

2
ZEFJ



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIOS TOPOGRAFICOS PARA LA MEDICION DE
DAÑOS EN EDIFICACIONES AFECTADAS POR EL
SISMO DE 1985.**

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA
P r e s e n t a

ROBERTO GARCIA VERDIN



México, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

SR. ROBERTO GARCIA VERDIN.
P r e s e n t e .

FACULTAD DE INGENIERIA.
DIRECCION.
60-I-157.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Ubertino González González, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Topógrafo y Geodesta.

ESTUDIOS TOPOGRAFICOS PARA LA MEDICION DE DAÑOS EN EDIFICACIONES AFECTADAS POR EL SISMO DE 1985.

INTRODUCCION.

- I.- ANTECEDENTES HISTORICO-GEOGRAFICOS DE LA ZONA SISMICA EN EL DISTRITO FEDERAL.
- II.- PROCEDIMIENTOS PARA LA UBICACION Y CONTROL DE BANCOS NIVEL PROFUNDOS Y DE ZONA.
- III.- ESTUDIOS TOPOGRAFICOS QUE OTRAS DISCIPLINAS - REQUIEREN PARA ELABORACION DE PROYECTOS ESTRUCTURALES, DE REESTRUCTURACION Y DE MECANICA DE SUELOS.
- IV.- METODOLOGIA UTILIZADA EN LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.
- V.- ESTUDIOS DE PROSPECCION Y SUS APLICACIONES EN LOS PERITAJES DE ESTRUCTURAS Y MECANICA DE SUELOS.
- VI.- CONCLUSIONES.

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

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

A t e n t a m e n t e .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU".

Cd. Universitaria, D.F. 25 de septiembre de 1991

EL DIRECTOR

ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS.

JMS/CRRC/smh.

ÍNDICE:

PRÓLOGO.	3
INTRODUCCIÓN.	4
CAPÍTULO I	
ANTECEDENTES HISTÓRICO - GEOGRÁFICOS DE LA ZONA SÍSMICA EN EL DISTRITO FEDERAL.	
I.1 GENERALIDADES.	7
I.2 CARACTERÍSTICAS Y FORMAS DE MEDICIÓN DE LOS SISAMOS.	
I.2.1 Características de los sismos.	14
I.2.2 Clasificación de las ondas sísmicas.	15
I.2.3 Formas de medición de los sismos.	16
I.3 LA ZONA SÍSMICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA.	
I.3.1 Clasificación de zonas.	20
I.3.2 Zonificación del subsuelo de la Ciudad de México.	23
CAPÍTULO II	
PROCEDIMIENTOS PARA LA UBICACIÓN Y CONTROL DE BANCOS DE NIVEL PROFUNDOS Y DE ZONA.	
II.1 UBICACIÓN DE BANCOS DE NIVEL.	27
II.2 PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE BANCOS DE NIVEL.	35
CAPÍTULO III	
ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS QUE OTRAS DISCIPLINAS REQUIEREN PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS ESTRUCTURALES, DE REESTRUCTURACIÓN Y DE MECÁNICA DE SUELOS.	
III.1 GENERALIDADES.	48
III.2 LOCALIZACIONES.	49
III.3 CONTROL TOPOGRÁFICO PARA MEDICIONES DE MOVIMIENTOS DE EDIFICACIONES.	58
III.4 MEDICIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES.	60

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA UTILIZADA EN LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

IV.1 POLIGONALES DE APOYO.	61
IV.2 MEDICIONES DE CONTROL DE DAÑOS Y MOVIMIENTOS DE EDIFICACIONES.	
IV.2.1 Clasificación de construcciones y tipos de medición.	68
IV.2.2 Métodos directos.	72
IV.2.3 Métodos indirectos.	77

CAPÍTULO V

ESTUDIOS DE PROSPECCIÓN Y SUS APLICACIONES EN PERITAJES DE ESTRUCTURAS Y MECÁNICA DE SUELOS.

V.1 DEFINICIÓN.	89
V.2 FUNDAMENTOS.	89
V.3 TEORÍA DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS.	92
V.4 APLICACIÓN.	101

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES	104
REFERENCIAS.	106

PRÓLOGO

Los sismos de 1985 dejaron recuerdos imborrables en la mente de los Mexicanos, asimismo, originaron cambios en la vida social y política, creando organizaciones nuevas, conductoras del actual orden; entre ellas, los grupos de Ingenieros y Arquitectos llaman a remediar errores pasados y mejorar procedimientos en el diseño y edificación; retoman el papel que se les ha dado en la construcción del progreso del País, aplicando el esfuerzo continuo y conjunto con los demás trabajadores de México.

La presente tesis, muestra una parte del trabajo que coordinado con otras disciplinas, puede elaborar el Ingeniero Topógrafo Geodesta en los procesos de prevención y control de daños de edificaciones afectadas por los sismos de tipo tectónico.

INTRODUCCIÓN

A las 7:17:44 hrs. del jueves 19 de septiembre de 1985, ocurrió un fuerte sismo cuyo epicentro se localizó en las coordenadas $\varphi=17.68^\circ$ N y $\lambda=102.47^\circ$ W a unos 30 kilómetros de las poblaciones de Lázaro Cárdenas, Michoacán y Melchor Ocampo en Guerrero, cerca de la desembocadura del río Balsas; inmediatamente después, a las 7:19 hrs. la capital de la República Mexicana se estremeció con un sismo de magnitud 8.1 en la escala de Richter llegando a sentirse al VIII grado en la escala de Mercalli; fenómeno que originó grandes destrozos a una Ciudad recién despierta, pavor, confusión y muerte a sus habitantes y una llamada de alerta al sistema gubernamental, el que hasta ése día no había valorado los anteriores sucesos de la misma complejidad e importancia.

La gran entereza de los ciudadanos y la solidaridad de Países hermanos en reconocido esfuerzo conjunto, ayudó a pasar ése trago amargo, su participación atenuó las necesidades urgentes de los damnificados, ayudó a coordinar la búsqueda de desaparecidos y apoyó el inicio de la reconstrucción de la Ciudad, misma que respondió inmediatamente a la atención internacional con un: "México sigue en pié".

El trauma generado por el sismo en la mente del pueblo Mexicano, inició en un sentimiento de desolación, del cual inmediatamente después, la gente se sobrepuso y revaloró los hechos, instando a la recapitación y venciendo a la adversidad; obras y pensamientos que fueron el "génesis" de los posteriores movimientos sociales, reivindicadores del derecho al trabajo y la salud, a la vivienda digna y a una cada vez mejor organización y coordinación de las instancias gubernamentales.

Las exigencias de los ciudadanos al gobierno de México, cristalizaron los inmediatos planes de contingencia, sumados al previo plan DN-3 de la Secretaría de la Defensa Nacional, los planes de emergencia para prevención de desastres en las empresas particulares, escuelas y oficinas gubernamentales; se instituyó el plan de "Reconstrucción de la Ciudad de México", que después se complementaría con el programa de "Solidaridad" utilizando las aportaciones de las Naciones benefactoras, ampliando su asistencia a las clases más pobres, para después culminar en un sistema de alarma en las radiodifusoras, mismo que abortó por fallas técnicas; en 1986 los gobiernos Japonés y Mexicano concertaron acuerdos que dieron origen entre otros a un Convenio de Cooperación Internacional del Gobierno Japonés (JICA), la Secretaría de Gobernación de México y la Universidad Nacional Autónoma de México, realizando gestiones y trabajos para establecer en el

Distrito Federal, el Centro Nacional de Prevención de Desastres, creándose a partir del decreto presidencial del 20 de septiembre de 1988 como un Órgano administrativo desconcentrado, con atribuciones para instrumentar y operar el Sistema Nacional de Protección Civil, inaugurándose en mayo de 1990.

El ánimo y el esfuerzo no deben decaer, el ciudadano común auxiliado en sus especialistas técnicos, están obligados a encontrar los mejores procedimientos para tratar de evitar en un futuro, los efectos devastadores como fueron los que dejaron los sismos de septiembre de 1985.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES HISTÓRICO - GEOGRÁFICOS DE LA ZONA SÍSMICA EN EL DISTRITO FEDERAL.

I.1 GENERALIDADES.

"A lo largo de la historia de la humanidad, se han presentado fenómenos difíciles de entender y resolver por el hombre; la interpretación de éstos fenómenos generalmente sufre una transformación, de la explicación lógica, sencilla y creíble aparentemente, a la teoría complicada, descabellada y muchas veces refutada, que al final viene a explicar satisfactoriamente el fenómeno en cuestión".¹

Éste ha sido el caso de la teoría de "TECTÓNICA DE PLACAS", que fue propuesta a principios del siglo XIX por el meteorólogo Alfred Wegener, y que hasta mediados de la década de los sesenta, para ése entonces nombrada como "**DERIVA CONTINENTAL**", no había sido totalmente aceptada en los círculos de la investigación científica.

Según la teoría de TECTÓNICA DE PLACAS, el cascarón de la tierra está constituido por placas relativamente rígidas llamadas PLACAS TECTÓNICAS, que se mueven unas con respecto a otras en forma rotativa, ésto es, en el movimiento de tipo DIVERGENTE, mientras que en una parte el bloque está emergiendo formando una superficie nueva llamada **CRESTA** ó

¹ Topógrafo Alejandro García Rodríguez († 1986); profesor de la asignatura de Topografía en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma de Chapingo.

DORSAL, en la parte opuesta de la placa, en movimiento CONVERGENTE, la superficie es consumida por una penetración hacia dentro de otra, en movimiento de SUBDUCCIÓN, formando una TRINCHERA. (VER FIG. I.1.1); Asimismo se presentan movimientos de DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL entre dos placas.

