica de los acuíferos, especialmente en las zonas más permeables, es decir, en las fuentes mismas de su recarga; es por ello que este problema se empieza a tener ya en algunos pozos del sur tales como Tecomill y Chalco en el área de los rios Teoloyucan y en Almoloya, res--

pectivamente.

En virtud de lo anterior, se requiere de una planeación --  
permanente y programada de acciones tendientes a mejorar y am--  
pliar el sistema de conducción de agua potable. Es por ello que  
se hace necesario determinar la incorporación de nuevas fuentes  
de abastecimiento que satisfagan las demandas futuras de agua, y  
de esta manera tratar de cumplir con los objetivos políticos y -  
metas del Plan Maestro de Agua Potable que lleva a cabo la Direc-  
ción General de Construcción y Operación Hidráulica (D.G.C.O.H.)  
dependencia integrante del Departamento del Distrito Federal.

Por otra parte y dentro de las acciones que lleva a cabo -  
la D.G.C.O.H. en el ámbito urbano, está el de controlar y super-  
visar el sistema Cutzamala, el cual ya opera en su primera etapa  
abasteciendo el área metropolitana de la Ciudad de México, con -  
el agua que capta de las presas Villa Victoria, Valle de Bravo, -  
Coloncines, Chilesdó, El Bosque, Tuxpan e Ixtapam del Oro, y que  
es conducida mediante 6 plantas de bombeo, a través de 2 acueduc-  
tos paralelos de 100 Km de longitud cada uno; 2 túneles (Túnel -  
de "Agua Escondida" y el túnel "Anasco-San José") con una longi-  
tud total de 19 Km y finalmente un canal de 7.5 Km de longitud.

Es importante mencionar que del portal de salida del túnel  
"Anasco-San José" se derivan los ramales Norte y Sur, los cuales  
serán construidos en la periferia de la Ciudad de México y es --

por ello precisamente que a estos ramales se les ha denominado - " ACUAFÉRICO ", que serán conductos de agua potable con un diámetro establecido para ser utilizado en red primaria, con el -- fin de reforzar y mejorar la distribución del vital líquido y - que a su vez quedarán interconectados con algunas de las instalaciones hidráulicas existentes.

De esta manera y con objeto de contar con la infraestructura adecuada para captar y conducir los caudales de dicho sistema en sus etapas posteriores, la D.G.C.O.H. está llevando a -- cabo la construcción del Acuaférico, que actualmente se encuentra construido aproximadamente hasta el Km 10 del ramal sur citado.

En virtud de lo anterior, el objetivo del presente trabajo fué llevar a cabo los estudios topográficos del trazo definitivo del Acuaférico, en el tramo comprendido entre los kilómetros  $10+243.82$  y  $16+243.82$  correspondientes al Nuevo Ramal Sur; además, se incluye en este trabajo, el análisis y evaluación de alternativas del trazo topográfico, el censo de requerimientos de agua potable y los trabajos topográficos que se llevaron a -- cabo para determinar las afectaciones existentes en el tramo -- mencionado, para que sirvan de base a la posterior realización del proyecto ejecutivo del Acuaférico de acuerdo con la alternativa seleccionada.

## CAPITULO. II

### II.- ANTECEDENTES.

#### II.1.- EL VALLE DE MEXICO.

Al igual que en otras unbes del mundo, Los problemas de la Ciudad de México son producto de una compleja interacción de diversos factores políticos, económicos y sociales; sin embargo -- mientras que las grandes civilizaciones del mundo nacieron generalmente en las márgenes de un gran río, la de los Aztecas en -- 1325 se situó en un llano rodeado por lagos y por sierras de más de 5,000 metros de altura a 2,240 m.n.m.. Ciudad que en poco tiempo se convirtió en el centro indiyena más importante de la -- región, La Gran Tenochtitlan, hoy conocida como Ciudad de México, Distrito Federal.

El hecho de que la ciudad se localizara sobre una laguna,



marcó el inicio de una incesante lucha por y contra del agua.

Para abastecer de agua potable a la población de la Gran-Tenochtitlán, se recurrió primeramente a las fuentes superficiales disponibles; así, se construyó en el siglo XV el acueducto de Chapultepec que sirvió para conducir a la ciudad el agua captada de los manantiales.

Posteriormente y debido a la insuficiencia de las fuentes superficiales para satisfacer la demanda de agua y ante el acelerado crecimiento poblacional, se inició la perforación de pozos para extraer el vital líquido del manto acuífero de la Ciudad de México.

Los pozos construidos en el Distrito Federal, no fueron suficientes, por lo que hubo necesidad de captar agua del acuífero de Chiconautla y acudir a fuentes externas al valle de México, primero del Lerma en la década de los 50' y recientemente de la cuenca del Cutzamala, de donde el agua tiene que conducir se a lo largo de 127 Km y vencer un desnivel de 1,200 metros para llegar a La Ciudad de México.

El valle de México está situado en el borde sur de la meseta central (Lámina 1) con una extensión de 9,600 Km<sup>2</sup>; su forma es semejante a la de un elipse, cuyo eje mayor que va de noroeste a sureste, mide unos 110 Km y su eje menor que corre de este

a oeste, tiene una longitud de 80 Km. El valle está completamente rodeado de montañas, las altitudes de su planicie central oscilan entre los 2,240 y 2,390 m.s.n.m. y constituye una cuenca cerrada, sin salidas naturales para los escurremientos que se generan dentro de la misma.

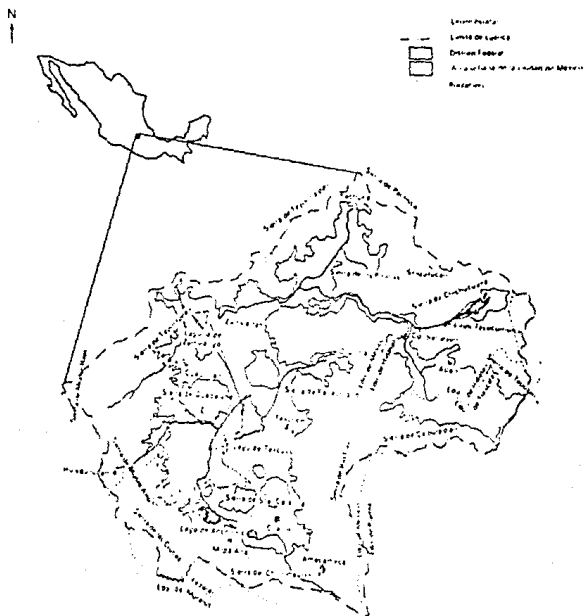


Lámina 1 Las sierras y los lagos de la cuenca del valle de México

El valle contiene varios lagos someros, de los cuales el de Texcoco es el mayor; le sigue en importancia la laguna de Zumpango localizada en el Noroeste, mientras que el lago de Chalco-tercero en importancia, se extinguió por completo a principios del presente siglo. Los dos primeros lagos y los canales de Xochimilco son los últimos vestigios de otros muchos mayores y más numerosos que formaban probablemente un solo cuerpo de agua poco profundo, al final de la época glacial. Hacia el Noroeste del Valle se ubica un área de numerosas elevaciones volcánicas y con depresiones que ocupan algunas lagunas someras como las de Apan, Tonach y Tecocomulco, las cuales desaparecen en el estiaje.

El Distrito Federal se asienta en la zona meridional, que es la que presenta las mayores y menores elevaciones. En esta zona las lluvias son las más copiosas, por lo que en algunas partes existe vegetación abundante. Durante la época de lluvias, -- los arroyos que descienden de sierras y lomas ubicadas al este y al oeste conducen sus aguas a la planicie central y desembocan en espacios pantanosos y en lagos, pero también afectan el área urbana del Distrito Federal.

El clima del valle de México se clasifica como subtropical de altura, templado, semiseco y sin estación invernal bien definida, y su temperatura media anual es de unos 15°C. En general las lluvias ocurren de Mayo a Octubre, y la época de secas abarca el resto del año. La precipitación media anual equivale a una

*lámina de 700 mm.*

*Las cadenas montañosas que rodean el valle lo protegen de las acciones directas de los huracanes. Las lluvias de verano -- que son las más intensas, generalmente tienen su origen en fenómenos convectivos que producen tormentas intensas concentradas -- espacialmente y de corta duración, en cambio, las lluvias de invierno son más extensas y de mayor duración, pero que generalmente no provocan inundaciones importantes debido a su baja intensidad.*

*La precipitación media anual aumenta en el valle, del noroeste hacia el suroeste, las lluvias se acentúan en las montañas del sur y del oeste, sin embargo, esta tendencia es mucho menos notable en el caso de precipitaciones de corta duración; por -- ello, los grandes chubascos o tormentas pueden ocurrir casi indistintamente en cualquier parte del valle, y en particular en -- cualquier punto del Distrito Federal.*

*La distribución temporal de las lluvias en el valle de México es muy desfavorable desde el punto de vista de su aprovechamiento o control, ya que casi la totalidad de la precipitación -- de un año se concentra en un número muy reducido de tormentas. -- Así, durante una sola tormenta es posible que se precipite entre el 7 % y el 10 % de la lluvia media anual; de este volumen más -- del 50 % se precipita en tan solo 30 minutos, lo que provoca --*

grandes crecientes.

De esta forma comienza a explicarse la paradoja que siempre ha vivido la ciudad de México, pues a través de su historia el exceso de lluvia ha contrastado con la falta de ella.

Por ser difícil controlar los escurrimientos generados durante las tormentas, la ciudad enfrenta el problema de desalojar estas aguas; pero, por otra parte, lucha por calmar su sed.

## 11.2.- DESCRIPCION DEL PROYECTO " ACUAFERICO "

Ante el crecimiento acelerado de la población uno de los principales problemas que aqueja al Distrito Federal, como ya lo mencionamos anteriormente, es la insuficiencia de abastecimiento de agua potable de las fuentes internas del Valle de México, lo que ha obligado a traerla de fuentes externas.

Por tal motivo, la D.G.C.O.H. ha iniciado la construcción del acueducto Perimetral del Distrito Federal denominado " ACUAFERICO ", infraestructura necesaria para la recepción de agua proveniente de los sistemas Cutzamala, Alto Amacuzac y las correspondientes al Lerma. Este proyecto parte en una primera etapa que inicia desde el portal de salida del túnel Analco-San José hasta la trifurcación denominada "Plateros-Cruceño No.2-Cerro del Judío", y que se localiza en el Ramal Sur, con una longitud de 10 Km aproximadamente.

La segunda parte, denominada Nuevo Ramal Sur, se inicia en la trifurcación del Cerro del Judío y cuenta con una longitud de 13.5 Km de proyecto aproximadamente, a lo largo de los cuales se ubican las siguientes derivaciones:

*DERIVACION**CADENAMIENTO*

<i>Las Tonnes</i>	<i>0+000</i>
<i>Picacho</i>	<i>3+300</i>
<i>Primera Derivación</i>	<i>10+500</i>
<i>Derivaciones para Las Localidades del sur</i>	<i>11+500</i>
<i>Segunda Derivación</i>	<i>13+500</i>

*El proyecto " ACUAFERICO " se inicia en el portal de salida del túnel "Plateros-cruceño No.2-Cerro del Judío", ubicado en la margen izquierda del río Texcalatlaco el cual delimita las delegaciones Alvaro Obregon y Magdalena Contreras, con un sifón de 88.54 m. de longitud integrado por dos tuberías de acero de 2.5m de diametro, el cual atraviesa el río Texcalatlaco en forma aérea, terminando en la estación 0+105.84 donde se localiza la estructura de transición sifón-túnel, que tiene una longitud de 10.0 m en la ladera noroeste del Cerro del Judío.*

*El portal de entrada del túnel No. 1 se ubica en la estación 0+115.24; y la longitud del túnel es de 2,939.00 m.*

*El conducto es de sección circular de 4.0 m. de diametro, alojado en una sección tipo hennaduna de 5.0 m. de diametro, el cual atraviesa el Cerro del Judío ubicado en la delegación Magdalena Contreras.*

El portal de salida se encuentra en la estación 3+054.24, donde se inicia la estructura distribuidora de gastos que se ubica en la ladera sureste del Cerro de las Tres Cruces, de donde parte la derivación Línea Picacho Ladera abajo.

En la estación 3+069.24 se inicia el sifón No. 2 el cual tiene una longitud de 298.00 m, cruzando el río Providencia bajo el cauce; el sifón termina en la estación 3+367.24, donde se localiza la estructura de transición sifón-túnel.

Para los portales de los túneles No. 1 y No. 2, el acceso se tiene tomando el periférico hacia el sur, saliendo en Luis Cabrera, continuando por la misma hasta la Av. Conona del Rosal entroncando con la avenida San Bernabé hasta encontrar la calle de las Cruces, partiendo de esta calle se tiene acceso a todos los sitios buscando las diferentes calles y caminos que van desde San Bernabé hasta los Dinamos.

El portal de entrada del túnel No. 3 está en la estación 4+290 siendo la longitud del túnel de 2,755.15 m, y se ubica en el ejido de San Nicolás Totolapan, en los límites de las delegaciones Magdalena Contreras y Tlalpan, se termina en la estación 7+045.15.

El acceso de este túnel se tiene por el camino Dinamos de Contreras a la altura del primer Dinamo.



El túnel No. 4 se inicia en la estación 7+054.15 y la longitud del túnel es de 3,495.83 m, este túnel se ubica en la colonia Ejidal del Pedregal y el Parque Nacional del Ajusco. El portal de salida de éste túnel está en la estación 10+549.98, en este punto inicia la estructura distribuidora de gastos la cual termina en la estación 10+564.98.

Para su acceso se continúa por la carretera Picacho hacia el Ajusco hasta el Km 5.4, donde se toma una brecha a mano izquierda que nos conduce al sitio mencionado.

### II.3.- ANALISIS PRELIMINAR DE DEMANDAS Y APORTACIONES

Debido a que la construcción del Acuaféxico hacia el oriente del valle obedece principalmente a la necesidad de proporcionar servicios al sureste de la Ciudad, se tuvieron que estimar en primera instancia las demandas y aportaciones para los años de 1986 y 1991 en las delegaciones de Xochimilco, Tlahuac, Iztapalapa, Iztacalco, Venustiano Carranza y Milpa Alta.

Por otra parte se escogió el año de 1991 por considerar que en esta fecha se tendrían finalizadas las obras que permitieran conducir las aportaciones de los ríos Cutzamala y Amacuzac, así como la construcción del ramal Sur del Acuaféxico.

Finalmente y con objeto de estimar los posibles excedentes en las aportaciones del túnel No. 2 (Ramal Sur), se estimaron las demandas y aportaciones en la Delegación Tlalpan.

En la siguiente tabla, se presentan las estimaciones preliminares de aportaciones y demandas de agua en las Delegaciones de Xochimilco, Tlahuac, Iztapalapa, Iztacalco, Venustiano Carranza y Milpa Alta.

## DEMOGRAFIA

Delegación	1970 (hab.)	1980 (hab.)	Tasa de crecimiento % anual	1986 (hab.)	1991 (hab.)
Xochimilco	116,493	215,373	6.1	307,244	389,354
Tlahuac	62,419	158,120	9.3	269,592	384,759
Iztapalapa	522,095	1'126,178	7.7	1'757,523	2'364,635
Iztacalco	477,331	607,181	2.7	712,428	792,542
V.Cannanga	721,529	748,318	0.4	946,861	1'107,693
Milpa Alta	33,691	54,937	4.8	72,783	87,797
				<u>4'066,431</u>	<u>5'126,780</u>

## REQUERIMIENTOS DE AGUA EN 1986

Población	=	4'066,431	hab.
Dotación	=	300	lt/hab./día
Qmedio	=	$\frac{4'066,431 \times 300}{86,400}$	= 14,120 lt/seg.
Qmedio	=	14.120	m <sup>3</sup> /seg.

APORTACIONES EN 1986

Sun	Q (m <sup>3</sup> /seg.)
Pozos Aislados -----	0.800
Pozos del sun -----	6.932
Ampliación Tlahuac -----	0.763
Tlahuac -----	0.573
Tulyehualco -----	0.800
	<u>          </u>
	SUMA : 9.868

Oriente	
Pozos del Peñon -----	1.145
Texcoco-Peñon -----	0.600
Milpa Alta -----	0.078
	<u>          </u>
	SUMA : 1.823
	TOTAL : 12.691

BALANCE EN 1986

Demandas	=	-14.120	m <sup>3</sup> /seg.
Aportaciones	=	<u>11.691</u>	m <sup>3</sup> /seg.
Déficit	=	-2.429	m <sup>3</sup> /seg.