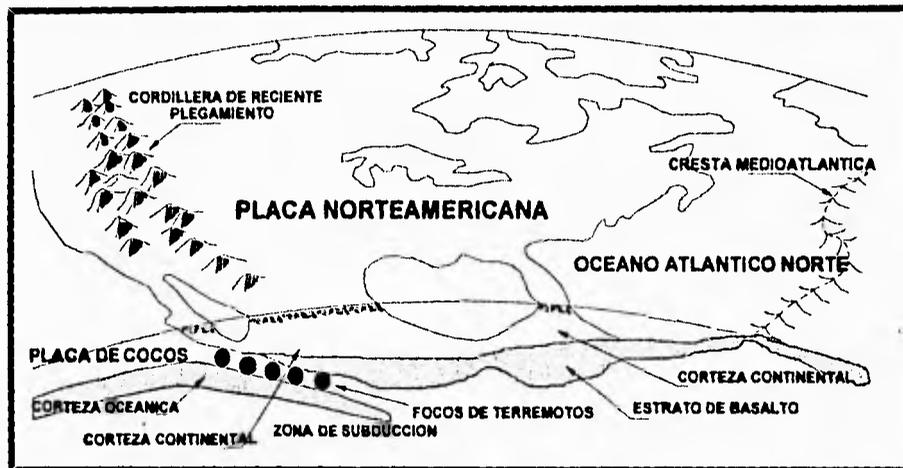


Figura I.1.1.- Sección a través de la corteza terrestre (en escala vertical exagerada), donde se muestra a la PLACA DE COCOS subduciendo a la PLACA NORTEAMERICANA.

Con los tres anteriores tipos de movimientos se originan los SISMOS INTERPLACAS o de origen TECTÓNICO, existiendo además, los SISMOS INTRAPLACAS debidos al FALLAMIENTO NORMAL de la placa subducente, o por DEFORMACIONES de la base o la parte superior de la corteza continental asociada al eje volcánico, por DEFORMACIONES en regiones de geología y tectónica localmente complejas, o por agentes externos, comúnmente aerolitos.

Las dos hipótesis en que se basa la teoría de la DERIVA CONTINENTAL, son las siguientes :

a).- **HIPÓTESIS GEOFÍSICA:** De acuerdo a la morfología de los continentes, los investigadores han logrado crear el acoplamiento del Hemisferio Oriental con el Occidental, de tal forma que parecen piezas integradas de un solo continente, de ahí que surja la idea original de que los continentes se han separado lentamente de un supercontinente al que se le ha llamado **PANGEA**.

Pangea data de hace aproximadamente unos 230 millones de años, empezándose a separar cerca de 50 millones de años después, dividiéndose en LAURACIA (al norte) y GONDWANA (al sur); separándose de nuevo hace aproximadamente 65 millones de años, adoptando los continentes divididos formas y posiciones que nos son mas familiares. Las primitivas uniones, probablemente se produjeron en los bordes de lo que hoy son las plataformas sumergidas de los continentes. (VER FIG. I.1.2).

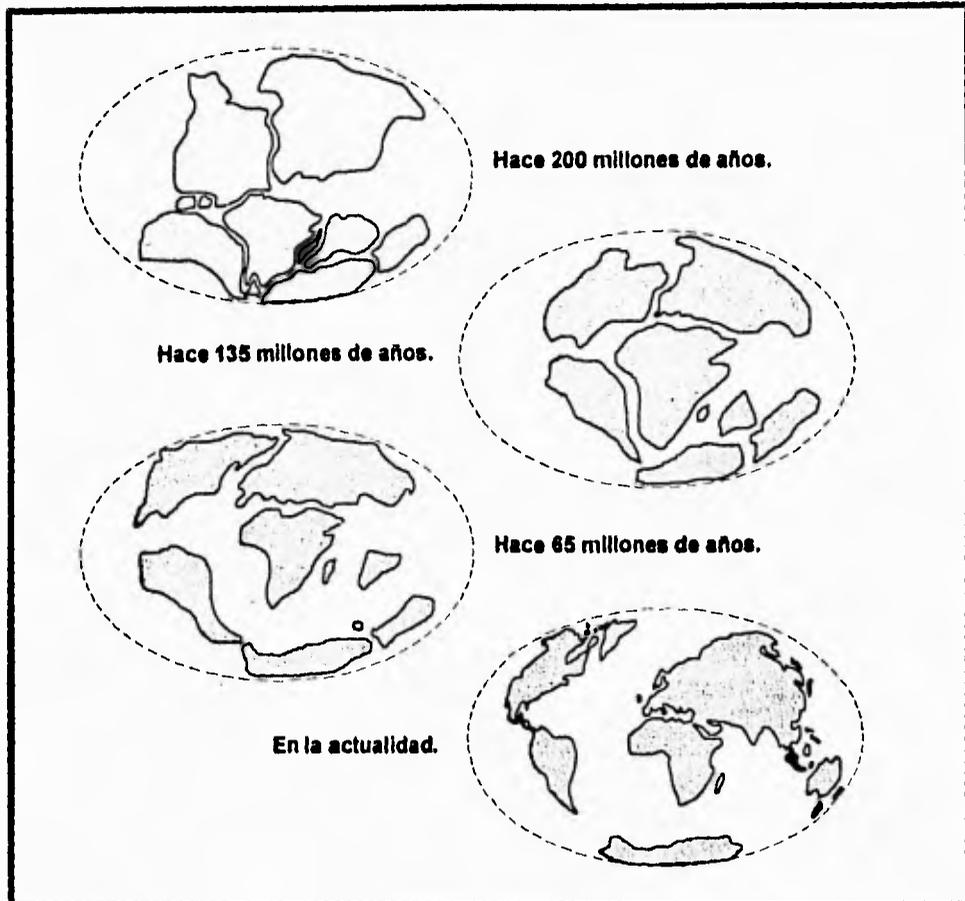


Figura I.1.2- Representación gráfica de la hipótesis de la DERIVA CONTINENTAL.

b).- **HIPÓTESIS GEOMAGNÉTICA:** En los estudios de Paleomagnetismo que se efectuaron sobre los distintos puntos de la superficie terrestre, se advirtió que existía una discordancia en la ubicación del Polo Magnético. Esta ubicación se basa en el estudio de la orientación magnética de las rocas durante su formación, y según el continente

donde se hacía la observación, se obtenía una localización diferente del Polo Magnético a través de las distintas edades de las rocas investigadas.

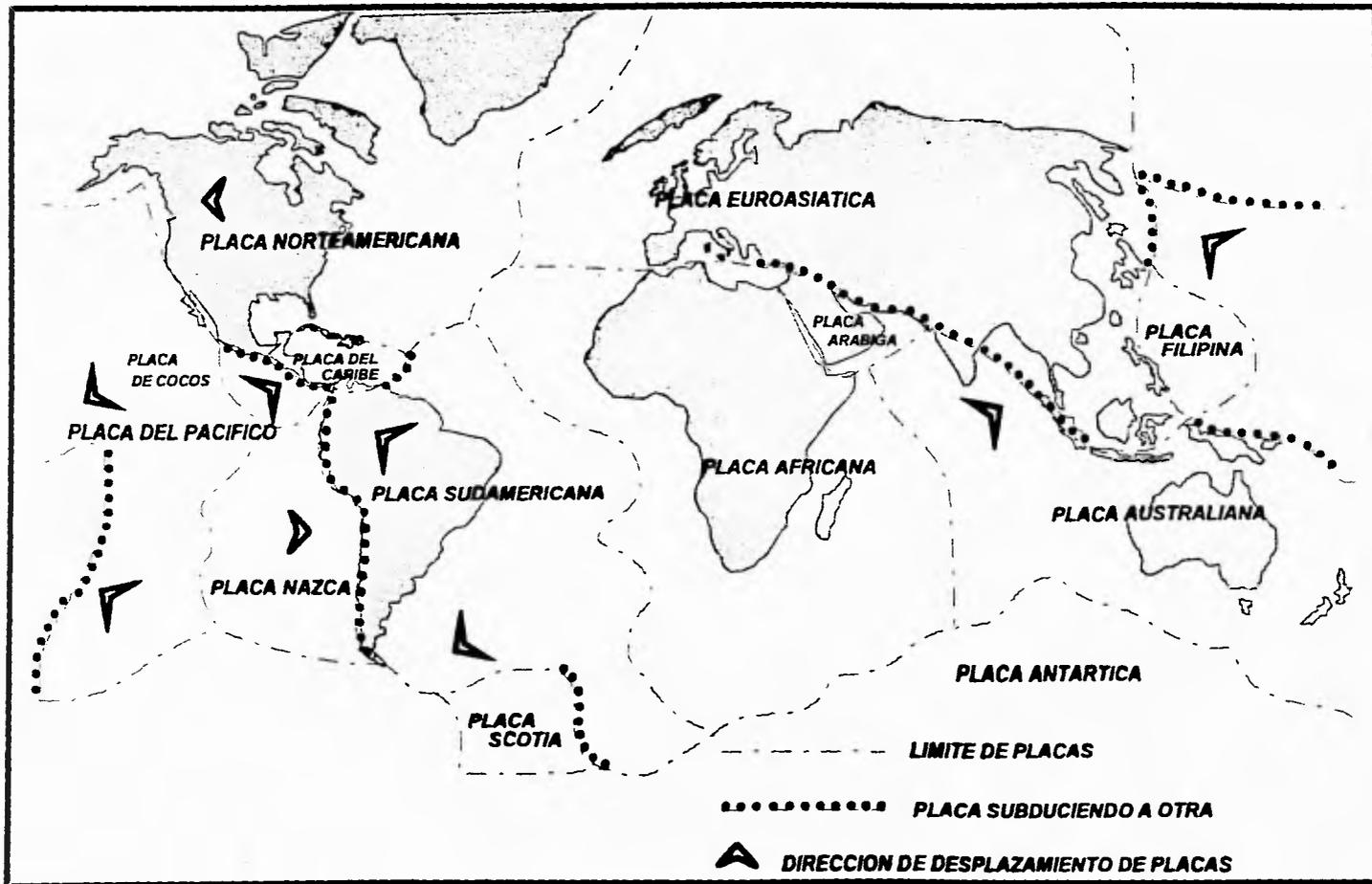
Con el estudio de la orientación magnética de las rocas en los continentes, se han logrado obtener una serie de posibles rutas de la DERIVA DEL EJE MAGNÉTICO, el cual se ha desplazado al igual que los continentes sobre la superficie terrestre.

Debido a los esfuerzos contenidos y liberados violentamente en los planos de contacto entre las dos placas, es posible determinar la dirección y profundidad de dichos planos, ya que la proyección de éstos sobre la superficie, son zonas de alta frecuencia sísmica y en ocasiones, de actividad volcánica. Así, con el reconocimiento topográfico de las CRESTAS, las TRINCHERAS y los estudios por medio de sondeos sismológicos, se pueden delimitar el contorno de las placas y ubicarlas sobre la superficie para su mejor estudio, complementando esto con los ESTUDIOS GEODÉSICOS que se utilizarán para medir los desplazamientos entre placas.

El número actual de PLACAS TECTÓNICAS, según la mayoría de cálculos científicos es de 19, mismas que llegan a medir cientos o miles de kilómetros cuadrados de extensión según el tamaño y la forma; además tienen entre 70 y 100 kilómetros de

espesor, acumulándose entre ellas, la enorme energía que es capaz de liberar un sismo.

La localización de las placas tectónicas que conforman la superficie terrestre, están representadas en el mapa No. I.1.1, donde se aprecian las seis placas principales: 1) del Pacífico, 2) Norteamericana, 3) Africana, 4) Euroasiática, 5) Australiana y del Índico y 6) Antártica, y seis placas menores: a) Nazca, b) Cocos, c) del Caribe, d) Scotia, e) Arábica y f) de Filipinas.



Mapa I.1.1.

I.2 CARACTERÍSTICAS Y FORMAS DE MEDICIÓN DE LOS SISMOS.

" Un sismo ocurre cuando hay un desplazamiento en una falla del terreno, y por falla se entiende el área sobre la cual se deslizan dos bloques de rocas que se han roto;...en las fallas que no se han movido por mucho tiempo, se acumula energía, que se libera repentinamente en ondas elásticas que se propagan en el interior y superficie de la tierra".²

I.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISMOS.

Al generarse un deslizamiento entre placas tectónicas, se libera energía en forma de ondas sísmicas, mismas que viajan en todas direcciones a partir de un punto denominado **FOCO** ó **HIPOCENTRO**; exactamente arriba de éste punto, en la superficie terrestre se encuentra el punto llamado **EPICENTRO**.
(VER REFERENCIA 2)

La profundidad a la que se localiza el FOCO, la clasifica como normal cuando está entre 0 y 70 km.; intermedia entre 70 y 300 km. y de FOCO PROFUNDO cuando pasa de los 300 km. de profundidad.

Entre mayor profundidad esté el foco, el sismo puede sentirse en un área mas grande, pero en menor intensidad que si el foco está mas cerca de la superficie terrestre.

² Dr. Shri Krishna Singh.- Investigador del Instituto de Geofísica de la UNAM.

I.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS SÍSMICAS.

Las ondas sísmicas están catalogadas en tres tipos:

a).- **ONDAS P**; que oscilan en la dirección de la propagación sísmica. Las ondas P son las primeras que llegan a los sismógrafos, siendo ondas muy rápidas, de compresión y que se propagan directamente por toda la tierra a través de sólidos y líquidos. Éstas ondas son las que han proporcionado a los investigadores casi toda la información que se posee sobre la corteza de la tierra, el manto y su núcleo.

b).- **ONDAS S**; que oscilan hacia arriba, hacia abajo y a los lados, (transversales). Se ha descubierto que las ondas S sólo se pueden propagar a través de los sólidos, y como no se transmiten a través del núcleo, se llegó a la teoría de que el núcleo terrestre es líquido.

c).- Ondas superficiales; que son a su vez de dos tipos: **RALEIGH** y **LOVE**, mismas que son generadas después que las ondas sísmicas son reflejadas y refractadas al atravesar diferentes materiales, modificando sus características. (VER FIG. I.2.1)

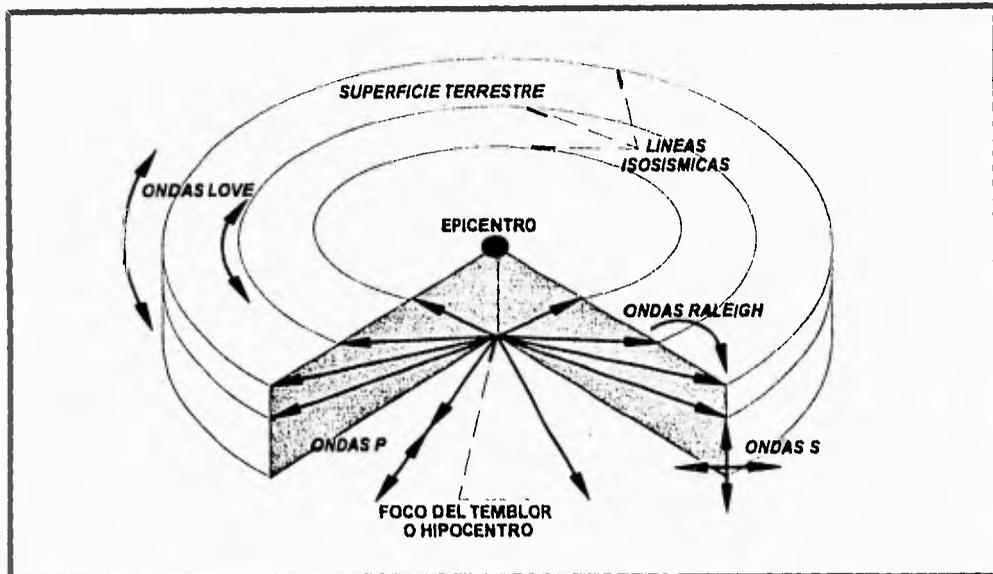


Figura I.2.1.- Representación de la variedad, origen y dirección de las ondas sísmicas. (VER REFERENCIA 2)

I.2.3 FORMAS DE MEDICIÓN DE LOS SISMOS.

Hay tres formas básicas de medición de los sismos; cada una de ellas referida a sus características propias, pero que se complementan entre sí, midiendo la **MAGNITUD**, **INTENSIDAD** y **ACELERACIÓN** respectivamente.

a).- La **MAGNITUD** se calcula a partir de un registro instrumental, que evalúa el equivalente a las toneladas de dinamita que hubiera sido necesario estallar para conseguir el movimiento del terreno, designando ese valor en la escala de **RICHTER**. Dicho valor, debe ser igual para cualquier estación sismológica del mundo, independientemente de donde

se ubique el foco del sismo, representando asimismo, la energía liberada en un temblor. El método de Richter para medir la magnitud de un movimiento telúrico, consiste en usar el logaritmo de la amplitud de la mayor onda registrada en un sismógrafo estándar, haciendo la corrección de acuerdo con la distancia a la que se encuentre el foco del temblor; Richter pensó que lo más práctico sería escoger como punto de partida el cero con un temblor muy débil, con epicentro a 100 kilómetros de distancia de la estación registradora y dejaría sobre el papel del sismógrafo patrón, un trazo de una micra; cada vez que la magnitud aumenta un grado, la fuerza o energía del temblor aumenta aproximadamente 32 veces. La diferencia de un temblor de grado cero y otro de grado nueve, es de treinta billones de veces mayor.

b).- La **INTENSIDAD** sísmica es una medida de los efectos de un terremoto en el hombre, en las obras artificiales y en la naturaleza en un lugar determinado. Desde el siglo XVIII se hicieron esfuerzos por clasificar estos efectos; el italiano Rossi, en 1873 y casi simultáneamente con un suizo de nombre Forel, basados en datos empíricos, propusieron sus escalas, les asignaron por conveniencia 10 grados, luego las unificaron y se formó la escala de Rossi-Forel para intensidades. Después Mercalli en 1902 perfeccionó la escala a 12 grados, pero en 1931 fue corregida y desde entonces se llamó **ESCALA MODIFICADA DE MERCALLI**, (VER TABLA I.2.1),

utilizándose hasta 1956 cuando la enriquecieron con la introducción de la clasificación de tipos de construcciones según su capacidad de resistir temblores. (VER TABLA I.2.2)

GRADO	HOMBRE	CONSTRUCCIONES (TIPO DE ESTRUCTURAS)				NATURALEZA
		TIPO D	TIPO C	TIPO B	TIPO A	
INTENSIDAD	EFFECTOS					EFFECTOS
I	NO SENTIDO.					
II	SENTIDO EXCEPCIONAL MENTE.					
III IV	SENTIDO DENTRO.					
V	SENTIDO FUERA.					
VI	SENTIDO POR TODOS.	GRIETAS.				
VII	DIFÍCIL DE MANTENERSE EN PIÉ. NOTADO POR CHOFERES.	DAÑO MODERADO.	GRIETAS.			PEQUEÑOS DERRUMBES; HUNDIMIENTOS EN BANCOS DE ARENA Y GRAVA.
VIII	CONDUCCIÓN DE VEHÍCULOS AFECTADA.	GRAVE DAÑO.	DAÑO MODERADO (COLAPSO PARCIAL).			RAMAS DE ARBOLES DESGAJADAS, CAMBIO DE FLUJO Y TEMPERATURA DE FUENTES, GRIETAS EN TIERRA HÚMEDA Y LUGARES EMPINADOS.
IX	PÁNICO GENERAL.		GRAVE DAÑO (A VECES COLAPSO COMPLETO).	GRAVE DAÑO.	DAÑO LEVE.	GRANDES GRIETAS EN EL SUELO, CRÁTERES DE ARENA, FUENTES NUEVAS.
X		GRAVE DESTRUCCIÓN RIELES DOBLADOS.	DESTRUCCIÓN MODERADA.	DESTRUCCIÓN LEVE.	DAÑO MODERADO.	GRANDES DERRUMBES, DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL DE TIERRA PLANA Y EN LAS PLAYAS.
XI		LAS TUBERÍAS DE AGUA, GAS, LUZ, TELÉFONO, ETC., QUEDAN COMPLETAMENTE FUERA DE SERVICIO. LOS RIELES SE DOBLAN CONSIDERABLEMENTE.				GRANDES GRIETAS EN LA TIERRA Y DESLIZAMIENTOS, GRANDES CANTIDADES DE AGUA SON INYECTADAS, MEZCLADAS CON LODO Y ARENA, POSIBLES TSUNAMIS.
XII		C A T Á S T R O F E				DESPLAZAMIENTO DE GRANDES MASAS DE ROCA. OBJETOS LANZADOS AL AIRE.