REQUERIMIENTOS DE AGUA POTABLE EN 1991

Población	=	5'126,780	hab.
Dotación	=	300	Lt./hab./día
		$5'126,780 \times 300$	
Qmedio	=	$\frac{\text{-----}}{86,400}$	= 17,801 Lt./seg.
Qmedio	=	17.801	m <sup>3</sup> /seg.

APORTACIONES EN 1991

Oriente	Q (m <sup>3</sup> /seg.)
Pozos de Sta. Catarina -----	0.750
Sun	
Chalco -----	0.300
Bajo Amacuzac -----	<u>6.500</u>
	SUMA : 7.550

BALANCE EN 1991

Demanda	=	-17.801	m <sup>3</sup> /seg.
Apontación	=	$\frac{11.691}{1.440} + 7.550$	= 19.241 m <sup>3</sup> /seg.
Superávit	=	1.440	m <sup>3</sup> /seg (utilizable en ampliación en Chalco).

Estimación preliminar de aportación y demanda de agua potable en la Delegación Tlalpan.

DEMOGRAFIA

Delegación	1970	1980	Taza de crecimiento anual	1986	1991
	(hab.)	(hab.)	% anual	(hab.)	(hab.)
Tlalpan	130,719	337,995	9.4	579,447	850,010

REQUERIMIENTOS DE AGUA POTABLE EN 1986

Población	=	579,447	hab.
Dotación	=	300	lt/hab./día
Qmedio	=	$\frac{579,447 \times 300}{86,400}$	= 2,011.9 lt/seg.
Qmedio	=	2.012	m <sup>3</sup> /seg.

### APORTACIONES DE AGUA POTABLE EN 1986

Aunque no se contó con datos precisos, se asumió que un 60 % de la población contaba con el servicio de agua potable, por lo que:

$$Q = 0.60 \times 2,012 \text{ lts/seg.}$$

$$Q = 1,207.2 \text{ lts/seg.}$$

$$Q = 1.207 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

### BALANCE EN 1986

$$\text{Demanda} = -2,012 \text{ lts/seg.}$$

$$\text{Aportación} = \frac{1,207}{\phantom{000}} \text{ lts/seg.}$$

$$\text{Déficit} = -805 \text{ lts/seg.}$$

### REQUERIMIENTO DE AGUA POTABLE EN 1991

$$\text{Población} = 830,010 \text{ hab.}$$

$$\text{Dotación} = 300 \text{ lts/hab./dia}$$

$$Q_{\text{medio}} = \frac{830,010 \times 300}{86,400} = 2,881.98 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{\text{medio}} = 2.882 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

APORTACIONES DE AGUA POTABLE EN 1991

Apuntación fija	=	1,207	Lts/seg.
Túnel No. 2	=	8,000	Lts/seg.
Total	=	9,207	Lts/seg.

BALANCE EN 1991

Demanda	=	- 2,882	Lts/seg
Apuntación	=	9,207	Lts/seg
		-----	
Superávit	=	6,325	Lts/seg



*Evaluando el análisis preliminar de demandas y aportaciones presentadas en las tablas anteriores, se concluyó que la aportación de 8.0 m<sup>3</sup>/seg del Túnel No. 2 ( Ramal Sur ) para el año de 1991 deja un superávit aproximado de 6.0 m<sup>3</sup>/seg para la zona sur-oriente del área metropolitana con la cual se satisface la demanda de la Delegación de Tlalpan.*

*En la zona sur-oriente, la aportación de 6.5 m<sup>3</sup>/seg del Bujo Amacuzac practicamente equilibra en 1991 las demandas de las Delegaciones Tlahuac, Xuchimilco, Iztapalapa, Iztacalco, Venustiano Carranza y Milpa Alta.*

*Por otra parte y tomando en cuenta que las aportaciones de agua provenientes del exterior del valle de México no solo deben satisfacer las demandas para el año de 1991, sino que también deben satisfacer las aportaciones de los pozos del área metropolitana a efecto de frenar el hundimiento de la ciudad entre otras razones, se advierte que la aportación del Bujo Amacuzac será insuficiente para abastecer la zona sur-oriente de la ciudad, por lo que será necesario que gran parte del superávit en el Túnel No. 2 sea conducido al sur-oriente y consecuentemente la parte restante del agua del sur-veste deberá ser utilizada para reponer el agua que deje de extraerse de pozos de la zona.*

#### 11.4.- ALTERNATIVAS

Una vez fijados los criterios preliminares en cuanto al funcionamiento hidráulico del tramo sur del acuaferico, se procedió a plantear las posibles opciones de solución a la conducción del vital líquido. Y dado que se estableció el localizar la conducción en las elevaciones más altas posibles, por razones de cubrir la mayor cantidad de área conurbada, puede tener el menor número de afectaciones urbanas, y de dar flexibilidad para ubicar tanques, en sus inmediaciones, fué que se consideró que la conducción debe tener una pendiente geométrica uniforme paralela al gradiente hidráulico.

En primera instancia se propuso un conducto circular de 3.00 m. de diámetro, en razón de ser esta la dimensión mínima -- construible en túnel. Esto último obedeció a que la topografía -- de la zona, así como el crecimiento urbano obligó a una traza mayormente en las faldas de la envolvente montañosa del sur del -- valle.

No obstante, y debido a que algunos tramos de la posible ruta, del Ramal Sur del acuaferico se encuentra en lomerío suave es posible que en ellos se proponga tubería de concreto reforzado, también de 3.00 m. de diámetro por uniformidad, aunque por capacidad esté sobrado.

Por lo anteriormente expuesto fue posible plantear dos rutas de conducción de agua, que se confundirán en unos tramos y en otros serán sensiblemente paralelos.

La primera de ellos fue una opción combinada de túnel y -- tubería, en tanto que la segunda será exclusiva de túnel.

A continuación se presenta el análisis de las dos opciones.

Opción combinada

CARACTERISTICAS GENERALES

Km	Longitud	Tipo de conducto
0+000 - 7+300	7,300.0	Tubería
7+300 - 11+200	3,900.0	Túnel
11+200 - 12+400	1,200.0	Tubería
12+400 - 17+900	5,500.0	Túnel
17+900 - 20+100	2,200.0	Tubería
20+100 - 24+700	4,600.0	Túnel

RESUMEN

Longitud de Túnel	14,000 m.
Longitud de Tubería	<u>10,700 m.</u>
Longitud total	24,700 m.

El hecho de tener cerca de 11.0 Km. de tendido de (40% -- del total) tubería en esta opción, implicaría una afectación -- de 20 m a cada lado del trazo como derecho de vía, además de la construcción de caminos de acceso, lo que propiciaría la conurbación de las áreas adyacentes a los derechos de vía y caminos de acceso, que llegarían a funcionar como vialidades.

De aceptarse esta propuesta, implicaría construir la tubería en el sitio, lo que constituiría grandes acarneos de equipo y materiales, además de la suspensión de los trabajos en la época de lluvias; asimismo, los aspectos legales y políticos de -- las afectaciones sería otro factor a considerar, de difícil solución.

Desde el punto de vista económico, su costo podría ser ligeramente inferior a la opción uniforme.

#### Opción uniforme

#### CARACTERISTICAS GENERALES

Longitud de Túnel	=	24,000.0 m
Alimentación a tanques	=	800.0 m
Longitud total	=	24,800.0 m

En esta opción, no habrían problemas de funcionalidad, el trazo quedaría supeditado a un estudio de mecánica de suelos especializado al enfoque de túneles.

La longitud es prácticamente la misma que la longitud de la opción combinada, requiriéndose solo caminos de acceso a los sitios donde se construyen lumbreras, siendo las afectaciones mínimas en comparación con la opción combinada; sin problemas derivados de conurbación, inclusive se podría trabajar en época de lluvias y además, los problemas legales y políticos derivados de las afectaciones serían mínimos.

Debido a que la diferencia en costo es mínima, la decisión a favor de la alternativa uniforme se basó en su mayor funcionalidad, trabajabilidad, y menores afectaciones y problemas derivados de ellas.

En virtud de lo anterior, se tomó la decisión de manejar la alternativa uniforme, dado que la diferencia en costo es mínima, que ofrece mayor funcionalidad, opción a trabajar continuamente y presenta menores problemas de afectación.

## 11.5.- ANALISIS DEFINITIVO

### Especificaciones de túneles:

Para definir los diferentes trazos topográficos realizados de las opciones consideradas, la D.G.C.O.H. fijó las siguientes especificaciones generales:

Colchón mínimo : -----	Dos diámetros
Distancia máxima entre lumbreras : ----	2 Km ( $\pm 10$ %)
Profundidad tolerable de lumbreras : ---	100 m ( $\pm 25$ %)
Deflexión máxima en planta : -----	45°
Radio de curvatura mínima : -----	200 m

Considerando estas especificaciones de túnel fijadas por la D.G.C.O.H., se plantearon 4 opciones para el proyecto del trazo del túnel. mismas que a continuación se presentan y que para efectos de comparación se ilustran en los planos de Análisis Definitivo de Alternativas ( Plano No. 1 y No. 2 ).

Estas opciones partieron del inicio del tramo objeto del presente trabajo hasta la Delegación de Milpu Alta.

### OPCION No. 1

La primera opción considerada se caracterizó por un trazo lo más recto posible a efecto de tener el menor desarrollo.

El inconveniente de elegir este trazo fue el de tener tres lumbreas fuera de tolerancia con profundidades de 260.0, 170.0 y 160.0 m respectivamente, así como 9.0 Km de túnel con profundidades mayores de 100.0 m.

#### OPCION No. 2

A efecto de eliminar las lumbreas y tramos mayores de 100.0 m de longitud, se efectuó un segundo trazo en el que todas las lumbreas están dentro de tolerancia. Sin embargo, el desarrollo de este trazo se eleva a 24 Km, es decir, 2 Km más que el No. 1.

Así mismo, el número de quiebres se duplica, volviéndose sinuoso y bordeando zonas rocosas de difícil acceso para lumbreas.

#### OPCION No. 3

En el trazo No. 3 se intentó disminuir el número de quiebres y acortar en lo posible el desarrollo previsto en la opción No. 2.

Ambos objetivos se lograron moderadamente al disminuirse algunos quiebres y acortar el desarrollo en 400.0 m aproximadamente.

Aún cuando una sola lumbrera quedó fuera de tolerancia, aparecen aproximadamente 1.5 Km de Acuaférico con profundidades de hasta 230.0 m.

#### OPCIÓN No. 4

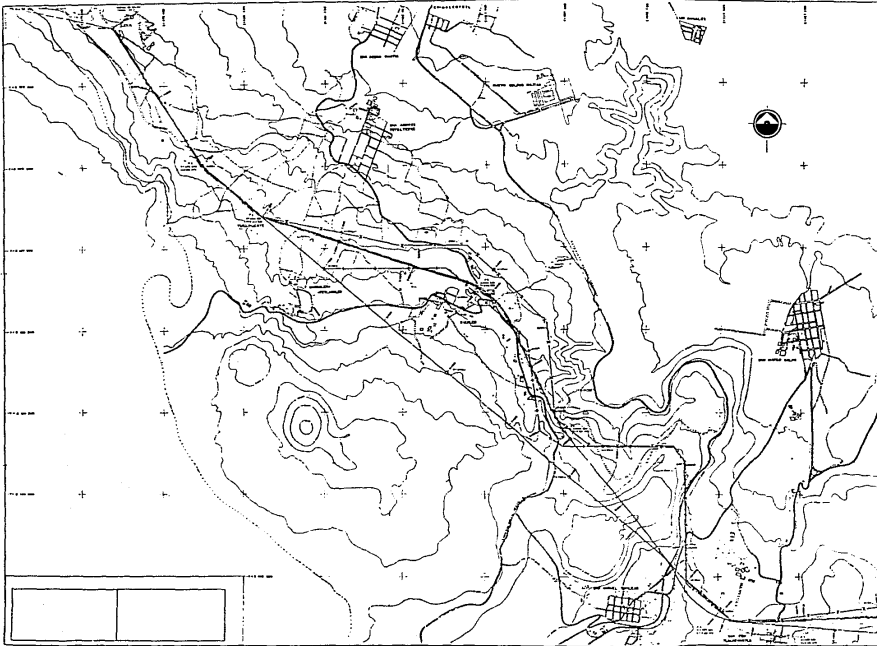
El cuarto trazo se constituyó en un trazo intermedio entre el No. 1 y el No. 3, el cual acosta el desarrollo a 22.3 Km es decir, solo 300.0 m más que el No. 1 localizando en cambio todas sus lumbreras dentro de tolerancia, aún cuando aproximadamente 2.1 Km de túnel tienen profundidades superiores a 100.0 m.

El número de quiebres disminuyó a un mínimo cercano al trazo No. 1

En razón de que el desarrollo de la opción No. 4 es solo 300.0 m mayor que la opción No. 1, de que sus lumbreras y deflexiones se encuentran dentro de tolerancia, y de que el número de quiebres fué moderado, se concluyó que ésta opción (No. 4) fué la más recomendable para su trazo en campo.

Cabe aclarar que este trazo podría sufrir ajustes en razón de las circunstancias que vayan apareciendo en campo, teniendo en consideración también que la localización y características de las lumbreras podrían sufrir modificaciones por razones de accesibilidad para el trazo.





**SIMBOLOGIA**


[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]
[Symbol]	[Symbol]

**INDICE DE HOJAS**

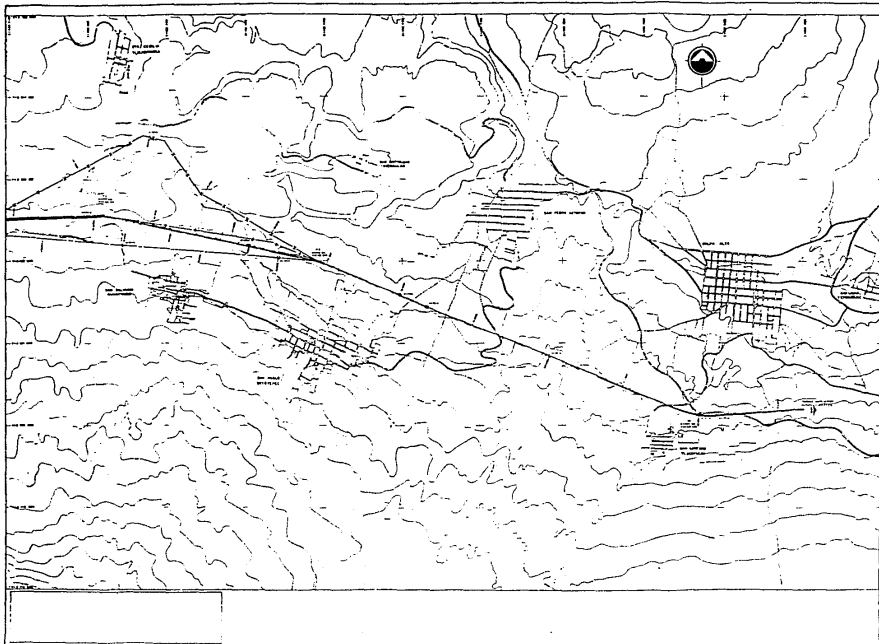


**NOTAS:**  
 ---  
 ---

ESCALA GRAFICA 1:10,000


**DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA FEDERAL DE OBRAS**  
**DIRECCION DE CAL, DE INSTALACION Y SERVICIOS URBANOS**  
**DIRECCION TECNICA**  
**ESTUDIO PRELIMINAR DE UN PLAN DE** NITRO  
**ANALISIS DEFINITIVO** HOJA 23  
**DE ALTERNATIVAS** ESCALA  
**TRAZO EN PLANTA** 1:10,000





**SIMBOLOGÍA**

—	Limite municipal
- - -	Limite de sección
—	Río
—	Cajón
- - -	Cajón
- - -	Cajón
- - -	Cajón
- - -	Cajón
- - -	Cajón
- - -	Cajón
- - -	Cajón
- - -	Cajón
- - -	Cajón
- - -	Cajón
- - -	Cajón

**INDICE DE HOJAS**



**NOTAS:**  
 1. En caso de tener modificaciones, debe ser enmendado el presente planimétrico y referenciar las modificaciones.  
 2. Este documento es propiedad del Departamento de Boyacá y no debe ser usado sin su consentimiento.

Escala Gráfica: 1:25,000

**D** DEPARTAMENTO DEL DISTRICTO FEDERAL  
**DR** SECRETARÍA GENERAL DE OBRAS  
 DIRECCIÓN GENERAL DE MANUTENCIÓN Y OBRAS PÚBLICAS

**DIRECCIÓN TÉCNICA**

ESTUDIO DE OBRAS PUBLICAS No. 25 DE 1962 DEL PUNTO 1

ESTUDIOS E INTERFERENCIAS DE TRAZADO DE OBRAS

ANÁLISIS DEFINITIVO

DE ALTERNATIVAS

TRAZO EN PLANTA

VOL. 02

NOV 62

NOV 62

NOV 62

NOV 62

## 11.6.- AJUSTE DE DEMANDAS Y APORTACIONES

De acuerdo a la planeación expuesta en el análisis preliminar de demandas y aportaciones, se consideró una aportación - de  $6.5 \text{ m}^3/\text{seg}$  en el sur-este del área metropolitana, procedente del Bajo Amacuzac.