Tabla 1.2.1.- Escala Modificada de Mercalli de 1956, complementada con la clasificación de los diferentes tipos de construcción.

TIPO A	ESTRUCTURAS ANTISISMICAS DE HORMIGÓN ARMADO O ACERO, CALCULADAS PARA RESISTIR FUERZAS HORIZONTALES Y MUY BIEN DETALLADAS EN LOS PLANOS, MANO DE OBRA Y SUPERVISIÓN EXCELENTES Y MATERIALES DE PRIMERA CALIDAD.
TIPO B	ESTRUCTURAS CONVENCIONALES DE HORMIGÓN ARMADO, MAMPOSTERÍA REFORZADA O ACERO, NO DISEÑADAS EN DETALLE PARA RESISTIR FUERZAS LATERALES, MANO DE OBRA, SUPERVISIÓN Y MATERIALES BUENOS.
TIPO C	CONSTRUCCIONES NO MUY DÉBILES, AÚN CON ESTRUCTURA INTERNA DE HORMIGÓN ARMADO, MAMPOSTERÍA REFORZADA O ACERO, PERO NO DISEÑADAS NI CONSTRUÍDAS PARA RESISTIR FUERZAS HORIZONTALES, MANO DE OBRA, SUPERVISIÓN Y MATERIALES ORDINARIOS.
TIPO D	CONSTRUCCIONES SIN ESTRUCTURA ALGUNA Y MUY DÉBILES PARA RESISTIR FUERZAS HORIZONTALES, MANO DE OBRA DE BAJA CALIDAD, MATERIALES DÉBILES COMO EL ADOBE O PAJA.

Tabla I.2.2.-Tipología de construcciones para complementar la Escala Modificada de Mercalli.

MAGNITUD	2	3	4	5	6	7	8
INTENSIDAD MAXIMA	I-II	III-IV	V	VI-VII	VII-VIII	IX-X	XI-XII
RADIO DE PERCEPTIBILIDAD EN KMS.	0	15	80	150	220	400	600

Tabla I.2.3- Comparativa entre MAGNITUD e INTENSIDAD, y el radio máximo de acción desde el EPICENTRO.

c).- La **ACELERACIÓN**, que se mide con un aparato llamado ACELERÓMETRO, el cual representa la relación del movimiento del terreno con respecto al tiempo; aceleración debida al fenómeno telúrico. Esta información es muy valiosa en zonas cercanas al foco del temblor, pues ahí se saturan los sismógrafos en el momento de un sismo de alto grado, lo que no ocurre con los acelerómetros.

I.3 LA ZONA SÍSMICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA.

I.3.1 CLASIFICACIÓN DE ZONAS.

La República Mexicana está ubicada en el borde de cuatro placas tectónicas: la del Pacífico, la de Norteamérica, la del Caribe y la de Cocos, placas que forman parte del **CINTURÓN CIRCUM-PACÍFICO** ó **CÍRCULO DE FUEGO**, del cual alrededor de éste existe una franja de gran actividad sísmica y volcánica. De ello, se puede dividir nuestro País en tres zonas:

a).- **ZONA DE ALTA SISMICIDAD**: que comprende el D. F., Guerrero, Oaxaca, Colima, Michoacán, Chiapas, Morelos y parte de los estados de Puebla, Tabasco, Veracruz, Guanajuato y Jalisco.

b).- **ZONA PENSÍSMICA**: donde ocurren solo el 10 % de los sismos, en Sinaloa Nayarit y Tlaxcala, y en parte de Tabasco, Veracruz, Hidalgo, Edo. de México, Querétaro, Guanajuato, Zacatecas, Aguascalientes, Durango, Chihuahua, Sonora y las Baja Californias.

c).- **ZONA ASÍSMICA**: donde los sismos se presentan en forma poco frecuente o no existen, en los Estados de Q. Roo, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila y S. Luis Potosí.

La placa de Cocos es la más activa de la zona, subduciendo a las placas Norteamericana y del Caribe; originando los continuos movimientos sísmicos que sufre el suroeste y centro de la República Mexicana, desplazándose a una velocidad de 6 ± 2 centímetros por año.

Asimismo se presenta el movimiento de alejamiento en las placas de Norteamérica y del Pacífico en la parte norte de México, separación medida en el período de 1982-1986 por una Delegación Científica Franco-Mexicana, con un promedio anual de 8 ± 3 centímetros por año.

Los sismos que han afectado el Distrito Federal, se deben al movimiento de subducción de la placa de Cocos; regularmente el epicentro del sismo que afecta a la capital, se encuentra en el Océano Pacífico aproximadamente a 400 kilómetros de distancia.

En la tabla I.3.1, se muestra un catálogo de grandes sismos en México, con intensidades mayores o iguales a grado 7 en la escala de Richter.

CATÁLOGO DE LOS GRANDES SISMOS DE MÉXICO						
REGIÓN COMPRENDIDA ($\phi = 15^{\circ}$ - 20° N, $\lambda = 94.5^{\circ}$ - 105.5° W).						
SUCESO	FECHA ¹	HORA ¹ h:m:s	LATITUD ϕ (°N)	LONGITUD λ (°W)	PROF. (KMS.)	MAGN. (Ms)
1	20-Ene-1900	06:33:30	20.0	105.0	H	8.1
2	16-May-1900	20:12:00	20.0	105.0	H	7.6
3	14-Ene-1903	01:47:36	15.0	98.0	H	8.3
4	15-Abr-1907	06:08:06	16.7	99.2	H	8.2
5	26-Mar-1908	23:03:30	18.0	99.0	80	7.7
6	27-Mar-1908	03:45:30	17.0	101.0	S	7.2
7	30-Jul-1909	10:51:54	16.8	99.9	S	7.6
8	07-Jun-1911	11:02:42	19.7	103.7	H	7.9
9	16-Dic-1911	19:14:18	16.9	100.7	50	7.6
10	19-Nov-1912	13:55:07	19.93	99.83	H	7.9
11	21-Nov-1916	06:25:24	18.0	100.0	H	7.0
12	29-Dic-1917	22:50:20	15.0	97.0	H	7.0
13	22-Mar-1928	04:17:03	16.23	95.45	H	7.1
14	17-Jun-1928	03:19:28	16.33	96.7	H	7.7
15	04-Ago-1928	18:28:17	16.83	97.61	H	8.0
16	09-Oct-1928	03:01:08	16.34	97.29	H	7.4
17	15-Ene-1931	01:50:40	16.1	96.64	H	7.8
18	03-Jun-1932	10:36:52	19.84	103.99	H	8.0
19	18-Jun-1932	10:12:10	19.5	103.5	H	8.4
20	30-Nov-1934	02:05:16	19.0	105.31	H	7.2
21	23-Dic-1937	13:17:59	17.1	98.07	H	7.7
22	15-Abr-1941	19:09:51	18.85	102.94	H	7.9
23	22-Feb-1943	09:20:45	17.62	101.15	H	7.7
24	14-Dic-1950	14:15:50	17.22	98.12	H	7.3
25	28-Jul-1957	08:40:10	17.11	99.1	H	7.7
26	11-May-1962	14:11:57	17.25	99.58	H	7.2
27	23-Ago-1965	19:46:03	16.3	95.8	H	7.8
28	02-Ago-1968	14:06:44	16.6	97.7	H	7.4
29	30-Jun-1973	21:01:18	18.39	103.21	32	7.5
30	29-Nov-1978	10:52:47	16.0	96.69	19	7.8
31	14-Mar-1979	11:07:11	17.46	101.46	15	7.6
32	25-Oct-1981	03:22:13	17.75	102.25	20	7.3
33	19-Sep-1985	13:15:50	18.11	102.39	16	8.1
34	21-Sep-1985	01:37:09	17.26	101.38	H	7.5

Tabla I.3.1- Catálogo de los grandes sismos de México (Ms \geq 7.0) Poco profundos H \leq 65 Kms.

¹.- Fecha y Hora en el Meridiano de Greenwich (GMT).

Datos de "A Catalog of Earthquakes of México from 1900-1981", S. K. Singh, M. Rodríguez y J. M. Espíndola, Instituto de Geofísica, UNAM.

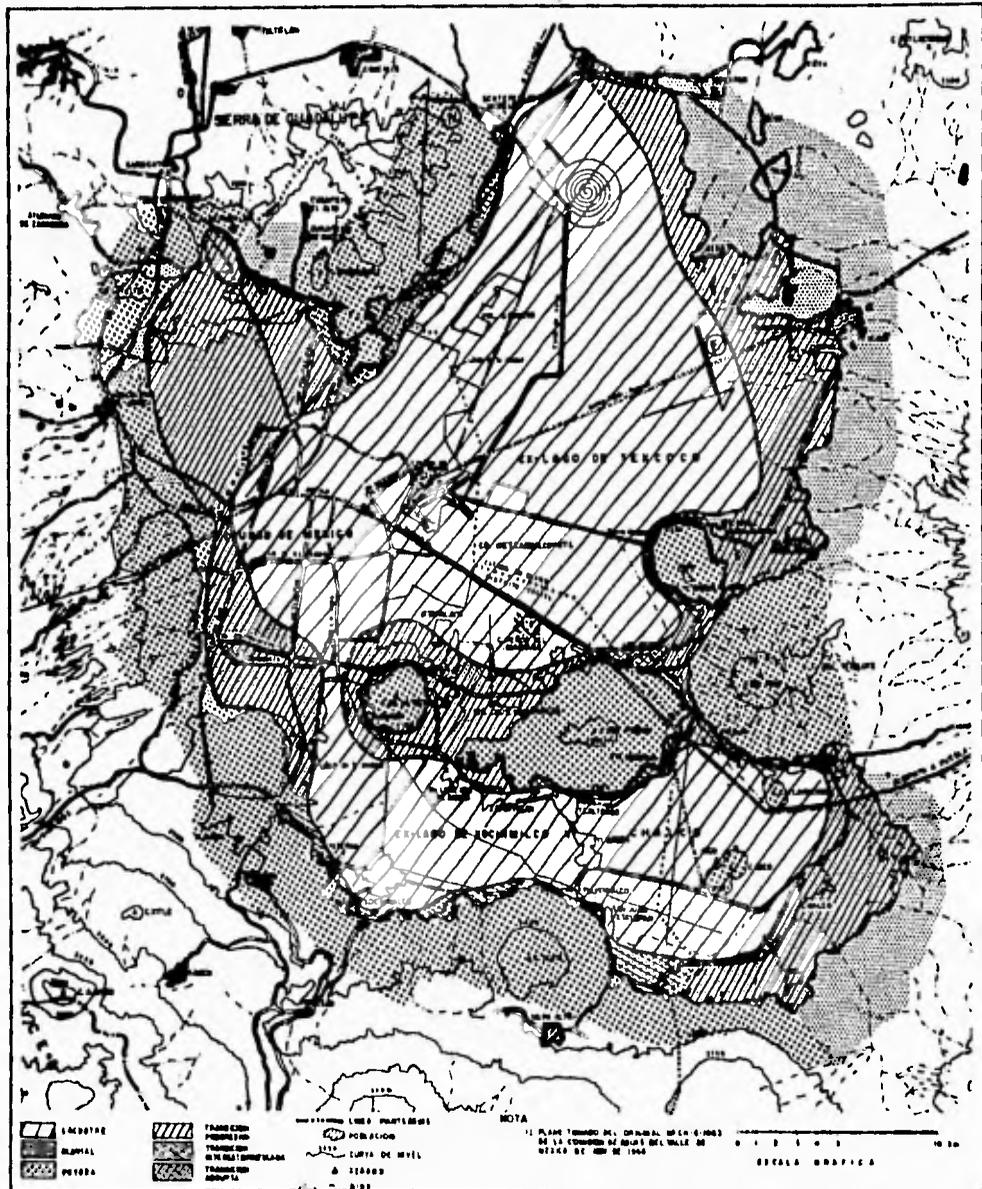
I.3.2 ZONIFICACIÓN DEL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

La Ciudad de México está ubicada entre los 19 y 20 grados de latitud Norte y entre los 99 y 100 grados de longitud al Oeste de Greenwich; forma parte del Valle de México, que está limitado al Norte por las sierras de Tepotzotlán, Tezontlalpan y Pachuca; al Este por los llanos de Apan, los montes de Río Frío y la Sierra Nevada; al Sur por la Sierra de Cuauhtzin y Ajusco y al Oeste por las Sierras de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo.

Se establece que después de los fenómenos tectónicos intensos que se presentaron a partir del período Terciario (hace trece millones de años), y que culminó hace medio millón de años en su etapa intensa, se produjeron importantes derrames y formación de depósitos de lava y otros materiales ígneos, cerrando las salidas de drenaje natural del valle, principalmente la ubicada en la parte sur por la lava del Chichinautzin, convirtiendo el Valle de México en Cuenca; originando a través de los años, que el subsuelo de la cuenca se transformara por las depositaciones tanto eólicas como aluviales y las posteriores erupciones volcánicas.

Los numerosos estudios que se efectuaron con relación al subsuelo de la Ciudad de México, llevó en 1959 a los Ingenieros R. J. Marsal y Marcos Mazari a zonificar la Ciudad

de México en tres grandes áreas según su estratigrafía: Zona de Lomas, Zona de Transición y Zona de Lagos. (VER MAPA I.3.1)



Mapa I.3.1 Zonificación geológica de la Ciudad de México.

a).- La **ZONA DE LOMAS** está constituida por terrenos compactos areno-limosos, con alto contenido de grava y tobas pumíticas bien cementadas; presentando buenas condiciones para la edificación, pero debido a la explotación de minas de arena y grava, muchos predios pueden estar cruzados con galerías de desarrollo muy errático.

b).- La **ZONA DE TRANSICIÓN** presenta depósitos superficiales arcillosos o limosos, orgánicos, cubriendo arcillas volcánicas muy compresibles, que se encuentran en espesores muy variables, con intercalaciones de arenas limosas o limpias, compactas. No recomendable para construcciones extensas y condiciones de carga disperejas.

c).- La **ZONA DE LAGOS** está formada por depósitos areno-arcillosos o limosos, o rellenos artificiales hasta de 10 mts. de profundidad; arcillas de origen volcánico altamente compresibles con capas o lentes de arena intercaladas; capas duras de materiales arcillo-arenosos o limo-arcillosos a profundidades de 30 mts. aproximadamente y hasta 3 mts. de espesor; arcillas volcánicas entre 4 y 14 mts. de espesor con estratos alternados de arena con grava y limo o arcilla arenosa.

De acuerdo a la problemática que ha generado la explotación de los mantos acuíferos, afectando el equilibrio

en las presiones del agua en las capas profundas, la zona de Lagos para su estudio se dividió en dos: Zona de Lagos preconsolidada y no preconsolidada. El abatimiento de presión en los acuíferos, provoca flujo de agua de los mantos arcillosos hacia ellos, con la correspondiente consolidación de las arcillas, acompañada de pérdida de volumen y causando los hundimientos diferenciales, mismos que por estudios estadísticos, en el centro de la Ciudad, para el año 2100, se estima un hundimiento hasta de 20 mts. del nivel original. (VER FIG. I.3.1) (VER REFERENCIA 18)

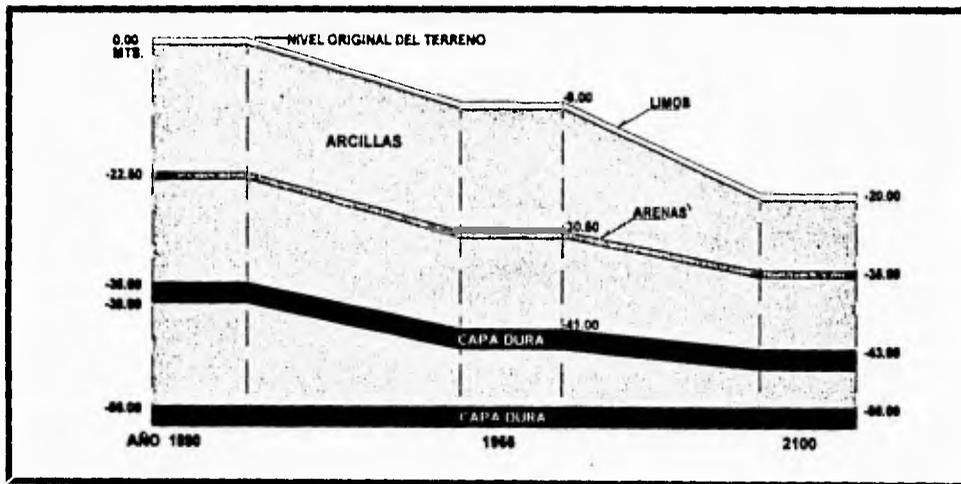


Figura I.3.1.- Hundimientos estimados en el centro de la Ciudad de México, por causa de la explotación de acuíferos.

CAPÍTULO II

PROCEDIMIENTOS PARA LA UBICACIÓN Y CONTROL DE BANCOS DE NIVEL PROFUNDOS Y DE ZONA.

II.1 UBICACIÓN DE BANCOS DE NIVEL.

El marco de referencia que debe tener cualquier edificación o punto para obtener una comparativa en posición con otra edificación, punto o con parte de su misma estructura física, es un sistema coordinado; en lo que nos concierne, nuestro marco de referencia será de tipo altimétrico, o sea que requeriremos del apoyo vertical que nos defina un número real o altura a partir de un plano de comparación.

A efecto de generalizar éste plano de comparación, se llegó a la utilización del Nivel Medio del Mar (N.M.M.), que es el punto promedio de los niveles que alcanza en sus puntos mínimos y máximos el mar, en su continuo movimiento de mareas con respecto a los continentes; éste modelo ideal de la tierra, generado por el Nivel Medio del Mar, se llama **GEOIDE**.

Estableciendo el GEOIDE como nivel de partida, para dar elevación (de signo positivo) a todo aquello que se encuentre sobre los continentes, es posible propagar nivelaciones precisas a efecto de ubicar **BANCOS DE NIVEL**, cercanos a los lugares donde nos interese conocer alturas desde el N.M.M. ó elevaciones.