Verificando los planes de la Comisión de Aguas del Valle de México (C.A.V.M.) en Agosto de 1986, se encontró descartada esta opción debido a las excesivas longitudes y desniveles por vencer, así como su mala calidad. En compensación se consideró un caudal menor ( $5.0 \text{ m}^3/\text{seg}$ .) a mediano plazo procedente de la zona de Temascaltepec, concluyendo que las aportaciones futuras adicionales serán alimentadas al sistema por el poniente del -- área metropolitana.

Considerando que la demanda de las delegaciones de Xochimilco, Tlahuac, Iztapalapa, Iztacalco, Venustiano Carranza y -- Milpa Alta, podría ascender según lo determinado anteriormente a  $17.801 \text{ m}^3/\text{seg}$ . para el año de 1991, en este año deberán haber sido retirados de explotación la mayor parte de los pozos, punto que la demanda del acuífero será de un caudal similar.

Tomando en cuenta que el tramo de Llagada al Km.10+243.82 inicio del tramo motivo del presente estudio, y que hace con un diámetro de 4.00 m con una pendiente de 0.1 %, se tendrá una ca

pacidad de conducción de  $30.50 \text{ m}^3/\text{seg.}$  aproximadamente.

Debido a que el diámetro construable en túnel es de  $3.00\text{m}$  y que la pendiente mínima recomendable fijada por La D.G.C.O.H. del D.D.F. para conservar el acuífero en elevaciones lo más alto posible es del  $0.1 \%$ , para estos datos hidráulicos se tenía una capacidad de  $14.2 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Si como ya se apuntó anteriormente, se desea tener una capacidad para  $17.68 \text{ m}^3/\text{seg.}$  más un remanente de agua potable aun no determinado para Chalco, se tiene que el diámetro de  $3.0\text{m}$  es insuficiente al-menos en los primeros tramos.

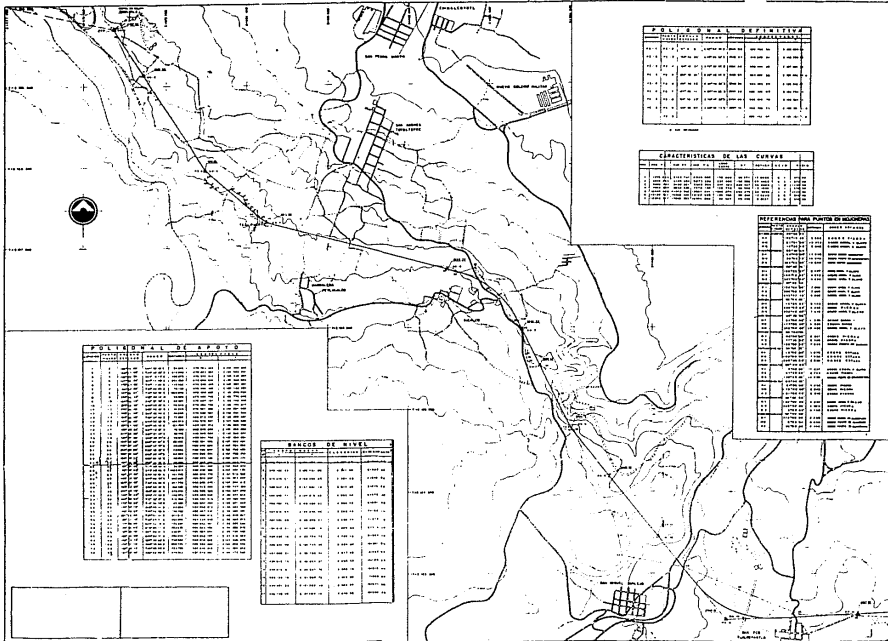
Finalmente y en virtud de que para los efectos de este estudio es suficiente fijar en forma aproximada el diámetro y la pendiente, se concluyó fijar el diámetro en  $4.0\text{m}$  y optar por la pendiente del  $0.1 \%$ , que asegurarían en caso de escogerse un diámetro intermedio la vigencia del trazo topográfico.

## C A P I T U L O . I I I

### III.- CONTROL TOPOGRAFICO HORIZONTAL.

#### III.1.- RECONOCIMIENTO Y MONUMENTACION.

Con el fin de conocer la posición exacta en campo de los puntos de inflexión (PIs) del proyecto ACUAFERICO, se procedió al reconocimiento del terreno, realizando recorridos por la zona. Con base en la posición del vértice V-276 de la poligonal de apoyo del tramo anterior y el PI-1 correspondiente al punto de inicio del presente trabajo, se tomó como rumbo de partida el rumbo SE  $32^{\circ}32'21''$ , de la línea PI-1 al PI-2 como se muestra en el croquis anexo (fig.2), el cual se tomó de los datos geométricos del "Plano General del Eje de Trauzo y Bancos de Nivel" (Plano No.3) proporcionado por la D.G.C.O.H. y con el auxilio de la brújula se prolongó dicha dirección, dejando referencias en el terreno durante el recorrido, a efecto de su localización posterior.



**POLIGONO DEFINITIVO**

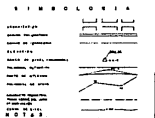
LINEA	ESTACION	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA
1	1+00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	2+00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
1	3+00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
1	4+00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
1	5+00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
1	6+00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
1	7+00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
1	8+00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
1	9+00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
1	10+00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00

**CARACTERÍSTICAS DE LAS CURVAS**

LINEA	ESTACION	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA
1	1+00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	2+00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
1	3+00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
1	4+00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
1	5+00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
1	6+00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
1	7+00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
1	8+00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
1	9+00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
1	10+00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00

**REFERENCIAS PARA PUNTO DE MEDICIÓN**

LINEA	ESTACION	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA
1	1+00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	2+00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
1	3+00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
1	4+00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
1	5+00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
1	6+00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
1	7+00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
1	8+00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
1	9+00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
1	10+00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00



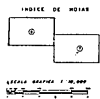
1. Este plano se elabora en virtud de los datos suministrados por el interesado.
2. El presente plano tiene carácter de preliminar y no debe utilizarse para otros fines.
3. El presente plano no garantiza la exactitud de las mediciones.
4. El presente plano no garantiza la exactitud de las mediciones.
5. El presente plano no garantiza la exactitud de las mediciones.
6. El presente plano no garantiza la exactitud de las mediciones.
7. El presente plano no garantiza la exactitud de las mediciones.
8. El presente plano no garantiza la exactitud de las mediciones.
9. El presente plano no garantiza la exactitud de las mediciones.
10. El presente plano no garantiza la exactitud de las mediciones.

**POLIGONO DEFINITIVO**

LINEA	ESTACION	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA
1	1+00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	2+00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
1	3+00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
1	4+00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
1	5+00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
1	6+00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
1	7+00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
1	8+00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
1	9+00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
1	10+00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00

**BANCOS DE NIVEL**

LINEA	ESTACION	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA
1	1+00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	2+00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
1	3+00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
1	4+00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
1	5+00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
1	6+00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
1	7+00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
1	8+00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
1	9+00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
1	10+00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00



**DEPARTAMENTO DEL GOBIERNO FEDERAL**

**SECRETARIA GENERAL DE OBRAS**

**DIRECCION TECNICA**

**PROYECTO DEL SUBSISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MEXICO**

**PLANO GENERAL DE C.A. DE TRAZO Y BANCOS DE NIVEL**

**NO. 100**

**FECHA: 1950**

**ELABORADO POR: [ ]**

**REVISADO POR: [ ]**

**APROBADO POR: [ ]**

# CROQUIS DE LIGA DE TRAZO

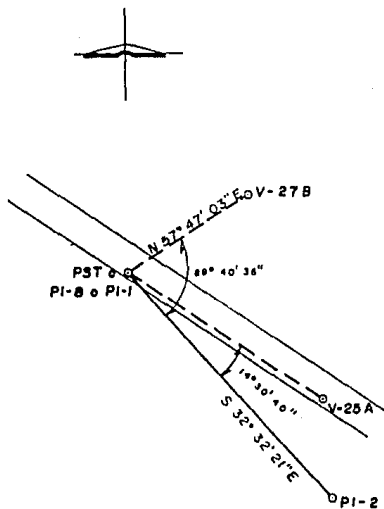


FIG. 2

Una vez confirmada la ubicación en campo del PI-2, se continuó el recorrido de campo siguiendo el rumbo de la línea PI-2 PI-3, ilustrada en el plano N° 3, hasta conocer la ubicación -- del PI-3; de igual manera se prosiguió para la localización del PI-4.

Ubicados los puntos de inflexión ( PIs ) y debido a que - los lugares por donde atraviesa el Eje del Acuasférico, es zona boscosa de coníferas, áreas semiurbanas y urbanas, no fue posible trazar el eje directamente, es decir, medido de PI a PI y establecer estaciones parciales a cada 20 m; por lo que se trazó indirectamente por medio de una poligonal de apoyo, localizando las estaciones más convenientes de acuerdo con la topografía misma del terreno, así como las condiciones de visibilidad, estabilidad y acceso, procurando que dicha poligonal fuese lo más próxima y paralela posible al Eje del proyecto definitivo.

Acto seguido, se procedió a la materialización de los vértices de la poligonal de apoyo, así como de los puntos más importantes del trazo, como son los PCs y PTs, construyendo para ello monumentos de concreto de tipo piramidal y cilíndrico.

A continuación se citan las características técnicas de los monumentos referidos.



### TIPO PIRAMIDAL:

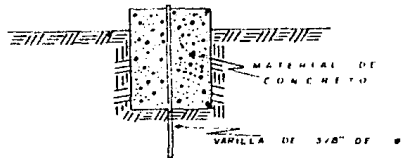
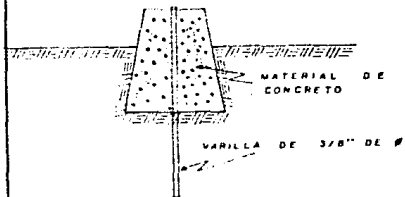
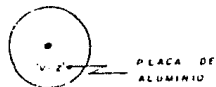
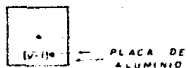
Base mayor -----	0.30 x 0.30 m
Base menor -----	0.20 x 0.20 m
Altura -----	0.50 m

### TIPO CILINDRICA:

Diámetro base -----	0.40 m
Altura -----	0.50 m

A estos monumentos, se les incrustó en la parte superior y al centro una varilla de  $3/8"$ , sobresaliendo 0.50 cm para definir el punto, además se les colocó en la cara lateral una placa de aluminio con el número de vértice grabado con el fin de su fácil identificación (fig.3).

Para garantizar la estabilidad de los vértices, los monumentos quedaron enterrados 0.30 m a nivel del terreno, sobresaliendo 0.20 m para su posterior localización.



TIPO PIRAMIDAL

TIPO CILINDRICA

Fig. 3: MONUMENTOS

### III.2.- ORIENTACION ASTRONOMICA.

Para el trazo de un proyecto de Ingenieria, es necesario partir de una línea base, la cual debe tener una dirección, ya sea arbitraria, magnetica ó astronómica.

La orientación arbitraria se toma a criterio para dar dirección a la línea base sin tomar en cuenta su posición terrestre.

La orientación magnética, se utiliza en trabajos que no requieren una dirección exacta, por lo que para este tipo de orientación generalmente se emplea la brújula.

En trabajos donde se requiere contar con una dirección con mayor exactitud que la que se puede obtener con la brújula, se emplea la orientación astronómica. Esta orientación como su nombre lo indica, se lleva a cabo haciendo observaciones a los astros.

La determinación del azimut de una línea, es indispensable para el cálculo de posiciones geográficas, y así mismo, para obtener las coordenadas de un levantamiento topográfico. En el caso del presente trabajo, se decidió orientar una línea base astronómicamente, haciendo observaciones al sol.

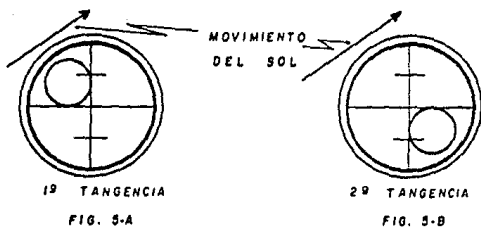
A continuación se mencionan los métodos para la determinación del azimut de una línea por medio de observaciones al sol.

#### METODO DE DISTANCIAS CENTALES ABSOLUTAS

En este método, los ángulos Horizontales y Verticales que se requieren se obtienen visando al centro del disco solar; el procedimiento de campo más práctico, consiste en tomar dos medidas haciendo que el disco solar quede tangente a los hilos de la retícula; primero en un cuadrante (Fig. 5-A) y después en otro cuadrante diagonalmente opuesto (Fig. 5-B). Los promedios de los ángulos así medidos, se consideran como tomados al centro del sol, siempre que entre una observación y otra no transcurra mucho tiempo, ya que el sol cambia de posición con rapidez (5 minutos es lo máximo recomendable).

Al cambiar de cuadrante conviene también cambiar la posición del anteojo, de posición directa a inversa, con el fin de eliminar errores instrumentales. Las observaciones deben hacerse preferentemente en la mañana, entre las 8 y 9 horas ó en la tarde, entre las 15 y 16 horas, puesto que es conveniente que la altura del sol no sea menor de  $10^\circ$  para evitar incertidumbre en la refracción, y si la altura es grande la observación se dificulta por la posición del anteojo (entre  $20^\circ$  y  $30^\circ$  de altura es la posición más recomendable).

Para que las observaciones sean lo más cercanas posibles entre sí, deben escogerse para las tangencias dos cuadrantes - diagonalmente opuestos que queden a ambos lados del movimiento del sol.



Cada par de tangencias opuestas constituye una observación y para tener seguridad en la obtención del azimut de la línea, - debe hacerse una serie cuando menos de tres observaciones, para que el azimut finalmente obtenido para la línea sea el promedio de los calculados en cada una.

Si el sol se observó en la mañana su azimut se contará a partir del norte hacia el este, y si se observó en la tarde después de su paso por el meridiano, el ángulo que resulte para el azimut será hacia el oeste. Este método, es empleado generalmente para trabajos ordinarios.

#### METODO DE DOS POSICIONES

Este procedimiento de observación es similar al método anterior, y las observaciones al disco solar deben realizarse en la mañana, entre las 7 y 9 horas ó en la tarde, entre las 15 y 17 horas para que la altura del sol no sea grande. Al aplicar este método, se deben realizar dos observaciones lejos del medio día con un intervalo de 20 minutos cada una.

#### METODO DE ALTURAS IGUALES

Das posiciones del sol con igual altura, a ambos lados del meridiano, son simétricas respecto a éste. Es por esto, que la directriz del meridiano de un lugar estará en la bisectriz del ángulo horizontal formado por dos visuales al sol, cuando este tiene alturas iguales, antes y después de su culminación en el meridiano.

Conviene observar al sol cerca de su paso por el meridiano para que no haya que esperar mucho tiempo a que vuelva a bajar y entrar al hilo horizontal del instrumento, y centrarlo -- con el hilo vertical.

Después de haber hecho la primera observación, no deberá tocarse para nada el movimiento vertical del anteojo, con objeto de conservar el mismo ángulo de altura.

El método que se utilizó para la realización de este trabajo fue el de *DISTANCIAS ABSOLUTAS AL SOL*.

#### *EQUIPO UTILIZADO*

- Teodolito WILD T-2
- Termómetro
- Barómetro
- Equipo complementario

En la medición de ángulos el teodolito es parte fundamental, y para tener mayor certeza en los datos obtenidos, es necesario que este instrumento cumpla con los siguientes condiciones:

1: La directriz del nivel debe ser perpendicular al eje azimutal.

Comprobación.- se nivela el aparato, se imprime un giro de  $180^\circ$  al rededor del eje azimutal, si en esta nueva posición la burbuja permanece centrada (no se sale de sus reparos), se cumple la condición enunciada (fig. 6-A).

Por el contrario, si la burbuja se sale de sus reparos -- (fig. 6-B), lo que se separa del centro, es el doble del error. En este caso requiere un ajuste.