Las nivelaciones para ubicar BANCOS DE NIVEL, dependiendo del uso específico que se les dé, puede catalogarse como lo marca la siguiente tabla:

NIVELACIÓN TIPO.	PRECISIÓN (mm.)	CARACTERÍSTICAS
PRIMER ORDEN.	$4\sqrt{K}$	USO EN REDES PRINCIPALES DE PAÍSES; SECCIONES DE NIVELACIÓN DE 1 A 2 KM. NIVELADAS DE IDA Y REGRESO; SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE LÍNEAS DE NIVELACIÓN DE 80 KM.; SEÑALAMIENTO CON PLACAS O MOJONERAS.
SEGUNDO ORDEN	$8.4\sqrt{K}$	USO EN SUBDIVISIÓN DE LÍNEAS DE PRIMER ORDEN; NIVELACIONES CON LOS PROCEDIMIENTOS DE LAS DE PRIMER ORDEN, PERO EN UN SOLO SENTIDO, LIGANDO PUNTOS EN FORMA DE LAZO, HASTA OBTENER DISTANCIAS MENORES A 20 KM. ENTRE PUNTOS DE PRIMER O SEGUNDO ORDEN; SEÑALAMIENTO CON PLACAS O MOJONERAS.
TERCER ORDEN	$12\sqrt{K}$	USO EN SUBDIVISIÓN DE LAZOS DE PRIMER O SEGUNDO ORDEN; LÍNEAS DE NIVELACIÓN QUE NO DEBEN EXTENDERSE MÁS DE 50 KM., CIRCUITOS CERRADOS NIVELADOS EN UN SOLO SENTIDO; SEÑALAMIENTO CONVENCIONAL.
ORDEN INFERIOR	VARIABLE	USO EN NIVELACIONES TRIGONÓMICAS, BAROMÉTRICAS O DE BAJA PRECISIÓN; SÓLO EN CASOS ESPECIALES SE UBICARÁN CON PLACAS (EN ZONAS INACCESIBLES).

Tabla II.1.1.- Tipología de Nivelaciones para ubicación de BANCOS DE NIVEL con precisión específica, donde K es la longitud de la línea de nivelación.

Las nivelaciones de primer orden, que se realizaron para propagar elevaciones desde las costas de la República Mexicana hasta el Distrito Federal, por su alto costo, en lo referente al tiempo, equipo y personal por aplicar, necesariamente se tuvo que efectuar por instancia gubernamental, involucrando asimismo a varios grupos internacionales de investigación.

La **RED DE POSICIONAMIENTO VERTICAL**, que forma parte de la **RED GEODÉSICA NACIONAL**, hasta el año de 1987, contaba con 23,600 kilómetros de nivelación de primer orden, de los cuales, 9,600 kilómetros fueron efectuados por la Dirección General de Geografía y 14,000 kilómetros por otras dependencias; de nivelaciones de segundo orden, se cuenta con un desarrollo de 119,500 kilómetros; lo anterior representado en **BANCOS DE NIVEL DE PRECISIÓN**, equivale a 16,176 puntos separados entre 2 y 3 kilómetros, y 15,120 **BANCOS DE NIVEL TOPOGRÁFICOS**, separados entre 5 y 7 kilómetros. (VER REF. 11)

Los **BANCOS DE NIVEL DE PRECISIÓN** ubicados en el Distrito Federal, son en su mayoría del tipo PROFUNDO, esto es, que para evitar el cambio continuo de elevación por efecto del hundimiento de las zonas de Transición y Lagos, éstos bancos se apoyan en la capa dura.

La construcción de los **BANCOS DE NIVEL PROFUNDOS**, se hace por medio de excavaciones ó sondeos hasta localizar el manto rocoso; se introduce un tubo de fierro galvanizado de 4 pulgadas, y en éste, otro tubo de 2 pulgadas, relleniéndose de concreto en la parte inferior de 0.5 a 1.0 mts.; el tubo de diámetro mayor, debe sobresalir aproximadamente 0.30 mts. del lecho inferior del registro, y el de diámetro menor, 0.10 mts. del otro tubo; la terminación del tubo de 2 pulgadas en su extremo superior, debe de ser en corte diagonal y con una

placa soldada a modo de tapa, con el objeto de tomar el nivel en la punta del corte del tubo; los registros de resguardo de Bancos de Nivel Profundos, deben de sobresalir mínimamente 0.20 mts. del nivel del terreno natural, a fin de evitar se aneguen o azolven con lodo. (VER FIG. II.1.1)

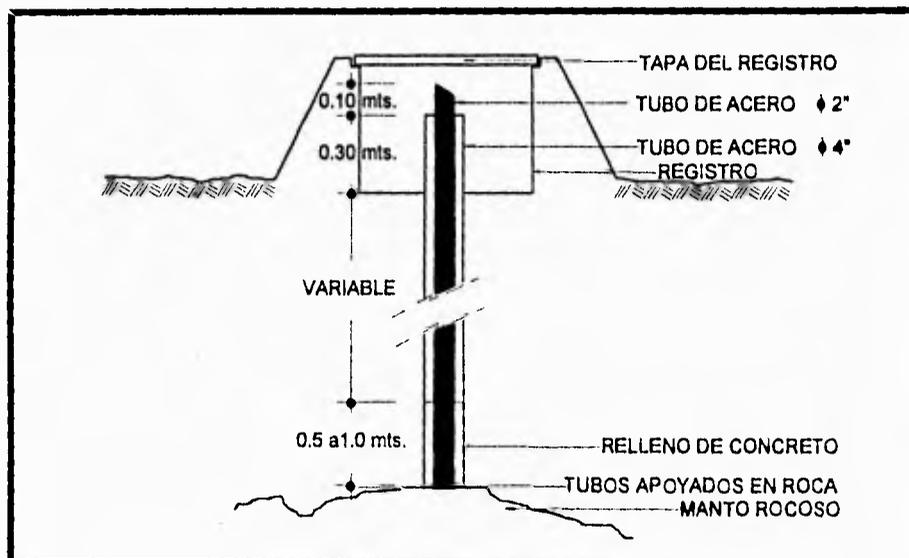


Figura II.1.1.- Representación gráfica de la construcción de un BANCO DE NIVEL PROFUNDO.

Debido al hundimiento gradual de las zonas de Transición y Lagos, es necesario llevar un control estricto de los BANCOS DE NIVEL PROFUNDOS, ya que con el tiempo, los tubos van emergiendo del registro contenedor; para ello, se requiere efectuar cortes en cada tubo y por lo tanto, modificar la elevación, además del mantenimiento de limpieza y pintura,

para evitar corrosión; como ejemplo de éste tipo de Bancos, se tienen los Bancos GALINDO Y VILLA Y COLEGIO MILITAR.

En la zona de Lomas, los BANCOS DE NIVEL DE PRECISIÓN, se ubican sobre monumentos o mojoneras, mismas que se construyen sobre la capa dura, por lo que no es necesario sondear o excavar. (VER FIG. II.1.2)

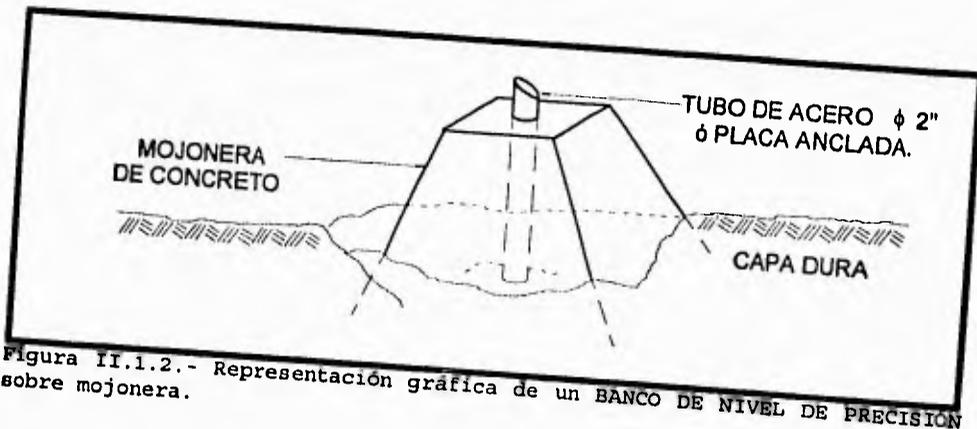


Figura II.1.2.- Representación gráfica de un BANCO DE NIVEL DE PRECISIÓN sobre mojonera.

Éstos Bancos de Nivel, son completamente estables, y requieren únicamente limpieza y pintura como mantenimiento; un ejemplo de BANCO DE NIVEL DE PRECISIÓN sobre mojonera, es el Banco ATZACOALCO, que fue ubicado por la Comisión Hidrológica del Valle de México, y que rige con su elevación la mayoría de las obras civiles que efectúa el Departamento del Distrito Federal.

En el mapa No. II.1.1, se encuentra la localización de los BANCOS DE NIVEL DE PRECISIÓN mas importantes en el Distrito Federal, utilizados para las obras de construcción del Sistema de Transporte Colectivo y Ejes Viales; las elevaciones de éstos bancos, fueron afectadas por el sismo de 1985. (VER TABLA II.1.2). El control de hundimientos previo al sismo, nos marca la elevación de comparación con las elevaciones obtenidas después del fenómeno telúrico, mismas que fueron propagadas a partir del Banco de Nivel Profundo ATZACOALCO, el cual está ubicado en una zona que no sufrió movimientos notables con respecto a su elevación original.

B.N. PREC.	FECHA	ELEVACIÓN ANTES DEL SISMO (MSNM).	FECHA	ELEVACIÓN DESPUÉS DEL SISMO (MSNM).	DIF.
1	12-07-80	2245.008	07-10-85	2245.008	0.000
2	21-07-80	2232.014	07-10-85	2231.902	-0.112
3	18-07-80	2232.723	08-10-85	2232.828	+0.105
4	21-07-80	2231.903	08-10-85	2231.478	-0.425
5	21-07-80	2235.760	10-10-85	2235.658	-0.102
6	28-07-80	2238.653	24-10-85	2238.574	-0.079
7	21-07-80	2231.895	24-10-85	2231.551	-0.344
8	21-07-80	2233.609	25-10-85	2232.749*	-0.860*
9	21-07-80	2233.690	25-10-85	2232.779*	-0.911*
10	-----	-----	28-10-85	2247.882	-----

Tabla II.1.2.- Tabla comparativa de elevaciones, antes y después del sismo; ver localización de bancos en mapa No. II.1.1. (*) Los bancos sufrieron rotura.



- 1-BNP. ATZACOALCO.
- 2-BNP. GLORIETA PERALVILLO.
- 3-BNP. TLATELOLCO.
- 4-BNP. CIUDADELA.
- 5-BNP. PARQUE DE LAS AMERICAS.
- 6-BNP. COLEGIO MILITAR.
- 7-BNP. SAN PABLO.
- 8-BNP. KENNEDY.
- 9-BNP. GALINDO Y VILLA.
- 10-BNP. PEÑON.

**LOCALIZACION
DE BANCOS
PROFUNDOS**

Mapa H.1.1.1.- Ubiación de Bancos de Nivel de Precisión.

Los bancos de nivel de zona, son referencias propagadas a partir de los bancos de nivel de precisión, con el objeto de controlar en particular alguna obra en construcción o de investigación.

Las nivelaciones utilizadas para obtener las elevaciones de los bancos de zona, son de segundo o tercer orden; proponiéndose ubicar dos bancos por obra determinada, procurando que queden ubicados a no mas de 500 mts. entre sí.

La localización de bancos de nivel de zona puede ser de forma convencional y en relación al trabajo que vaya a efectuarse; la tabla II.1.3, nos muestra una forma común de ubicación y uso de bancos de zona.

OBRA	PRECISIÓN (TIPO DE NIVELACION)	CARACTERÍSTICAS
EDIFICACION EN GRAN EXTENSIÓN	SEGUNDO ORDEN	USO EN CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS Y OBRAS EXTENSAS, BANCOS UBICADOS SOBRE PLACAS O CLAVOS METÁLICOS, INTRODUCIDOS EN BANQUETAS , MOJONERAS O MOBILIARIO URBANO, FUERA DE LA INJERENCIA DEL HUNDIMIENTO PROPIO DE LA OBRA.
EDIFICACION EN PEQUEÑAS EXTENSIONES	TERCER ORDEN	USO EN CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS, BANCOS UBICADOS SOBRE CLAVOS METÁLICOS O NIVELETAS, LOCALIZADOS EN BANQUETAS , MUROS O MOBILIARIO URBANO, FUERA DE LA INJERENCIA DEL HUNDIMIENTO PROPIO DE LA OBRA.
DENTRO DE EDIFICIOS.	TERCER ORDEN	USO EN LAS MEDICIONES DE HUNDIMIENTOS DE LOS EDIFICIOS, PUNTOS UBICADOS SOBRE CLAVOS METÁLICOS HINCADOS EN COLUMNAS O TRABES; O NIVELETAS, PINTADAS EN MUROS, COLUMNAS O TRABES; CONTROLADOS DESDE LOS BANCOS DE ZONA.

Tabla II.1.3.- Tipología de Nivelaciones para ubicación de BANCOS DE ZONA.

II.2 PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE BANCOS DE NIVEL.

De los métodos topográficos utilizados para el control altimétrico de los bancos de nivel, depende la precisión con que se propaguen cotas para el cálculo de elevaciones sobre el nivel medio del mar (E. S. N. M. M.).

Para llevar a cabo un control exacto de los movimientos verticales de los bancos profundos, sin que repercuta en ello el error acumulativo de la nivelación diferencial, se implementa la nivelación de precisión, que minimiza los errores, principalmente los instrumentales; para ello, el equipo utilizado es:

- 1.- Un nivel de precisión, como pueden ser el WILD N-3 o el ROSSBACH NB-2, los cuales cuentan con nivel tórico con micrómetro integrado para la coincidencia de meniscos y las lecturas al cienmilímetro, equipos que tienen una óptica de hasta 46 aumentos y una desviación estándar (conforme a catálogo técnico propuesto por el fabricante) de ± 0.2 mm. para un kilómetro de nivelación doble (VER FIG.: II.2.1); también pueden ser usados los niveles automáticos con accesorios de micrómetros de placas planoparalelas, como son los WILD N-2 o NAK-2, el ROSSBACH NB-5 o el ZEISS Ni-2, con la desventaja de que éstos están expuestos a los errores causados por movimientos propios del tráfico vehicular o vibraciones en plantas industriales, incluyendo al influjo de campos

magnéticos, los cuales no son notados sensiblemente y de los que están totalmente libres los niveles de precisión; los aditamentos indispensables del nivel, son el juego de punzones para su probable ajuste, una libreta de nivel para registros, una sumadora de bolsillo para efectuar cálculos de campo y una sombrilla o parasol especial.

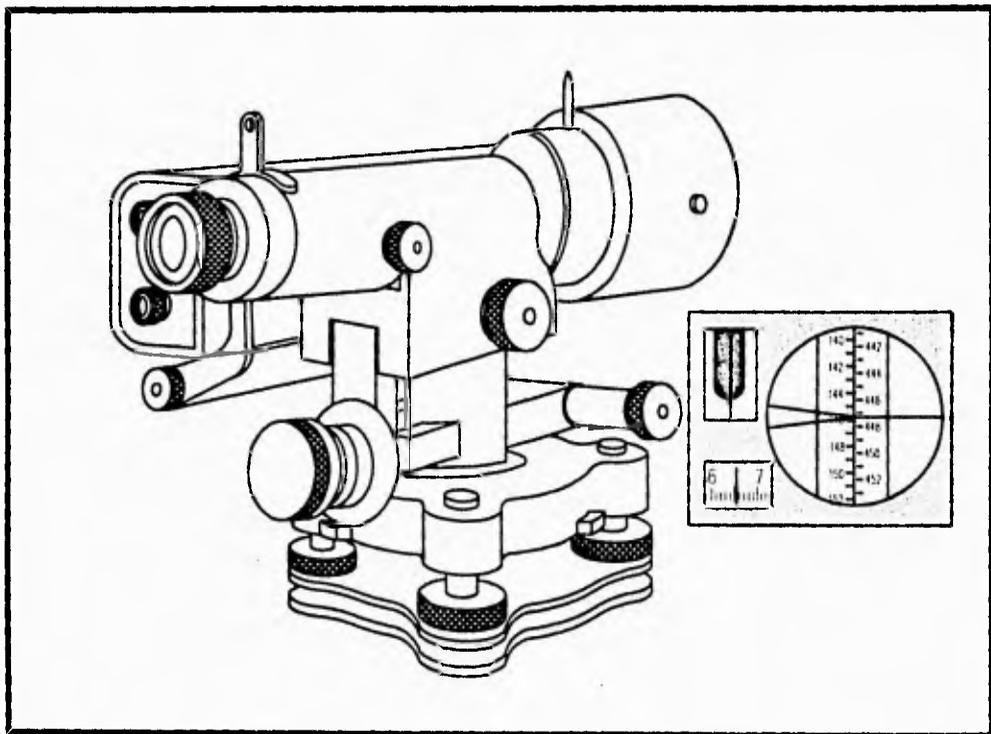


Figura II.2.1.- Nivel de precisión WILD N-3.

2.- Miras especiales, construídas con graduación sobre flejes invar, los que deben estar comparados con metros patrones, las miras contarán con implementos tales como el termómetro, a efecto de hacer los correspondientes ajustes

por temperatura en las mediciones y niveletas, para asegurarse de la verticalidad de las miras al momento de hacer las visuales.

3.- Utilería compuesta por apoyos móviles de nivelación "sapos", que se utilizan para colocar las miras en lugares donde no es posible dejar referencias fijas, clavos de acero para hincar en concreto; maseta, cincel, pintura de esmalte y papelería.

El personal idóneo para una brigada de nivelación de precisión, está compuesto por: un Ingeniero Topógrafo, un aparatero, dos estadaleros y un peón.