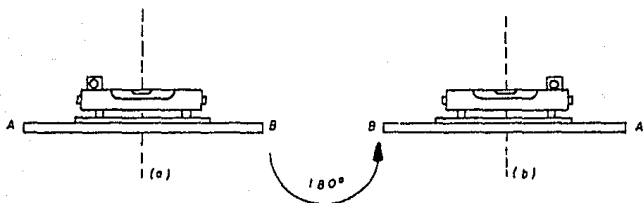


Fig. 6-A: Eje del nivel del plano perpendicular al eje -- Vertical.

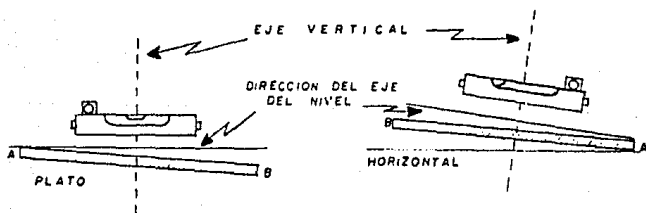


Fig. 6-B: Eje del nivel del plato haciendo un ángulo con la horizontal.

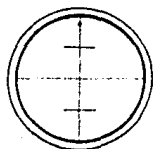


*Ajuste.*— Se efectúa sobre la segunda posición, corrigiendo la mitad con los tornillos de ajuste del nivel y la otra mitad con los tornillos de nivelar.

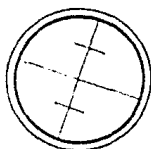
Es necesario comprobar repitiendo el procedimiento hasta lograr el ajuste.

B: El hilo vertical de la retícula debe estar en un plano perpendicular al eje de alturas.

*Comprobación.*— Por construcción los hilos de la retícula deben ser perpendiculares entre sí. Se enfoca un punto lejano en una pared ó poste, se hace coincidir el punto en el extremo del hilo vertical de la retícula: se gira lentamente el aparato con el tornillo de movimiento tangencial vertical. El punto debe verse coincidente con el hilo hasta el otro extremo, si esto ocurre se cumple la condición (Fig. 7).



POSICION CORRECTA



POSICION INCORRECTA

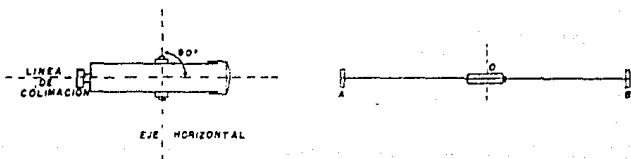
FIG. 7

En caso contrario, se necesita un ajuste, el cual se recomienda que se haga en un taller especializado.

C: La línea de colimación debe ser perpendicular al eje de alturas.

Comprobación.- se visa un punto A a una distancia aproximada de 100 m., en posición directa, se dá vuelta de campana quedando el telescopio en posición inversa. Se establece un Punto B a una distancia aproximadamente igual, se gira  $180^\circ$  y se visa nuevamente el punto A conservando la posición inversa; se vuelve a dar vuelta de campana quedando el telescopio en posición directa y si lo visual para por el punto B, se cumple lo enunciado (Fig. 8).

De no cumplirse es recomendable que el ajuste se haga en un taller especializado.



D: El eje de alturas debe ser perpendicular al eje azimutal.

Comprobación.- Se instala y nivela el instrumento cerca -- de una construcción alta, se visa un punto fijo A, a la mayor -- altura posible en posición directa, se baja la visual y se ob-- tiene un punto B (Fig. 9-A), se gira  $180^\circ$  y se visa nuevamente el punto A en posición inversa, se baja la visual, y si coincide con el punto B establecido, se cumple la condición.

De no ser así (Fig. 9-B), se recomienda que un tallen especializado efectúe el ajuste.

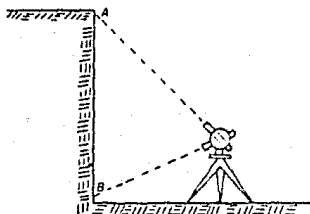


FIG. 9-A

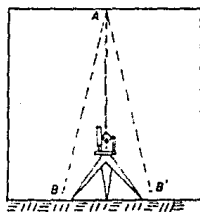


FIG 9-B

En virtud de que el teodolito cumplió con las condiciones mencionadas en párrafos anteriores, se procedió a orientar la línea seleccionada para tal fin, la cual se encuentra definida por el punto de origen P1-1 y el vértice V-27B.

A continuación se muestran los registros de campo de las observaciones realizadas.

ORIENTACION ASTRONOMICA

( registro de campo )

PROYECTO : ACUAFERICO      FECHA : 6 / JUNIO / 1990  
 LUGAR : COL. PRIMAVERA. AJUSCO  
 ESTACION : PI-1      OBSERVO : J.S.P.

SERIE	OBS.	P.O.	SOL	HORA h m s	ANG. HOR. ° ' "	ANG. VER. ° ' "
		V27b			359 52 00.8	
	1		⊥	16 45 03	227 04 11.1	57 24 55.0
	2		⊥	16 45 52	227 06 48.2	57 36 48.5
1	3		⊥	16 46 35	227 08 32.1	57 46 15.1
	4		⊥	16 47 34	47 47 15.5	301 28 55.7
	5		⊥	16 48 30	47 49 36.5	301 16 13.7
	6		⊥	16 49 13	47 51 22.3	301 06 34.6
		V27b			359 52 04.9	

PROMEDIO DE ANGULOS

OBS.	HORA h m s	ANG. HOR. ° ' "	ANG. VER. ° ' "
1-6	16 47 08	227 27 46.7	58 09 10.2
2-5	16 47 11	227 28 12.4	58 10 17.4
3-4	16 47 04	227 27 53.8	58 08 39.7
270°	16 47 06	227 27 50.3	58 08 54.9

TEMPERATURA

T = 21 °C

PRESION :

P = 566 mmHg

AT = +1m 40s

TABLA No. 1

ORIENTACION ASTRONOMICA

( negativo de campo )

PROYECTO : ACUAFERICO FECHA : 6 / JUNIO / 1990

LUGAR : COL. PRIMAVERA. AGUSCO

ESTACION : PI-1 OBSERVO : G.S.P.

SERIE	OBS.	P.O.	SOL	HORA h m s	ANG. HOR. ° ' "	ANG. VER. ° ' "
		V27b			359 52 00.8	
	1		☉	16 49 59	47 53 26.8	300 56 30.3
	2		☉	16 50 28	47 54 47.9	300 49 25.8
2	3		☉	16 51 05	47 56 42.0	300 41 08.1
	4		☉	16 52 44	227 24 27.3	59 09 53.2
	5		☉	16 53 24	227 26 47.2	59 20 01.5
	6		☉	16 54 05	227 28 34.0	59 29 09.1
		V27b			359 52 04.9	

PROMEDIO DE ANGULOS

OBS.	HORA h m s	ANG. HOR. ° ' "	ANG. VER. ° ' "
1-6	16 52 02	227 41 00.4	59 16 19.4
2-5	16 51 56	227 40 47.6	59 15 17.9
3-4	16 51 54	227 40 34.7	59 14 22.6
PROM.	16 51 55	227 40 41.2	59 14 50.2

TEMPERATURA

T = 21 °C

PRESION :

P = 566 mmHg

AT = +1m 40s

TABLA No. 2

ORIENTACION ASTRONOMICA

( registro de campo )

PROYECTO : ACUAFERICO FECHA : 6 / JUNIO / 1990

LUGAR : COL. PRIMAVERA. AJUSCO

ESTACION : PI-1 OBSERVO : J.S.P.

SERIE	OBS.	P.O.	SOL	HORA A m s	ANG. HOR. ° ' "	ANG. VER. ° ' "
		V27b			359 52 00.8	
	1		$\perp$	16 55 00	227 31 26.0	59 41 08.2
	2		$\perp$	16 55 32	227 32 39.9	59 48 25.3
3	3		$\perp$	16 57 06	48 12 41.5	299 19 00.0
	4		$\perp$	16 57 47	48 14 17.0	299 09 46.9
		V27b			359 52 04.9	

PROMEDIO DE ANGULOS

OBS.	HORA A m s	ANG. HOR. ° ' "	ANG. VER. ° ' "
1-4	16 56 23	227 52 51.5	60 15 40.6
2-3	16 56 19	227 52 40.7	60 14 42.7
PROG	16 56 21	227 52 46.1	60 15 11.7

TEMPERATURA

T = 21 °C

PRESION :

P = 566 mmHg

AT = +1m 40s

TABLA No. 3

La fórmula que se utilizó para el cálculo del azimut del sol fué la siguiente:

$$\cos A_z = \frac{\sin \delta - \sin \phi \cos Z}{\cos \phi \sin Z}$$

Donde:

$\phi$  : Latitud del lugar (determinada previamente)

$\delta$  : Declinación del sol al momento de observación

$Z$  : Distancia cenital corregida por refracción y paralaje

Cabe hacer notar que por efecto de la refracción atmosférica, los astros se ven más alto de lo que realmente están, de tal modo que la distancia cenital que se mide a un astro es menor de la que realmente tiene, por lo que se le tiene que aplicar la siguiente corrección:

#### CORRECCION POR REFRACCION

$$R = n \times B \times T$$

Donde:

$n = 60.6''(\tan Z')$  : Corrección por refracción

$B = \frac{P}{762}$  : Factor barométrico

$T = \frac{1}{1+0.004t}$  : Factor termométrico



Donde:

$Z'$  : Distancia cenital observada

$p$  : Presión atmosférica

$t$  : Temperatura

Por otra parte y debido a que las coordenadas celestes - están referidas al centro de la tierra y dado que las observaciones se realizan en la superficie de la misma, es necesario - aplicarle a estas observaciones la siguiente corrección:

#### CORRECCION POR PARALAJE

$$p = 8.8'' \text{sen} Z'$$

Donde:

$Z'$  : Distancia cenital observada.

Finalmente, la distancia cenital corregida es:

$$Z = Z' + R - p$$

A continuación se presentan los cálculos del azimut de la línea orientada (Tabla 4).

CALCULO DE ORIENTACION ASTRONOMICA

PROYECTO : ACUAFERICO FECHA : JUNIO / 1990  
 LINEA : PI-1 - V276 CALCULO : J.S.P.

	ELEMENTO	SERIE I	SERIE II	SERIE III
DATOS DE CAMPO	HORA	16 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 46.3 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 35.3 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 01.3 <sup>s</sup>
	ANG. HOR.	227°27'50.3"	227°40'41.2"	227°52'46.1"
	Z	58°08'54.9"	59°14'50.2"	60°15'11.7"
	SEÑAL	359°52'02.9"	359°52'02.9"	359°52'02.9"
CORRECCIONES A LA DISTANCIA ZENITAL Z	Z OBS.	58°08'54.9"	59°14'50.2"	60°15'11.7"
	T °C	21	21	21
	P mmHg	566	566	566
	Z CORR.	58°09'54.3"	59°15'52.4"	60°16'16.7"
DECLINACION DEL SOL A LA HORA DE OBS. $\delta$	HORA OBS	16 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 46.3 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 35.3 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 01.3 <sup>s</sup>
	HORA P.A.S.	11 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup>	11 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup>	11 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup>
	$\delta$ SOL	22°40'57"	22°40'57"	22°40'57"
	$\Delta \delta$ / HORA	+15.5 <sup>s</sup>	+15.5 <sup>s</sup>	+15.5 <sup>s</sup>
	$\delta$ / H. OBS	22°42'12.0"	22°42'13.2"	22°42'14.3"
AZIMUT DE LA LINEA	Z CORR.	58°09'54.3"	59°15'52.4"	60°16'16.7"
	$\delta$	22°42'12.0"	22°42'13.2"	22°42'14.3"
	$\phi$	19°15'44.0"	19°15'44.0"	19°15'44.0"
	AZ SOL	74°40'34.4"	74°27'41.9"	74°15'36.6"
	ANG. HOR.	227°35'47.4"	227°48'38.3"	228°00'43.2"
	AZ LINEA	57°43'38.2"	57°43'39.8"	57°43'40.2"
AZIMUT	PROMEDIO	57°43'39.4"		

### III.3.- POLIGONAL DE APOYO

En el presente trabajo la poligonal de apoyo fué del tipo poligonal Topográfica de Primera Orden, misma que sirvió de base para propagar el control horizontal ( coordenadas ) a los puntos de inflexión del eje del proyecto, partiendo del PI-1 cuyas coordenadas son:

$$X = 478,763.757$$

$$Y = 2'129,995.169$$

Por otra parte y tal como se mencionó en párrafos anteriores, una vez establecidos en campo los vértices de la poligonal de apoyo, el siguiente paso fué el determinar los ángulos horizontales y las distancias entre estaciones.

Para la medición de los ángulos horizontales se eligió el método denominado REITERACIONES, en virtud de que el aparato utilizado no disponía de doble sistema de ejes para el círculo horizontal por lo que no se podía dejar fijo un determinado ángulo en el círculo y mover conjuntamente el alfiler y el círculo para así conservar el ángulo. Con este procedimiento, se obtuvieron las direcciones entre vértices y los ángulos se determinaron por diferencias de direcciones, las mediciones se efectuaron en posición directa é inversa, con el fin de prevenir pu

sibles fallas mecánicas y geométricas del instrumento (excentricidad ó lectura ).

Para la determinación de las distancias se utilizó el siguiente equipo: Distanciómetro SOKISHA RED-1A.

### AGUSTE DE LA POLIGONAL

La condición de cierre angular de un polígono cerrado está dada por:

$$\sum \text{ang. int.} = (n-2)180^\circ$$

Donde:

$n$  : Número de vértices de la poligonal.

Però, debido a que el valor de cada ángulo no es el valor exacto, sino el valor más aproximado que fué posible determinar, es común que al sumar los ángulos no se encuentre exactamente -- este resultado teórico, sino que exista una pequeña diferencia. Esta discrepancia entre la suma teórica y la encontrada se denomina "ERROR DE CIERRE ANGULAR": y debe ser menor que la cantidad máxima permitida (  $t$  ), según las especificaciones de precisión.

La expresión general para obtener la tolerancia angular de una poligonal topográfica de  $1er.$  Orden es:

$$t = \pm 2a\sqrt{n}$$

Donde:

$t$  : Tolerancia.

$a$  : Aproximación del Teodolito.

$n$  : Número de vértices de la poligonal, es decir, el número de estaciones.

Si el error de cierre angular es menor que la tolerancia, se procede a compensar por partes iguales a todos los ángulos de la poligonal, según sea por exceso ó por defecto y siempre que todos ellos hayan sido medidos en igualdad de condiciones: ó se reparte arbitrariamente aplicando el criterio que convenga según las condiciones de campo, de las medidas y la longitud de los lados que forman los ángulos.

Pero, si el error de cierre angular resulta superior a la tolerancia se deben rectificar todos los ángulos observados, repitiendo las mediciones en cada uno de los vértices ó en los que se considere mayor incertidumbre.

Para el presente trabajo fué necesario conformar una poligonal de apoyo con un total de 55 vértices, la cual tenía que cumplir con la siguiente tolerancia:

$$t = \pm 2a\sqrt{n}$$

$$t = \pm 2(1'' / \sqrt{55})$$

$$t = \pm 14.8''$$

Y en la sumatoria de los valores más probables de los ángulos obtenidos en campo, se encontró un error de cierre angular de 7.3'', por lo que dicha poligonal quedó dentro de tolerancia.

A continuación se presenta una tabla con los valores de los ángulos obtenidos en campo en cada uno de los vértices de la poligonal de apoyo, así como la compensación efectuada a cada uno de ellos.

COMPENSACION ANGULAR

PROYECTO : ACUAFERICOFECHA : JUNIO / 1990

V	ANGULO OBS. ° ' "	C <sub>n</sub> "	ANGULO COMP. ° ' "
PST-1	89 49 03.6	0.1	89 49 03.7
1	179 33 37.2	0.2	179 33 37.4
2	181 01 43.7	0.2	181 01 43.9
3	180 34 24.8	0.1	180 34 24.9
4	177 28 22.8	0.1	177 28 22.9
5	181 20 50.3	0.1	181 20 50.4
6	179 34 57.6	0.1	179 34 57.7
7	177 21 15.5	0.1	177 21 15.6
8	183 50 54.6	0.1	183 50 54.7
9	178 58 23.6	0.1	178 58 23.7
10	181 07 42.7	0.2	181 07 42.9
11	178 48 45.2	0.2	178 48 45.4
12	180 03 29.1	0.2	180 03 29.3
13	180 09 02.0	0.1	180 09 02.1
14	179 58 17.0	0.1	179 58 17.1
15	180 01 26.5	0.1	180 01 26.6
16	180 47 23.7	0.2	180 47 23.9
17	179 28 18.4	0.1	179 28 18.5
18	185 37 42.6	0.2	185 37 42.8
PI-2	184 58 49.2	0.2	184 58 49.4
19	154 30 07.6	0.1	154 30 17.7

V	ANGULO OBS. ° ' "	C <sub>n</sub> "	ANGULO COMP. ° ' "
20	174 46 05.2	0.1	174 46 05.3
21	171 54 40.9	0.1	171 54 41.0
22	192 23 37.8	0.1	192 23 37.9
23	179 13 23.0	0.1	179 13 23.1
24	170 40 52.0	0.1	170 40 52.1
25	214 15 16.1	0.1	214 15 16.2
26	133 21 41.4	0.2	133 21 41.6
27	202 03 30.2	0.2	202 03 30.4
28	179 18 33.6	0.1	179 18 33.7
29	157 08 45.9	0.2	157 08 46.1
30	203 03 54.7	0.1	203 03 54.8
31	179 34 44.9	0.1	179 34 45.0
32	180 17 29.6	0.1	180 17 29.7
33	209 23 24.0	0.2	209 23 24.2
34	150 46 28.4	0.1	150 46 28.5
35	162 32 04.7	0.2	162 32 04.9
PI-3	171 10 49.7	0.1	171 10 49.8
36	90 02 34.2	0.2	90 02 34.4
37	269 55 55.1	0.1	269 55 55.2
38	270 00 00.6	0.2	270 00 00.8
39	159 54 15.4	0.2	159 54 15.6





Una vez compensados los ángulos, se calculan los azimutes de los lados de la poligonal partiendo del azimut conocido:

**PROCEDIMIENTO:** Se obtiene el azimut inverso sumando o restando  $180^\circ$ , a este nuevo azimut se le suma el ángulo medido en el vértice y así se obtiene el azimut del lado siguiente. Esto se repite sucesivamente hasta llegar al azimut de partida para comprobar el proceso de cálculo; si los valores no concuerdan exactamente, esto significa que se ha cometido un error al calcular algún azimut.

A continuación se calculan las proyecciones de los lados sobre los ejes N-S y E-W, se multiplican los senos y cosenos de los azimutes por la longitud de cada lado, una vez obtenidos dichas proyecciones se obtiene la condición de CIERRE LINEAL, que por ser un polígono cerrado debe cumplir:

$$\sum \text{proyecciones N} = \sum \text{proyecciones S}$$

$$\sum \text{proyecciones E} = \sum \text{proyecciones W}$$

Igualdades que debido a pequeños errores al determinar los ángulos y las distancias, no se cumplen exactamente, así se tiene que:

$$\sum \text{proyecciones N} - \sum \text{proyecciones S} = \delta Y$$

$$\sum \text{proyecciones E} - \sum \text{proyecciones W} = \delta X$$

Estos errores en las proyecciones N-S y E-W hacen que si reconstituimos la poligonal a partir de la estación origen A, no llegaremos nuevamente a ella, si no a un punto A' que difiere en la abscisa una cantidad ( $\sum X$ ) y en la ordenada ( $\sum Y$ ) y estará a una distancia Et del punto de partida (Fig. 10), por lo que Et representa el error total cometido al medir la poligonal.

Por trigonometría, Et queda expresada por:

$$Et = \sqrt{\sum Y^2 + \sum X^2}$$

Siendo Et el error total cometido y L la longitud total de la poligonal, el número de metros (x) en los cuales se cubría un metro de error, sería:

$$x = \frac{L}{Et}$$

La cual se denomina PRECISION DEL LEVANTAMIENTO, y se expresa:

$$P = 1 : x$$

En las tablas 7, 8 y 9, se presenta el cálculo de las proyecciones de los lados, el cierre lineal y la precisión, de la poligonal de apoyo utilizada en este trabajo.

EXPRESION GRAFICA DEL ERROR DE CIERRE (E<sub>c</sub>)

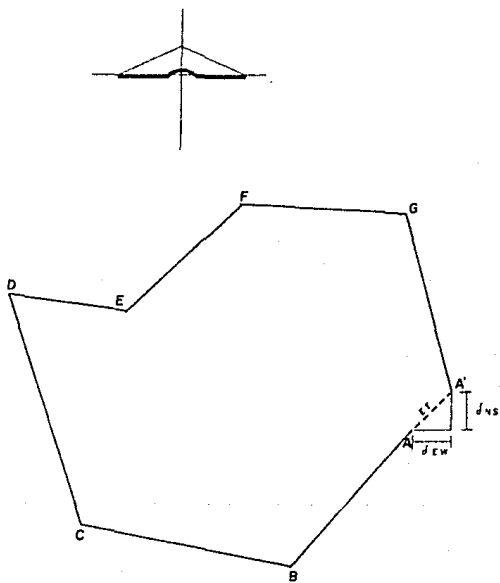


FIG. 10

Como el levantamiento de la poligonal de apoyo, estuvo dentro de tolerancia angular y la precisión fué aceptable, se procedió a compensar la poligonal de la siguiente manera:

Corrección para las proyecciones en Y :

$$C_y = \frac{\sum Y}{\sum N + \sum S} \times \text{La proyección del lado } Y$$

Corrección para las proyecciones en X:

$$C_x = \frac{\sum X}{\sum E + \sum W} \times \text{La proyección del lado } X$$

Para las proyecciones cuya suma dió mayor, la corrección fué negativa; para las que dió menor la corrección fué positiva, para el cálculo de las coordenadas se tomaron como origen las del P1-1 (punto de partida); y a partir de estas se calcularon las de los demás vértices, sumando o restando las proyecciones de los lados que ligan consecutivamente los vértices de la poligonal, cerrando en el P1-1 para el control de cálculos, como se muestra en la siguiente tabla.

PLANTILLA DE CALCULO

PROYECTO : ACUAFERICO

LUGAR : DELEG. TLALPAM, MEXICO, D.F.

LEVANTO : V.P.C.A.-G.S.P.

CALCULO : V.P.C.A.

FECHA : JUNIO / 1990

LABO	ANGULO HORIZONTAL	X U S O	DISTANCIA HORIZONTAL	PROYECCIONES SIN CORREGIR				CORRECCION		PROYECCIONES CORREGIDAS				COORDENADAS		
				N	S	E	W	Y	X	N	S	E	W	V	Y	X
Pt-1	V-1	89 49 03.7	S 32 27 54.9 E	86.897	71.325	46.632		-0.038	+0.038	71.324	46.633			Pt-1	2 129.985.109	478.781.757
V-1	V-2	179 33 37.4	S 32 51 39.5 E	43.940	34.378	22.234		-0.038	0.000	34.375	22.234			V-1	2 129.971.045	478.803.380
V-2	V-3	101 08 43.9	S 31 51 25.6 E	31.164	29.862	18.582		-0.008	0.000	29.861	18.582			V-2	2 129.887.470	478.832.624
V-3	V-4	180 34 24.9	S 31 17 33.7 E	69.035	58.980	35.857		-0.008	0.000	58.982	35.857			V-3	2 129.877.838	478.851.188
V-4	V-5	177 28 22.9	S 33 49 07.8 E	92.848	77.138	51.678		-0.038	+0.038	77.137	51.677			V-4	2 129.798.617	478.877.043
V-5	V-6	184 20 50.1	S 32 28 17.4 E	226.104	173.881	130.653		-0.033	+0.038	173.878	130.654			V-5	2 129.721.480	478.898.720
V-6	V-7	179 34 57.7	S 32 51 19.7 E	223.041	184.734	128.485		-0.033	+0.038	184.731	128.486			V-6	2 129.567.032	478.928.374
V-7	V-8	177 21 15.6	S 35 12 04.1 E	119.171	98.977	60.384		-0.032	+0.038	98.975	60.382			V-7	2 129.512.838	478.958.880
V-8	V-9	181 20 54.7	S 31 41 09.1 E	475.029	404.272	248.547		-0.037	+0.033	404.265	248.520			V-8	2 129.467.672	478.987.672
V-9	V-10	178 28 23.7	S 32 42 5.7 E	180.527	155.056	86.753		-0.032	+0.038	155.054	86.754			V-9	2 128.881.598	479.017.672
V-10	V-11	181 07 42.9	S 31 7 02.8 E	34.370	20.780	12.764		-0.030	0.000	20.780	12.764			V-10	2 128.728.527	479.044.428
V-11	V-12	178 18 45.4	S 32 46 13.1 E	50.036	42.071	27.003		-0.038	0.000	42.070	27.003			V-11	2 128.655.787	479.071.740
V-12	V-13	140 03 29.1	S 32 1 16.1 E	36.944	31.098	19.975		-0.038	0.000	31.097	19.975			V-12	2 128.683.897	479.044.773
V-13	V-14	183 09 02.1	S 32 11 54.0	167.161	140.889	89.970		-0.031	+0.038	140.881	89.971			V-13	2 128.612.800	479.073.248
V-14	V-15	179 58 17.1	S 32 7 28.9 E	53.118	42.226	26.996		-0.038	0.000	42.225	26.996			V-14	2 128.488.778	479.104.279
V-15	V-16	180 04 26.6	S 31 02.1 E	80.078	67.479	43.403		-0.038	+0.038	67.478	43.403			V-15	2 128.488.894	479.128.215
V-16	V-17	180 47 23.9	S 31 8 18.4 E	41.326	35.501	21.994		-0.038	0.000	35.500	21.994			V-16	2 128.382.096	479.168.284
V-17	V-18	179 28 18.5	S 32 18 19.9 E	74.192	64.328	40.720		-0.038	+0.038	64.327	40.720			V-17	2 128.368.513	479.208.380
V-18	V-19	185 17 42.8	S 36 10 17.1 E	25.952	23.400	11.607		-0.030	0.000	23.400	11.607			V-18	2 128.282.116	479.257.818
Pt-2	V-19	181 58 49.4	S 21 41 17.7 E	15.584	14.458	5.720		-0.030	0.000	14.458	5.720			Pt-2	2 128.228.086	479.288.638
V-19	V-20	174 33 07.7	S 47 11 40.0 E	85.088	44.228	47.753		-0.038	+0.038	44.228	47.754			V-19	2 128.268.557	479.328.388
V-20	V-21	131 16 05.1	S 52 25 34.7 E	60.788	36.830	47.810		-0.038	+0.038	36.829	47.811			V-20	2 128.203.339	479.368.145
V-21	V-22	171 54 41.2	S 60 33 53.7 E	37.238	38.338	31.415		-0.030	0.000	38.338	31.415			V-21	2 128.163.980	479.408.086
V-22	V-23	192 23 37.9	S 48 07 15.8 E	30.226	46.899	52.338		-0.038	+0.038	46.898	52.339			V-22	2 128.098.778	479.448.788
V-23	V-24	179 13 23.1	S 48 51 52.7 E	52.033	34.277	38.338		-0.038	+0.038	34.265	38.320			V-23	2 128.034.088	479.488.953

PLANILLA DE CALCULO

PROYECTO : ACHAFERICO

LUGAR : DELEG. TLALPAM, MEXICO, D.F.

ESTACION : V.P.C. 9. - 9. S. P.

CALCULO : V.P.C. 9.

FECHA : JUNIO / 1990

L A I N O	PUNTO P.V.	ANGULO HORIZONTAL	R U B O	DISTANCIA HORIZONTAL	PROYECCIONES SIN CORREGIR				CORRECCION		PROYECCIONES CORREGIDAS				V	COORDENADAS	
					N	S	E	W	Y	X.	N	S	E	W		Y	X
V-24	V-25	170 40 52.1	S 58 11 03.6 E	77.894		41.027	66.254		-0.028	+0.028		41.026	66.225		V-25	2°128,023,042	480,163,166
V-25	V-26	214 15 16.2	S 21 57 44.4 E	64.404		56.112	24.938		-0.028	0.000		56.111	24.938		V-26	2°127,996,993	480,165,104
V-26	V-27	133 21 41.6	S 70 31 02.8 E	43.041		13.320	37.768		0.000	+0.108		13.320	37.769		V-27	2°127,953,431	480,222,673
V-27	V-28	202 03 30.4	S 49 32 32.4 E	42.879		28.389	32.135		-0.028	0.000		28.388	32.135		V-28	2°127,925,243	480,225,028
V-28	V-29	179 18 33.7	S 49 13 58.7 E	54.226		33.489	38.620		-0.028	+0.028		33.488	38.620		V-29	2°127,898,775	480,281,629
V-29	V-30	157 08 46.1	S 72 07 12.6 E	33.485		16.293	31.847		0.000	0.000		16.293	31.843		V-30	2°127,884,482	480,325,672
V-30	V-31	321 03 54.8	S 49 01 17.8 E	97.125		63.898	73.333		-0.028	+0.028		63.898	73.334		V-31	2°127,817,764	480,388,026
V-31	V-32	179 34 45.0	S 49 24 32.8 E	98.127		63.820	74.522		-0.028	+0.028		63.820	74.523		V-32	2°127,753,982	480,473,259
V-32	V-33	180 17 29.7	S 49 09 07.1 E	66.828		43.687	50.526		-0.028	+0.028		43.686	50.527		V-33	2°127,710,286	480,524,086
V-33	V-34	209 23 24.2	S 19 45 38.9 E	32.092		30.793	10.847		-0.028	0.000		30.792	10.847		V-34	2°127,680,094	480,574,913
V-34	V-35	150 11 28.5	S 48 59 10.4 E	104.820		68.287	79.082		-0.028	+0.028		68.286	79.083		V-35	2°127,611,308	480,644,885
V-35	V-36	162 32 04.9	S 66 27 05.5 E	30.381		12.110	27.787		0.000	0.000		12.110	27.787		V-36	2°127,589,198	480,640,823
V-36	V-37	171 10 49.8	S 75 16 15.7 E	189.293		223.337	857.146		-0.028	+0.011		223.333	857.177		V-37	2°127,373,685	481,489,020
V-37	V-38	70 02 31.3	N 14 11 18.7 E	41.175	41.748		11.028		+0.028	0.000	41.749		11.028		V-38	2°127,415,614	481,510,028
V-38	V-39	289 55 52.2	S 75 17 36.1 E	128.325		50.233	19.489		-0.028	+0.028		50.249	19.471		V-39	2°127,385,285	481,538,879
V-39	V-40	270 03 03.8	S 14 42 14.7 E	42.736		41.336		10.848	-0.028	0.000		41.337		10.848	V-40	2°127,323,930	481,688,021
V-40	V-41	159 53 15.6	S 05 21 29.3 E	28.293		28.424	2.683		-0.028	0.000		28.421	2.683		V-41	2°127,285,507	481,888,754
V-41	V-42	76 18 47.2	N 70 52 17.5 E	48.264	15.736		45.443		0.000	+0.028	15.777		45.444		V-42	2°127,311,284	481,728,328
V-42	V-43	213 18 28.0	S 75 36 14.5 E	1124.224		228.677	1126.120		-0.028	+0.014		228.672	1126.134		V-43	2°127,032,612	482,875,462
V-43	V-44	128 41 25.3	S 78 31 49.2 E	97.640		22.743	94.994		0.000	+0.001		22.743	94.925		V-44	2°126,928,898	482,970,417
V-44	V-45	194 19 08.7	S 62 12 43.5 E	595.025		277.432	526.497		-0.028	+0.027		277.427	526.454		V-45	2°126,712,491	483,068,871
V-45	V-46	99 38 14.3	N 37 25 34.8 E	129.488	128.683		98.970		+0.028	+0.028	128.685		98.934		V-46	2°126,688,107	483,288,885
V-46	V-47	66 32 14.2	N 76 02 11.0 E	853.798	157.725		834.438		+0.028	-0.028	157.728		834.431		V-47	2°126,968,885	482,888,374
V-47	V-48	369 28 10.1	N 89 03 03.9 E	1240.223	494.297		1261.022		+0.028	-0.024	494.215		1261.028		V-48	2°127,481,180	481,728,285
V-48	V-49	788 31 03.8	N 50 37 03.1 E	1404.588	888.484		1083.818		+0.028	-0.023	888.225		1083.825		V-49	2°128,320,686	480,744,941
V-49	V-50	183 31 45.6	N 47 01 14.5 W	1619.843	1203.288		1285.048		+0.028	-0.015	1203.288		1285.013		V-50	2°128,033,374	478,285,288

PLANILLA DE CALCULO

PROYECTO : ACBAFERICO

LUGAR : DELEG. TLALPAM, MEXICO, D.F.

LEVANTO : V.P.C.M.-S.S.P.

CALCULO : V.P.C.M.

FECHA : AGOSTO / 1990

LABO		ANGULO		RUBBO		DISTANCIA HORIZONTAL	PROYECCIONES SIN CORREGIR				CORRECCION		PROYECCIONES CORREGIDAS				V	COORDENADAS							
EST.	P.V.	HORIZONTAL					N	S	E	W	Y	X	N	S	E	W		Y	X						
V-40	V-40	105	43	17.2	N	41	20	57.3	M	931.852	087.958				596.632	+ 0.012	- 0.008	087.958			596.624	V-40	2°130,111,342	478,895,894	
V-40	V-20	153	07	29.8	N	08	12	57.5	M	27.127	10.087				25.790	0.000	0.000	10.089			25.790	V-20	2°130,121,409	478,895,894	
V-50	V-76	109	05	43.2	S	40	52	46.7	M	104.951		76.352			68.687	- 0.008	- 0.008				76.352	68.686	V-76h	2°130,042,038	478,895,895
V-76	PI-1	176	20	53.7	S	57	43	39.4	M	87.818		46.880			74.252	- 0.008	- 0.008				46.880	74.251	PI-1	2°129,985,189	478,903,757
	SI-MG	740	00	00.0						12,400.851	3,466.401	3,466.296	4,840.836	4,840.946	0.000	0.000	3,466.403	3,466.403	4,840.885	4,840.896					BARRA EN Y : - 0.125 BARRA TOTAL : 0.173 PRECISION : 1 / 30,000

### 111.4 TRAZO DEL EJE.

Una vez conocidas las coordenadas de los PIs, se procedió a calcular las distancias y los azimutes de las líneas entre los PIs (Tabla 7), así como las coordenadas de los puntos intermedios sobre el eje, con el fin de localizarlos posteriormente en campo, a efecto de obtener el alineamiento real del eje del proyecto.

#### POLIGONAL DEFINITIVA

LINEA	DIST. m	ANG. HOR. ° ' "	AZIMUT ° ' "	V	COORDENADAS	
					Y	X
PI-1 PI-2	2057.909	0 00 00.0	147 31 38.9	PI-1	2'129,995.169	478,763.757
PI-2 PI-3	1016.452	62 56 57.1	130 28 36.0	PI-2	2'128,259.016	179,868.638
PI-3 PI-4	2961.170	154 14 16.0	104 42 52.0	PI-3	2'127,599.198	430,611.825
				PI-4	2'120,817.056	483,505.878

TABLA No. 10

Una vez que se estableció en campo el alineamiento del eje de proyecto, y con el fin de obtener el perfil del mismo, se procedió a trazar cadenamientos a cada 20 m sobre el eje de -



proyecto, colocando estacas ó clavos de 4" l con ficha l para su señalización y localización posterior, así como estacas testigo anotando sobre estas el kilometraje correspondiente, de igual manera quedaron señalados en campo los puntos importantes de las curvas, tales como los PCa y PTs.

Localizados los puntos importantes de las curvas horizontales (PCa y PTs) del eje, el siguiente paso fué el trazo de las mismas las cuales se calcularon nuevamente, debido a que las coordenadas originales de los PIs tuvieron variaciones, y por ende los datos geométricos de las curvas también cambiaron.

A continuación se presentan las tablas que muestran los datos geométricos de las curvas.

DATOS GEOMETRICOS DE CURVAS

ELEMENTO	CURVA No.1	CURVA No.2	CURVA No.3
ST	85.889	131.027	520.627
A	17° 03' 02.9"	25° 45' 44.0"	48° 52' 04.0"
R	572.96	572.96	1145.92
LC	170.509	257.623	977.359
PC	1+972.020	2+942.065	5+509.216
PT	2+142.529	3+199.688	6+486.575
PI	2+057.909	3+073.092	6+029.846
COORD. SC			
Y	2'128,331.476	2'127,684.253	2'126,979.296
X	479,822.525	480,542.155	483,002.325
COORD. PT			
Y	2'128,203.261	2'127,565.917	2'126,380.796
X	479,933.972	480,768.552	483,737.512

TABLA No. 11

El método que se utilizó para el trazo de las curvas horizontales, fué el de DEFLEXIONES, el cual consistió en lo siguiente:

Se hizo estación en cada PC, visando al PI se tomó el ángulo origen, a continuación se giró el instrumento hasta tener en el micrómetro el valor del ángulo de la primera deflexión --- (Fog. 11), y se midió la primera cuerda estableciendo así en el terreno el siguiente cadenamiento del eje de proyecto sobre la curva.

Tomando el cadenamiento establecido anteriormente como --- origen de la siguiente cuerda y con el valor de la segunda deflexión en el micrómetro, se ubicó el cadenamiento correspondiente al hacer coincidir la visual con el extremo de la cuerda, de igual manera se establecieron los demás cadenamientos.

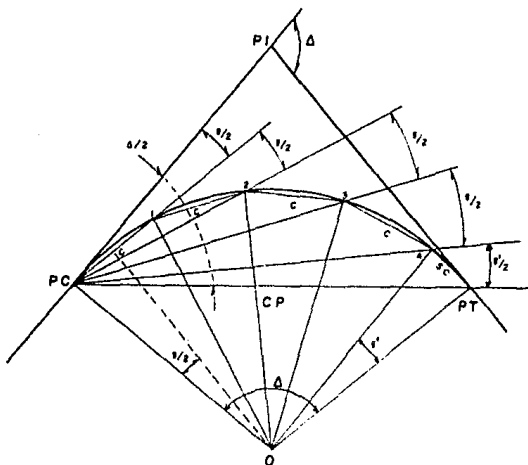
En la siguiente tabla se presentan los valores de las deflexiones y cuerdas para el trazo de la curva No. 1.

*Cálculo de deflexiones de la Curva No. 1*

<i>CADENAMIENTO</i>	<i>DEFLEXION</i>	<i>CUERDA</i>
PC 1+972.020	0° 00' 00"	0.000
1+980	0 23 56	7.980
2+000	1 23 56	20.000
2+020	2 23 56	20.000
2+040	3 23 56	20.000
2+060	4 23 56	20.000
2+080	5 23 56	20.000
2+100	6 23 56	20.000
2+120	7 23 56	20.000
2+140	8 23 56	20.000
PT 2+142.529	8 31 31	2.529

*TABLA No. 12*

## TRAZO DE UNA CURVA HORIZONTAL POR DEFLEXIONES



- $\Delta$  : DEFLEXION  
 PI : PUNTO DE INTERSECCION  
 PC : PUNTO DE COMIENZO  
 PT : PUNTO DE TERMINO  
 C : CUERDA  
 g : GRADO DE LA CURVA  
 SC : SUBCUERDA  
 g' : SUB-GRADO  
 CP : CUERDA PRINCIPAL

FIG. 11

### III.5.- PLANIMETRIA ( Levantamiento de detalle)

El objetivo de este levantamiento fué el de conocer a detalle las zonas por donde atravieza el eje de proyecto, ya que - por tratarse de una línea de conducción primaria de agua potable fué necesario determinar las zonas afectadas por el derecho de - vía, así como los lugares de menos afectación para ubicar los accesos en la construcción del túnel.

Este levantamiento de detalle consistió en que, desde cada estación ó ventiche de la poligonal de apoyo se tomaron referencias (se midieron ángulos horizontales y distancias) a linderos de propiedades, derechos de vías, líneas de alta tensión, -- etc. y a partir de las coordenadas de cada estación se calcularon las coordenadas de estos puntos (detalles) para su posterior dibujo.

En las tablas 13, 14 y 15 se presenta la metodología utilizada para obtener las coordenadas de algunos puntos de detalle

Finalmente y para la representación del terreno, se elaboraron planos topográficos en tramos de 500 m a una escala de -- 1:500 (Plano N° 4); Asimismo, se dibujo un plano general escala 1:5000, el cual permitió cubrir las zonas que cruza el eje de -- proyecto (Plano N° 5), y que se presentan al final del capítulo N° IV.

PROYECTO : ACUAFERICO

FECHA : JUNIO / 1990

TABLA DE RADIACIONES

CALCULO : V.P.C.M.

EST.	PV.	ANG. HOR	AZ.	DIST.	V	Y	X
V14	V13	0°00'00"	327°26'11"		V14	2'128,491.719	479,724.219
	69	106°48'18"		19.775	69	2'128,497.090	479,743.251
	70	121°40'54"		16.410	70	2'128,475.516	479,721.619
	71	128°13'48"		15.315	71	2'128,490.207	479,739.459
	72	139°27'06"		14.711	72	2'128,487.445	479,738.296
	73	207°52'18"		33.128	73	2'128,458.702	479,726.929
	74	244°30'06"		30.584	74	2'128,465.765	479,708.040
	75	305°45'48"		20.784	75	2'128,492.879	479,703.467
	76	312°24'42"		33.616	76	2'128,497.469	479,691.098
	77	324°32'54"		21.782	77	2'128,499.873	479,704.021
	78	317°14'30"		47.528	78	2'128,503.762	479,678.242
	79	336°14'06"		50.827	79	2'128,519.899	479,681.919
	80	312°32'54"		42.683	80	2'128,499.120	479,682.183
V18	V17	0°00'00"	327°41'35"		V18	2'128,282.116	479,857.031
	81	34°52'54"		7.175	81	2'128,289.284	479,857.353
	82	51°55'54"		20.383	82	2'128,301.315	479,863.877
	83	60°09'06"		31.033	83	2'128,309.556	479,871.526
	84	75°17'00"		33.774	84	2'128,306.826	479,880.055
	85	89°43'18"		2.742	85	2'128,283.593	479,859.341
	86	120°59'18"		2.696	86	2'128,282.178	479,859.726
	87	252°56'30"		3.755	87	2'128,279.266	479,854.586
	88	267°52'06"		11.392	88	2'128,275.674	479,847.636
	89	304°39'30"		7.291	89	2'128,282.415	479,849.746
	90	299°10'18"		18.549	90	2'128,281.101	479,838.510
	91	200°20'18"		12.404	91	2'128,269.982	479,859.603
	92	202°27'00"		12.539	92	2'128,269.762	479,859.178
	93	245°35'30"		14.263	93	2'128,270.193	479,849.204
	94	247°16'06"		3.857	94	2'128,278.955	479,854.821

PROYECTO : ACUAFERICO

FECHA : JUNIO / 1990

TABLA DE RADIACIONES

CALCULO : V.P.C.M.

EST.	PV.	ANG. HOR	AZ.	DIST.	V	y	X
A19'	V19	0°00'00"	312°48'17"		A19'	2'128,218.676	479,902.335
	96	21°31'12"		29.082	96	2'128,244.887	479,889.735
	97	48°08'30"		31.730	97	2'128,250.402	479,902.859
	98	55°45'48"		22.059	98	2'128,240.489	479,905.621
	99	60°55'12"		22.749	99	2'128,240.775	479,907.732
	100	62°02'06"		15.550	100	2'128,233.707	479,906.318
	101	69°06'00"		9.679	101	2'128,227.656	479,905.916
	102	78°33'42"		10.380	102	2'128,227.539	479,907.738
	103	72°01'54"		5.393	103	2'128,223.570	479,904.600
	104	82°05'48"		5.869	104	2'128,223.489	479,905.693
	105	152°00'48"		4.961	105	2'128,217.407	479,907.131
	106	156°19'18"		3.584	106	2'128,217.502	479,905.721
	107	189°32'30"		3.735	107	2'128,215.719	479,904.617
	108	225°34'06"		2.744	108	2'128,215.933	479,902.413
	109	228°50'54"		6.685	109	2'128,211.994	479,902.142
	110	299°11'54"		42.957	110	2'128,205.404	479,861.480
	111	282°02'06"		30.388	111	2'128,201.177	479,877.492
	112	272°38'06"		27.082	112	2'128,199.674	479,883.039
	113	249°01'06"		17.209	113	2'128,202.700	479,895.938
V20	V19	0°00'00"	312°48'17"		V20	2'182,200.329	479,922.145
	114	24°55'24"		15.870	114	2'128,215.015	479,916.130
	115	48°14'24"		14.286	115	2'128,214.613	479,922.406
	116	46°47'12"		30.863	116	2'128,231.191	479,921.925
	117	75°29'18"		25.570	117	2'128,222.844	479,943.265
	118	74°14'48"		16.435	118	2'128,214.966	479,929.620
	119	58°23'42"		8.267	119	2'128,208.439	479,923.751
	120	52°46'54"		10.530	120	2'128,210.809	479,923.170
	121	36°16'00"		8.994	121	2'128,209.160	479,920.440



PROYECTO : ACUAFERICO

FECHA : JUNIO / 1990

TABLA DE RADIACIONES

CALCULO : V.P.C.M.

EST.	PV.	ANG. HOR	AZ.	DIST.	V	Y	X
V20	V19	0°00'00"	312°48'17"		V20	2'128,200.329	479,922.145
	122	01°38'24"		12.221	122	2'128,208.866	479,913.420
	123	346°10'12"		15.168	123	2'128,207.677	479,908.876
	124	320°08'06"		25.992	124	2'128,201.662	479,896.187
	125	307°05'46"		23.765	125	2'128,196.162	479,898.748
	126	293°19'12"		14.337	126	2'128,194.526	479,909.035
	127	202°58'18"		10.975	127	2'128,190.320	479,926.648
	128	208°44'00"		4.582	128	2'128,195.983	479,923.596
	129	256°33'06"		3.760	129	2'128,197.052	479,920.302
	130	271°53'12"		5.625	130	2'128,196.330	479,918.189
	131	310°57'30"		12.660	131	2'128,198.954	479,909.560
	132	324°30'36"		6.195	132	2'128,201.118	479,916.000
	133	69°28'24"		3.229	133	2'128,203.317	479,923.369
V21	V20	0°00'00"	307°34'21"		V21	2'128,163.500	479,970.016
	134	355°41'06"		36.327	134	2'128,183.422	479,939.639
	135	349°23'48"		36.109	135	2'128,179.876	479,937.834
	136	357°11'48"		18.513	136	2'128,174.057	479,954.808
	137	344°10'12"		14.946	137	2'128,169.037	479,956.133
	138	13°18'12"		10.551	138	2'128,171.685	479,963.358
	139	88°25'12"		7.496	139	2'128,169.565	479,974.421
	140	83°25'48"		10.276	140	2'128,172.308	479,975.309
	141	110°05'54"		9.293	141	2'128,168.470	479,977.869
	142	70°56'54"		10.230	142	2'128,173.200	479,973.266
	143	23°07'36"		14.237	143	2'128,175.916	479,963.049
	144	12°10'48"		17.133	144	2'128,176.577	479,958.947
	145	30°06'06"		24.051	145	2'128,185.748	479,960.880
	146	35°59'24"		29.851	146	2'128,192.131	479,961.569
	147	44°50'48"		24.073	147	2'128,187.363	479,966.840

TABLA No. 15

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## C A P I T U L O . I V

### IV.- CONTROL TOPOGRAFICO VERTICAL

#### *IV.1.- NIVELACION GEOMETRICA DE PRECISION.*

*La altimetría en obras de Ingeniería, es un elemento importante ya que permite determinar las diferencias de nivel existentes entre puntos de un terreno ó construcción y para conocer estas diferencias es necesario medir las distancias verticales entre puntos directa ó indirectamente; y esta operación recibe el nombre de NIVELACION.*

*Las distancias verticales que se miden a partir de un plano de referencia arbitrario se les llama Cotas y cuando el plano de referencia que se utiliza para ubicar estos puntos y determinar sus elevaciones es el nivel medio del mar, las distancias verticales así medidas se denominan Altitudes ó Alturas (Fig. 12).*

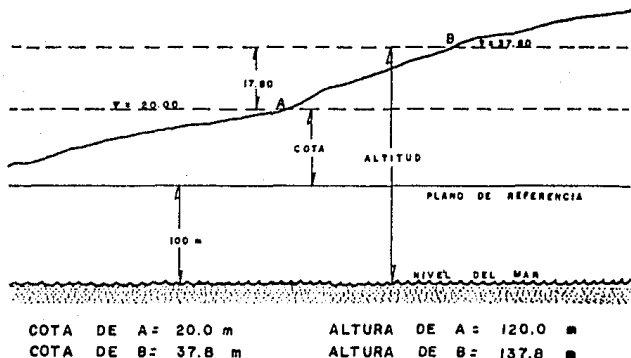


Fig. 12

Las nivelaciones tienen por objeto determinar:

- a).- La diferencia de nivel entre dos ó más puntos.
- b).- Bancos de Nivel.
- c).- Secciones transversales.

Para realizar estas nivelaciones, generalmente se emplean tres métodos, los cuales son:

- 1.- Nivelación Barométrica.
- 2.- Nivelación Trigonométrica.
- 3.- Nivelación Geométrica.

## NIVELACION BAROMETRICA

La presión atmosférica varía en forma inversamente proporcional a la altura sobre el nivel del mar; por lo tanto, si se conoce la diferencia de presión entre dos puntos, se puede determinar la diferencia de nivel existente. En este principio se basa la nivelación barométrica, llamada así por ser el barómetro - el aparato utilizado en la determinación de la presión atmosférica.

## NIVELACION TRIGONOMETRICA

En esta clase de nivelación se miden ángulos verticales y distancias horizontales; las diferencias de niveles se calculan trigonómicamente (fig. 13).

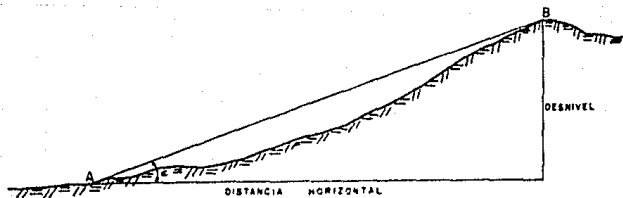


Fig. 13

## NIVELACION GEOMETRICA DE PRECISION

Tiene por objeto determinar la diferencia de nivel entre dos puntos, (generalmente bancos de nivel, de control), y es el sistema más utilizado en trabajos de Ingeniería.

De tal forma que para obtener el desnivel entre dos puntos se hacen lecturas a estadales situados en ellos (fig. 14), y dicho desnivel se obtiene por la diferencia de estas lecturas.

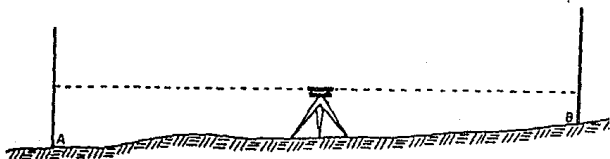


Fig. 14

En terreno bastante quebrado ó que los puntos estén muy distantes uno de otro, el desnivel se obtiene repitiendo la operación tantas veces sea necesario utilizando puntos intermedios llamados puntos de lija (PL), y escogiendo la mejor ruta para llegar al punto final (fig. 15)

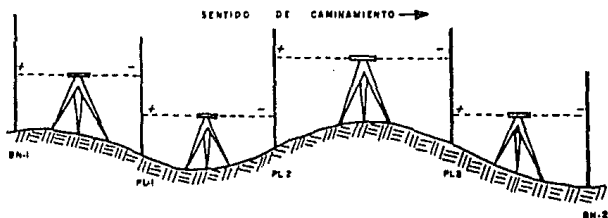


Fig. 15

Cuando se desea obtener el desnivel con mayor precisión las lecturas que se hacen a los estadales deben ser con micrómetros para obtener aproximaciones al diezmilímetro.

Los métodos utilizados en esta nivelación son:

- a) ida y regreso
- b) doble punto de liga
- c) doble altura de aparato

Por otra parte la nivelación se lleva a cabo con instrumentos llamados "Niveles" los cuales deben de cumplir con las siguientes condiciones.

A: La directriz del nivel debe ser perpendicular al eje-

azimutal.

Comprobación.- Se nivela cuidadosamente el aparato y si al girarlo  $180^\circ$  sobre el eje azimutal permanece nivelado, está correcto. Por el contrario, si se sale de sus reparos, necesita un ajuste (fig. 16)

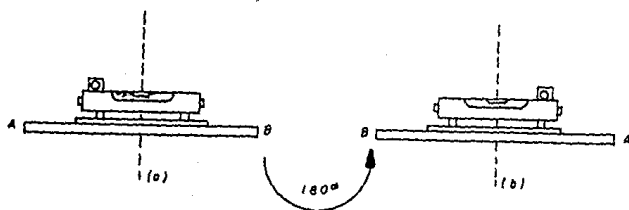


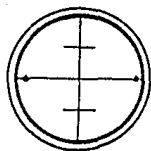
Fig. 16

Ajuste.- Se efectúa la mitad con los tornillos de conexión de la burbuja y la otra mitad con los tornillos de nivelar. Se debe comprobar repitiendo el procedimiento hasta que quede completamente corregido.

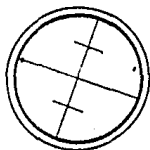
B: El hilo horizontal de la retícula debe estar en un plano perpendicular al eje azimutal.

*Comprobación.*— Se sitúa y nivela el aparato unos 25 m de un muro sobre el cual se marca un punto, de modo que este quede en un extremo del hilo horizontal, enseguida; con el tornillo -- de movimiento lento se gira el anteojo; si el punto se mantiene sobre el hilo horizontal, está correcto.

En caso contrario se recomienda que el ajuste se realice en un taller especializado (Fig. 17)



POSICION CORRECTA



POSICION INCORRECTA

Fig. 17

C; La línea de colimación debe ser horizontal cuando el aparato está nivelado.

*Comprobación.*— A una distancia aproximada de 100 m se clavan dos estacas (con garras para colocar los estadales) A y B, sobre un terreno más ó menos plano, se nivela el aparato en



un extremo A, de modo que el ocular del anteojo quede a una distancia menor de 5 cm. del estadal colocado sobre la estaca A, y se toma la lectura ( a ) sobre el estadal (observando por el objetivo del anteojo); luego sobre un estadal situado sobre la -- estaca B, se toma la lectura correspondiente ( b ) (Fig. 18). Igualmente con el aparato en el extremo B se toman las lecturas ( c ) y ( d ). Si 'e' representa el error en la línea de colimación en la distancia AB, se tendrá:

Con el aparato en A:

$$D_A = a - ( b - e ) \quad \text{----- ( 1 )}$$

Con el aparato en B:

$$D_B = ( d - e ) - c \quad \text{----- ( 2 )}$$

Sumando las ecuaciones ( 1 ) y ( 2 ), resulta:

$$D = \frac{( a - b ) + ( d - c )}{2}$$

Si ( a - b ) = ( d - c ) el aparato está conectado.

En caso contrario necesita un ajuste, el cual se recomienda que se realice en un taller especializado.

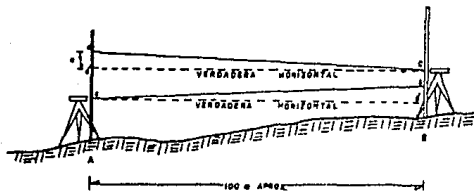


Fig. 18

El control vertical en el eje del proyecto "Acuaféxico", - fue de vital importancia ya que fue la estructura básica para proporcionar elevaciones a todos los puntos importantes del terreno natural antes de iniciar los trabajos del mismo. Asimismo fue importante dado que se le dió elevación a los Bancos de Nivel que se establecieron a lo largo del trazo del eje,

Para llevar a cabo este control vertical, se utilizó una metodología la cual consistió en realizar una "Nivelación Geométrica de Precisión" a través de puntos de Liga (PLs), apoyada en el eje del proyecto, y que partió del Banco de Nivel origin-BN-30 proporcionado por la Compañía contratista, cuya altitud es de 2,608.34 m.s.n.m.m.

Por otra parte y con el fin de establecer un control vertical permanente, para controlar los trabajos futuros del proyecto del eje del "Acuafónico" y sus derechos de vía, se estableció una red de Bancos de Nivel, observando, las condiciones apropiadas de precisión establecidas por la Compañía contratista.

Los Bancos de Nivel fueron colocados a cada 500 metros -- aproximadamente y se fijaron sobre mojoneas de concreto estratégicamente ubicadas fuera de la zona de influencia, con las -- mismas características que las utilizadas para el trazo de la -- poligonal de apoyo.

De los métodos para nivelar citados anteriormente, se eligió el de Doble Altura de Aparato, por la facilidad de comprobar la nivelación de precisión en cada punto de liga y en los bancos de nivel previamente establecidos.

La tolerancia establecida no debió de exceder de:

$$t = \pm 0.004 \sqrt{K}$$

Donde:

$t$  : Tolerancia en metros.

$K$  : Distancia en Km recorridos.

Debido a que la longitud de los tramos nivelados fué de 500 m aproximadamente, y considerando la distancia recorrida (ida y vuelta), K dió un valor de 1, por lo que la tolerancia -- que se tenía que cumplir para cada tramo de proyecto fué:

$$t = \pm 0.004 \sqrt{1}$$

$$t = \pm 0.004 \text{ m}$$

Equipo utilizado:

- Nivel de precisión WILD NA2
- Placa plano paralela.
- Estadales de madera tratada para la intemperie.
- Equipo complementario.

A continuación, se ilustran los registros de campo utilizados, así como el cálculo de la nivelación diferencial del tramo 5+500 al 6+000.


CONTROL DE NIVELACION

PROYECTO : ACUAFERICO

FECHA : JULIO / 1990

TRAMO : 5+500 aL 6+000

NIVELO : g.S.P.

P.V.	L	LECTURAS			EN					PRIM		ELEVACION
		m	dm	cm	MICROMETRO							
BN-11	+	0	2	5	60	59	59	59	--	0.2559	2,657.0081	2,656.7522
PL-1	-	3	2	7	63	59	62	62	64	3.2762		2,653.7319
BN-11	+	0	3	0	11	11	12	13	14	0.3012	2,657.0534	
PL-1	-	3	3	2	18	18	17	18	--	3.3218		2,653.7316
PL-1	+	0	2	0	82	78	78	82	78	0.2080	2,653.9399	
PL-2	-	2	9	9	59	60	60	60	--	2.9960		2,650.9439
PL-1	+	0	1	9	26	26	24	26	26	0.1926	2,653.9245	
PL-2	-	2	9	8	06	06	06	--	--	2.9806		2,650.9439
PL-2	+	0	0	7	15	15	15	--	--	0.0715	2,651.0154	
PL-3	-	3	9	0	51	50	50	50	--	3.9050		2,647.1104
PL-2	+	0	0	5	43	44	44	44	--	0.0544	2,650.9983	
PL-3	-	3	8	8	81	80	80	80	--	3.8880		2,647.1103
PL-3	+	0	0	6	34	35	35	35	--	0.0635	2,647.1739	
PL-4	-	2	9	0	77	77	76	76	77	2.9077		2,644.2662
PL-3	+	0	0	7	30	29	30	30	--	0.0730	2,647.1833	
PL-4	-	2	9	1	69	68	69	69	--	2.9169		2,644.2664
PL-4	+	0	2	1	85	86	86	86	--	0.2186	2,644.4848	
PL-5	-	3	2	5	24	26	24	24	--	3.2524		2,641.2324
PL-4	+	0	2	2	63	63	63	--	--	0.2263	2,644.4927	
PL-5	-	3	2	6	00	00	00	--	--	3.2600		2,641.2327


CONTROL DE NIVELACION

PROYECTO : ACUAFERICO

FECHA : JULIO / 1990

TRAMO : 5+500 aL 6+000

NIVELO : g.S.P.

P.V.	L	LECTURAS			EN MICROMETRO					PRON		ELEVACION
		m	dm	cm								
PL-5	+	0	1	5	96	96	96	--	--	0.1596	2,641.3920	
PL-6	-	2	5	6	54	51	54	53	53	2.5653		2,638.8267
PL-5	+	0	1	6	57	57	56	57	--	0.1657	2,641.3984	
PL-6	-	2	5	7	21	22	23	21	21	2.5721		2,638.8263
PL-6	+	0	3	9	22	21	22	21	22	0.3922	2,639.2185	
PL-7	-	3	7	7	95	95	96	95	--	3.7795		2,635.4390
PL-6	+	0	3	8	92	93	93	93	--	0.3893	2,639.2156	
PL-7	-	3	7	7	66	65	65	66	66	3.7766		2,635.4390
PL-7	+	1	3	7	97	96	97	96	96	1.3796	2,636.8186	
PL-8	-	0	7	6	96	97	97	96	97	0.7697		2,636.0489
PL-7	+	1	3	2	12	11	14	14	14	1.3214	2,636.7604	
PL-8	-	0	7	1	17	18	18	18	--	0.7118		2,636.0486
PL-8	+	2	5	7	38	38	38	--	--	2.5738	2,638.6227	
BN-12	-	1	0	3	58	62	61	61	61	1.0361		2,637.5866
PL-8	+	2	6	2	36	36	36	--	--	2.6236	2,638.6722	
BN-12	-	1	0	8	58	58	58	--	--	1.0858		2,637.5864


CONTROL DE NIVELACION

PROYECTO : ACUAFERICO

FECHA : JULIO / 1990

TRAMO : 6+000 aL 5+500

NIVELLO : J.S.P.

P.V.	L	LECTURAS				EN				PROM		ELEVACION
		m	dm	cm		MICROMETRO						
BN-12	+	1	1	1	26	25	26	--	--	1.1126	2,638.6991	2,637.5865
PL-8	-	2	6	5	03	02	03	03	--	2.6503		2,636.0488
PL-8	+	0	6	7	58	53	57	57	57	0.6756	2,636.7244	
PL-7	-	1	2	8	50	50	50	--	--	1.2850		2,635.4394
PL-7	+	3	8	5	94	93	92	93	--	3.8593	2,639.2987	
PL-6	-	0	4	7	15	16	16	16	--	0.4716		2,638.8271
PL-6	+	2	5	5	56	56	56	--	--	2.5556	2,641.3827	
PL-5	-	0	1	5	00	00	00	--	--	0.1500		2,641.2327
PL-5	+	3	2	5	05	08	06	08	06	3.2506	2,644.4833	
PL-4	-	0	2	1	78	77	78	77	77	0.2177		2,644.2656
PL-4	+	2	9	1	60	58	59	59	--	2.9159	2,647.1815	
PL-3	-	0	0	7	08	08	08	--	--	0.0708		2,647.1107
PL-3	+	3	9	5	33	33	33	--	--	3.9533	2,651.0640	
PL-2	-	0	1	1	91	91	91	--	--	0.1191		2,650.9449
PL-2	+	2	9	5	88	89	90	89	--	2.9589	2,653.9038	
PL-1	-	0	1	7	16	17	16	16	--	0.1716		2,653.7322


CONTROL DE NIVELACION

PROYECTO : ACUAFERICO

FECHA : JULIO / 1990

TRAMO : 6+000 aL 5+500

NIVELO : g.S.P.

P.V.	L	LECTURAS			EN				PROM		ELEVACION
		m	dm	cm	MICROMETRO						
PL-1	+	3	2	2	67	66	67	67	--	3.2267	2.656.9589
BN-11	-	0	2	0	58	58	56	58	--	0.2058	2,656.7531
ERROR DE CIERRE = +0.0009 COTA AJUSTADA DE BN-12 = 2.637.5860 m.s.n.m.											



#### IV.2.- NIVELACION DE PERFIL

Esta nivelación tuvo por objeto determinar las cotas de los cadenamientos marcados a cada 20 metros, y en los puntos importantes del eje del proyecto Acuaféxico para obtener el perfil del eje de trazo, partiendo del PI-1 cuyo cadenamiento es 0+000.

La nivelación para determinar la elevación en dichos cadenamientos fue controlada por medio de una nivelación utilizando el método de doble altura de aparato, la cual consistió en lo siguiente; en cada posición del aparato entre dos puntos de liga, se tomaron lecturas al cm. en los puntos del trazo, colocando el estadal sobre el terreno natural, ya que estas lecturas no requerían la aproximación que se pidió cuando se leyó en bancos o puntos de liga.

Los puntos de partida y de llegada para el control de comprobación de esta nivelación fueron bancos de nivel previamente establecidos cuando se realizó la nivelación diferencial de precisión.

La tolerancia establecida para el cierre de la nivelación diferencial de apoyo para el traslado de elevaciones entre bancos de nivel, fue:

$$t = 0.01 \sqrt{K}$$

Donde:

*K* : Distancia en Kilómetros recorridos.

Esta nivelación solo fué necesario hacerla en un sentido ya que todos los tramos de 500 metros quedaron dentro de tolerancia

Equipo Utilizado:

- Nivel de precisión NA-2
- Estadales de madera.
- Equipo complementario.

En la siguiente figura No.19, se ilustra el método general que se siguió.

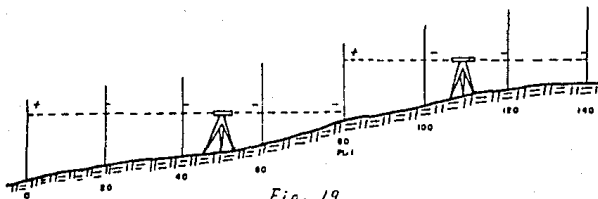




Fig. 19


A continuación se muestra algunos de los registros de campo utilizados, así como el cálculo de la nivelación de perfil -- del eje del proyecto "Acuaférico".


P.V.	+		-	ELEVACION
BN-11	0.09-1	2,656.846		2,656.752
FL-1			3.465	2,653.381
BN-11	0.076	2,656.828		2,656.752
FL-1			3.447	2,653.381
PC-3			1.67	2,658.498
5+520			1.31	2,655.518
5+540			2.32	2,654.508
FL-1	0.091	2,653.472		2,653.381
PL-2			3.095	2,650.377
FL-1	0.068	2,653.449		2,653.381
PL-2			3.072	2,650.377
PL-2	1.312	2,651.689		2,650.377
FL-3			3.825	2,647.864
FL-2	1.349	2,651.726		2,650.377
FL-3			3.862	2,647.864
5+560			1.84	2,649.886
5+580			2.29	2,649.436
5+600			0.08	2,651.646

P.V.	+		-	ELEVACION
PL-3	0.181	2,648.045		2,647.864
PL-4			2.472	2,645.573
PL-3	0.138	2,648.002		2,647.864
PL-4			2.429	2,645.573
PL-4	0.244	2,645.817		2,645.573
PL-5			2.589	2,643.228
PL-4	0.282	2,645.855		2,645.573
PL-5			2.627	2,643.228
5+620			2.97	2,642.885
5+640			3.28	2,642.575
PL-5	0.554	2,643.782		2,643.228
PL-6			3.383	2,640.399
PL-5	0.492	2,643.720		2,643.228
PL-6			3.321	2,640.399
5+660			3.40	2,640.320
5+680			3.40	2,640.320

NIVELACION DE PERFIL

PROYECTO : ACUAFERICOFECHA : JULIO / 1990

P.V.	+		-	ELEVACION
PL-6	1.059	2,641.458		2,640.399
PL-7			2.618	2,638.840
PL-6	0.968	2,641.367		2,640.399
PL-7			2.527	2,638.840
5+700			2.88	2,638.487
5+720			3.27	2,638.097
5+740			3.01	2,638.357
FL-7	0.283	2,639.123		2,638.840
PL-8			3.687	2,635.436
PL-7	0.353	2,639.193		2,638.840
PL-8			3.757	2,635.436
5+760			0.40	2,638.793
5+780			1.80	2,637.393
PL-8	0.685	2,636.121		2,635.436
PL-9			3.851	2,632.270
PL-8	0.732	2,636.168		2,635.436
PL-9			3.898	2,632.270
5+800			2.32	2,633.848

P.V.	+		-	ELEVACION
5+820			4.00	2,632.168
PL-9	0.834	2,633.104		2,632.270
PL-10			3.516	2,629.588
PL-9	0.906	2,633.176		2,632.270
PL-10			3.588	2,629.588
5+840			3.94	2,629.236
PL-10	0.616	2,630.204		2,629.588
PL-11			3.214	2,626.990
PL-10	0.699	2,630.287		2,629.588
PL-11			3.297	2,626.990
5+860			3.24	2,627.047
PL-11	1.733	2,628.723		2,626.990
PL-12			3.875	2,624.848
PL-11	1.804	2,628.794		2,626.990
PL-12			3.946	2,624.848
5+880			4.30	2,624.494
5+900			2.31	2,626.484

NIVELACION DE PERFIL

PROYECTO : ACUAFERICOFECHA : JULIO / 1990

P.V.	+	$\overline{\Delta}$	-	ELEVACION
PL-12	3.913	2,628.761		2,624.848
PL-13			0.285	2,628.476
PL-12	3.830	2,628.678		2,624.848
PL-13			0.202	2,628.476
5+920			1.82	2,626.858
5+940			0.78	2,627.898
5+965			0.04	2,628.638
PL-13	3.767	2,632.243		2,628.476
PL-14			0.409	2,631.834
PL-13	3.822	2,632.298		2,628.476
PL-14			0.464	2,631.834
5+980			3.18	2,629.118
PL-14	3.846	2,635.680		2,631.843
PL-15			0.227	2,635.453
PL-14	3.778	2,635.612		2,631.834
PL-15			0.159	2,635.453

P.V.	+	$\overline{\Delta}$	-	ELEVACION
PL-15	3.136	2,638.589		2,635.453
6+000			0.94	2,637.649
BN-12			0.997	2,637.592
	ELEV.	BN-12 PRECISION	=	2,637.586
	ELEV.	BN-12 PERFIL	=	<u>2,637.592</u>
		DIFERENCIA	=	0.006

TABLA No. 22

#### IV. 3.- SECCIONES TRANSVERSALES.

A efecto de contar con los perfiles transversales naturales del eje del Proyecto "Acuaférico", se determinó utilizar el método de secciones transversales, que consiste en obtener el perfil de una línea perpendicular al eje de trazo en cada uno de los cadenumientos marcados, a cada 20 m. y en todos aquellos puntos intermedios en los cuales se notaron cambios bruscos de pendiente.

La longitud de cada sección transversal fué de 20 m. a cada lado del eje, ya que así lo solicitó la Compañía Contratista.

El equipo que se utilizó para efectuar el levantamiento de las secciones transversales, fué un nivel de mano, dos estadales y una cinta de acero.

Los métodos utilizados para obtener secciones transversales son:

- 1.- El perfil, y
- 2.- El de cota redonda.

Cualquiera de estos métodos se puede llevar a cabo utilizando nivel fijo o de mano, pero generalmente se recomienda que

en este tipo de trabajo donde el terreno es abrupto, se utilice el nivel de mano.

A continuación, se describe el método utilizado en el presente trabajo (método de perfil) para el levantamiento de las secciones transversales, y que consistió en lo siguiente:

El observador se colocó con el nivel de mano en cada uno de los cadenamientos, visando el estadal a un número suficiente de puntos del terreno que permitieran determinar la forma del mismo; asimismo, las distancias de todos los puntos de quiebre de la sección, se midieron con la cinta de acero, tomando como origen el cadenamiento del eje.

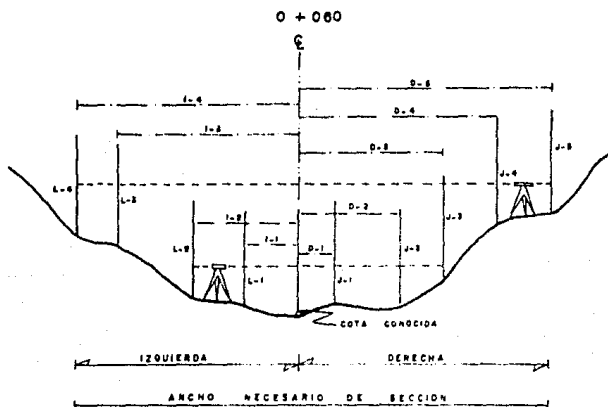
Los datos de las secciones, se fueron anotando en un registro, de manera que siguiendo el cadenamiento de la línea, lo que quedó a la izquierda del trazo, se anotó a la izquierda del registro, y asimismo lo que quedó a la derecha, se anotó a la derecha. Como numeradores, se anotaron las distancias horizontales de los puntos de quiebre del eje, tanto a la derecha como a la izquierda; como denominadores, se anotaron las lecturas hechas en el estadal bajo cada punto, excepto la del eje que llevó la cota correspondiente al cadenamiento respectivo.

Posteriormente, en gabinete, se hicieron los cálculos de-

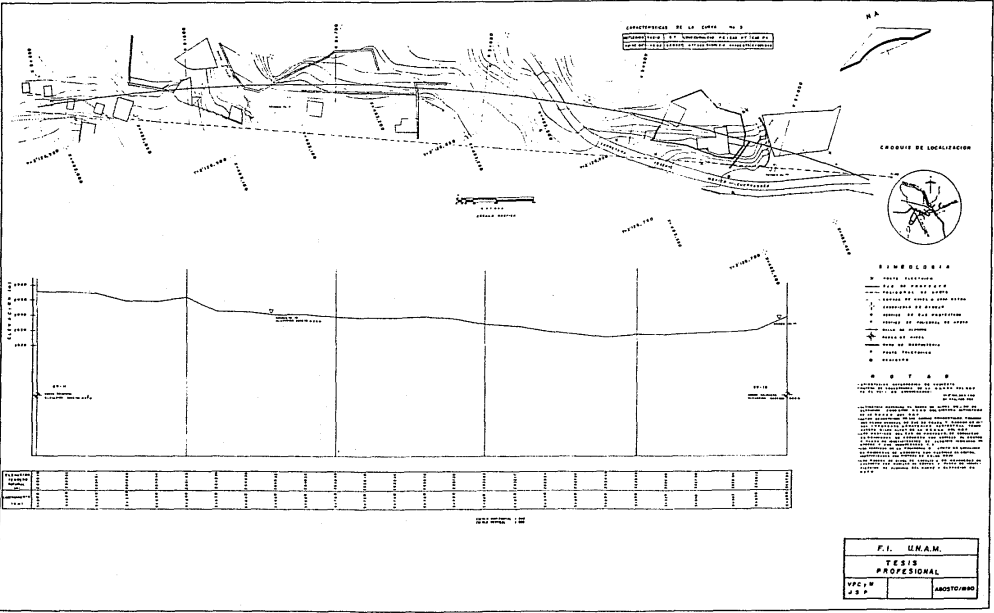


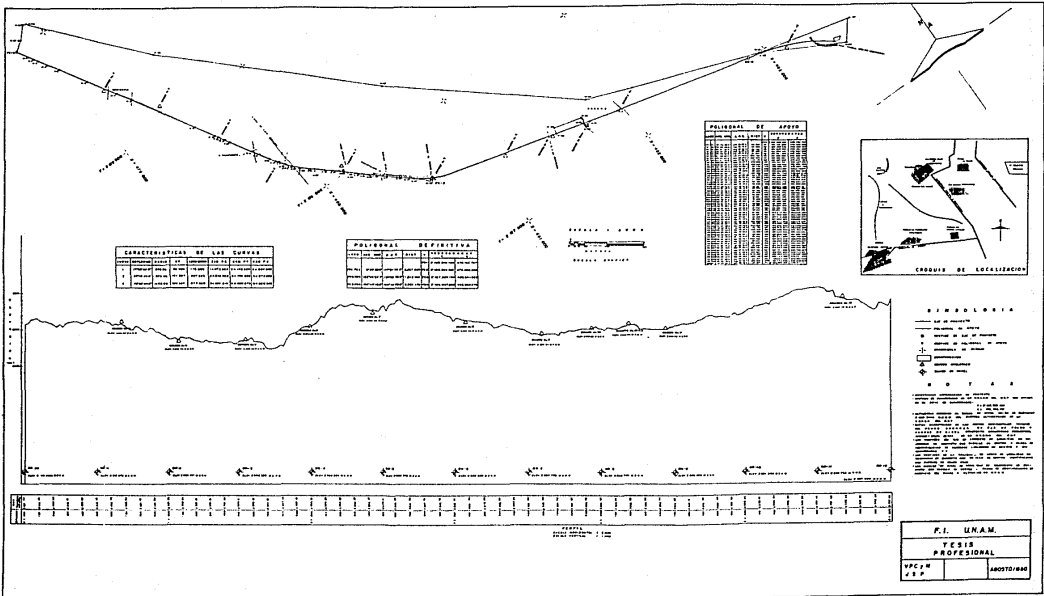
Las elevaciones de cada uno de los puntos de quiebre de las --- secciones, mismas que se anotaron en su lugar correspondiente - en el registro.

En la siguiente figura, se ilustra en forma esquemática una sección transversal y su registro de campo.



I-4	I-3	I-2	I-1	0 + 060	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
L-4	L-3	L-2	L-1	COTA	J-1	J-2	J-3	J-4	J-5
COTA CONOCIDA									





**CARACTERÍSTICAS DE LAS CURVAS**

Curva	Longitud	Radio	Ángulo	Longitud de Arco	Longitud de Tangente	Longitud de Secante	Longitud de Offset
1	100.00	1000.00	30.00	157.08	100.00	100.00	100.00
2	150.00	1500.00	20.00	235.62	150.00	150.00	150.00
3	200.00	2000.00	15.00	314.16	200.00	200.00	200.00

**POLIGONAL DEFINITIVA**

Estación	Longitud	Ángulo	Coordenadas X	Coordenadas Y
0+00	0.00	90.00	0.00	0.00
0+50	50.00	120.00	43.30	43.30
1+00	100.00	150.00	86.60	86.60
1+50	150.00	180.00	129.90	129.90
2+00	200.00	210.00	173.20	173.20

**POLIGONAL DE APROX**

Estación	Longitud	Ángulo	Coordenadas X	Coordenadas Y
0+00	0.00	90.00	0.00	0.00
0+50	50.00	120.00	43.30	43.30
1+00	100.00	150.00	86.60	86.60
1+50	150.00	180.00	129.90	129.90
2+00	200.00	210.00	173.20	173.20

**SIMBOLOGIA**

- Línea de alineación
- Línea de eje
- Línea de borde
- Línea de cuneta
- Línea de drenaje
- Línea de señalización
- Línea de iluminación
- Línea de riego
- Línea de alcantarilla
- Línea de tubería
- Línea de cable
- Línea de alambrado
- Línea de cercado
- Línea de muro
- Línea de vallado
- Línea de alambrado eléctrico
- Línea de alambrado telefónico
- Línea de alambrado de fibra óptica
- Línea de alambrado de radiofrecuencia
- Línea de alambrado de microondas
- Línea de alambrado de satélite
- Línea de alambrado de cable de fibra óptica
- Línea de alambrado de cable de radiofrecuencia
- Línea de alambrado de cable de microondas
- Línea de alambrado de cable de satélite

**NOTAS**

1. El presente proyecto de obra se realizó en cumplimiento de las obligaciones que me imponen las leyes y reglamentos de la profesión de Ingeniero Civil, en materia de carreteras, y de acuerdo a las especificaciones técnicas y condiciones de servicio que se me han proporcionado.

2. El presente proyecto de obra se realizó en cumplimiento de las obligaciones que me imponen las leyes y reglamentos de la profesión de Ingeniero Civil, en materia de carreteras, y de acuerdo a las especificaciones técnicas y condiciones de servicio que se me han proporcionado.

3. El presente proyecto de obra se realizó en cumplimiento de las obligaciones que me imponen las leyes y reglamentos de la profesión de Ingeniero Civil, en materia de carreteras, y de acuerdo a las especificaciones técnicas y condiciones de servicio que se me han proporcionado.

4. El presente proyecto de obra se realizó en cumplimiento de las obligaciones que me imponen las leyes y reglamentos de la profesión de Ingeniero Civil, en materia de carreteras, y de acuerdo a las especificaciones técnicas y condiciones de servicio que se me han proporcionado.

5. El presente proyecto de obra se realizó en cumplimiento de las obligaciones que me imponen las leyes y reglamentos de la profesión de Ingeniero Civil, en materia de carreteras, y de acuerdo a las especificaciones técnicas y condiciones de servicio que se me han proporcionado.

F.I. UNAM.  
**YESIS**  
**PROFESIONAL**  
 VPC/M  
 AEP  
 AOSTO/880

## CAPITULO. V

### V.- CONCLUSIONES

*El agua potable, como sabemos, es una de las necesidades fundamentales para la subsistencia de la humanidad, y en virtud de ello uno de los objetivos de la D.G.C.O.H. es el de abastecer del vital líquido al área metropolitana de la ciudad de México, por lo que ha iniciado la construcción del Acueducto Perimetral del Distrito Federal denominado "ACUAFERICO", que es una obra que beneficiará directamente a la población de la zona sur oriente y a la vez evitará en parte el hundimiento de la ciudad, al disminuir la extracción del líquido de los acuíferos del área metropolitana.*

*Para este tipo de obra, los trabajos topográficos deben de gozar de la mayor confiabilidad posible, puesto que son la base para la realización de la construcción futura; asimismo, deben ser realizados por personal calificado, utilizando para -*

ello los instrumentos topográficos que proporcionen la precisión requerida, por lo que es recomendable la utilización de bases de centraje forzado en el control horizontal, ya que son elementos fundamentales que garantizan la estabilidad del alineamiento.

En lo que respecta al control vertical, el micrómetro que se utilizó para este proyecto fue un aditamento elemental para obtener las precisiones establecidas por las cintatantes.

Finalmente, vale la pena aclarar que este trabajo desarrollado ayudara mucho a nuestra formación profesional futura, dado que los problemas que se nos presentaron en campo tuvieron que resolverse de manera satisfactoria y, fue en ese preciso momento cuando nos percatamos de que la practica profesional nos ayuda bastante a reafirmar mediante su aplicación los conocimientos -- obtenidos a travez de nuestra formación escolar.

## BIBLIOGRAFIA

- *Plan Maestro de Agua Potable*  
Edición Septiembre / 1982  
D.D.F. D.G.C.O.H.
- *El Sistema Hidráulico del Distrito Federal*  
Guillermo Guerrero Fernandez  
Andrés Moreno Fernandez  
Héctor Ganduño Velasco  
D.D.F. D.G.C.O.H. Edición 1982
- *Acueducto Periférico Ramal Sur*  
Edición 1984  
D.D.F. D.G.C.O.H.
- *Topografía*  
Miguel Montes de Oca  
R.S.I.S.A. México
- *Topografía General*  
Higashoda Miyabara  
México D.F.
- *Topografía*  
Alvina Torres  
Eduardo Villate  
NORMA