Los procedimientos para elaborar el trabajo de nivelación de precisión, inician en gabinete, estableciendo en un mapa, las rutas de mayor conveniencia, fraccionando la línea de nivelación en secciones de no mas de un kilómetro; cada sección debe ser nivelada de ida y regreso, con diferentes condiciones climáticas. Ambas nivelaciones no deben discrepar en su cierre con una diferencia mayor a $4\text{mm} \cdot \sqrt{K}$, siendo K la longitud de la sección en kilómetros. Si este límite no se obtiene, la nivelación debe ser repetida hasta que dos de las nivelaciones de ida y vuelta acusen ese valor; para la realización óptima de la nivelación de precisión, se deben de cumplir estrictamente las siguientes recomendaciones mínimas:

• Determinación diaria del error del nivel (constante "C"); el cual debe ser registrado en una parte especial de la libreta, procurando no sobrepasar el valor de 0.005, que es obtenido con el procedimiento que a continuación se detalla: En un lugar sensiblemente plano, se nivela cuidadosamente el aparato, y se leen las miras, las cuales deben estar una a 50 mts. y otra a 10 mts. a los lados del observador, después de anotar las lecturas, se cambia el aparato 10 mts atrás de la mira más lejana, y se efectúan las correspondientes visuales y anotaciones, (VER TABLA II.2.1 Y FIG. II.2.2); la formula para obtener la constante "C" es:

$$C = \frac{\sum \text{Lecturas.cercanas} - \sum \text{Lecturas.lejanas}}{\sum \text{Intervalos.lejanos} - \sum \text{Intervalos.cercanos}}$$

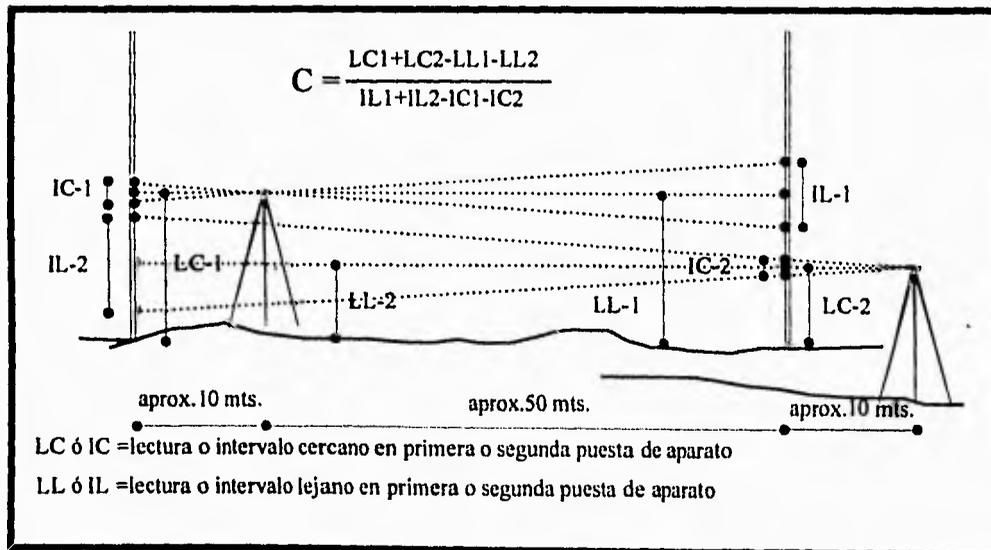


Figura II.2.2.- Representación gráfica de obtención de la constante "C".

ESTACIÓN	LECTURA DE HILOS ATRÁS	PROMEDIO	INTERVALO DE HILOS		LECTURA DE HILOS ADELANTE	PROMEDIO	INTERVALO DE HILOS
	1.674		0.012		2.076		0.128
A	1.662	1.6620	0.012		1.948	1.9477	0.129
	1.650		0.024		1.819		0.257
	1.882		0.011		1.715		0.130
B	1.871	1.8710	0.011		1.585	1.5847	0.131
	1.860		0.022		1.454		0.261
Σ	10.599	3.5330	0.046		10.597	3.5324	0.518
	-10.597	-3.5312				-0.0012	-0.046
	0.002	0.0018				3.5312	0.472
C= 2/47.2=0.042 mm./mt. (según Kissam)							
C= 1.8/47.2=0.038 mm./mt. (según U.S.C.G.S.)							

Tabla II.2.1.- Registro de nivelación para determinar constante "C".

- Exponer el equipo al medio ambiente, por lo menos una hora antes del inicio de los trabajos, utilizando sombrilla para cubrir el aparato de los rayos directos del sol.
- Procurar ubicar firmemente los puntos de liga entre bancos, para su posterior utilización; o en su defecto, construir mojoneras a cada inicio de sección.
- Hacer visuales a las miras a distancias menores de 75 mts., dependiendo de las condiciones atmosféricas, con el fin de que se aprecien bien las lecturas.
- Establecer visuales equidistantes a las miras, con una diferencia máxima de 5 mts. entre el aparato y cada una.
- Que las visuales de los hilos inferior o superior, no lleguen y estén entre 0.20 y 2.80 mts. respectivamente.

- Rolar miras, esto es que la que se visó adelante, en la siguiente estación se vise hacia atrás; haciendo que la mira con que se inició la sección, sea la misma con que se cierre, para eliminar la corrección por índice de las miras. (VER FIG. II.2.3).

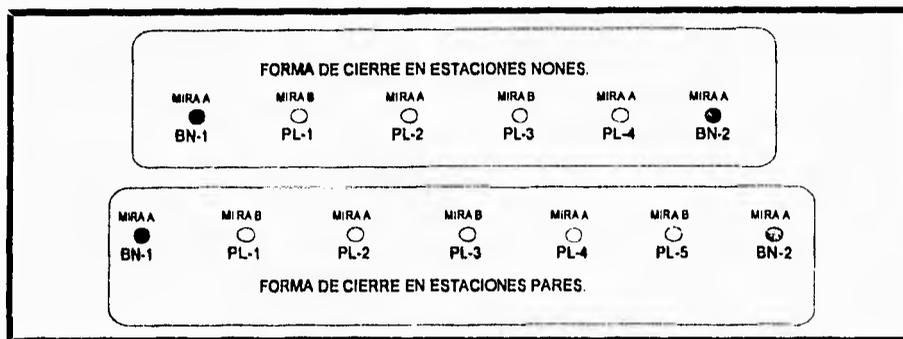


Figura II.2.3.- Rol de miras de nivelación. (VER REF. 13)

Comprobar directamente en campo, todas y cada una de las sumas de hilos, los promedios, el desnivel entre puntos de liga y los intervalos, con el objeto de poder encontrar en el momento, algún posible error y corregirlo inmediatamente. En el registro para nivelación de precisión de la tabla II.2.2, en la columna 1 (C1) se tienen anotados los números continuos de las estaciones efectuadas (del instrumento); en las columnas 2 y 5 (C2 y C5), se registran las lecturas de los hilos diastimométricos, llevando a cabo la suma de los tres hilos, tanto de las lecturas atrás, como las de frente, mismas que promediadas, se anotan en las columnas 3 y 6 (C3 y C6), valor que no debe diferir en mas de un milímetro con respecto a la lectura del hilo medio correspondiente.

1	2	3	4	5	6	7	8
SECCIÓN BNP ATZACOALCO - BN-1.				24-ENE-86			
EST	LECTURA DE HILOS ATRÁS	PROMEDIO	INTERVALO DE HILOS	LECTURA DE HILOS ADELANTE	PROMEDIO	INTERVALO DE HILOS	NOTAS
							A-20° C
	1.356		0.109	0.865		0.116	B-20° C
1	1.247	1.2473	0.108	0.749	0.7493	0.115	
	1.139		0.217	0.634		0.231	
	3.742			2.248			
	2.890		0.300	0.724		0.295	
2	2.590	2.590	0.300	0.429	0.4293	0.294	
	2.290		0.600	0.135		0.589	
	7.770			1.288			
	2.665		0.316	1.286		0.317	
3	2.349	2.3493	0.315	0.969	0.969	0.317	
	2.034		0.631	0.652		0.634	
	7.048			2.907			
	2.345		0.321	0.843		0.316	
4	2.024	2.024	0.321	0.527	0.527	0.316	
	1.703		0.642	0.211		0.632	A-23° C
	6.072			1.581			B-23° C
Σ	24.632	8.2106	2.090	8.024	2.6746	2.086	T=21.5°
	-8.024	-2.6746	-2.086				
	16.608	5.536	0.004*100*0.04≅0				
	5.536	DESNIVEL	CORRECCIÓN POR AJUSTE DEL INSTRUMENTO				

Tabla II.2.2.- Registro de nivelación de precisión por el método de los tres hilos.

En las columnas 4 y 7 (C4 y C7) se obtienen las diferencias entre el hilo superior y el medio, y entre el hilo medio y el inferior, así como la adición de las dos diferencias o intervalos; la última columna se utiliza para notas, que en este caso, sólo sirvió para anotar la temperatura de las miras al inicio y al término de la sección;

en la fila de la sumatoria, se obtienen las diferentes adiciones de las columnas anteriormente detalladas, efectuándose posteriormente la diferencia entre las sumas de hilos: C2-C5, que al promediar entre tres, nos debe concordar con la diferencia de las sumas de los promedios: C3-C6, que respetando su signo, nos definen el desnivel (sin corregir), entre los puntos extremos de la sección; finalmente, en este mismo registro, se calcula la corrección por ajuste del instrumento, en la que interviene el valor de la constante "C", en la tabla, la suma de los intervalos en las columnas C4 y C7 multiplicadas por la constante del aparato, determinan el desarrollo de la sección en las visuales hacia atrás y hacia adelante correspondientemente, la diferencia entre las distancias, indican el excedente al que hay que corregir por ajuste del nivel, multiplicándolo directamente por la constante "C" y adicionándolo algebraicamente al desnivel obtenido.

- Es indispensable tomar el registro de temperaturas de las miras, mas si el trabajo se hizo sin interrupción, se toma el promedio de las temperaturas al inicio y al final de cada sección; el coeficiente de dilatación por metro en las miras invar, es aproximadamente de 0.000018 por variación de grado centígrado; estableciendo la siguiente fórmula para el ajuste por variación de temperatura en una sección de nivelación:
$$C_t = (T_i - T_f) \times (0.000018) \times (\text{desnivel})$$
 donde T_i es la temperatura al inicio y T_f es la temperatura final de las miras en la

nivelación de una sección; en la nivelación de la tabla II.2.2, la corrección por variación de temperatura es:

$$C_t = (21.5 - 23.0) \times (0.000018) \times (5.536) = -0.00015 \text{mts.}$$

• También es importante comparar las miras con un metro patrón, estableciendo el valor de ajuste por longitud de las miras, de lo anterior se desprende la fórmula:

$$C_l = \frac{L_m - L_p}{L_m} \text{ desnivel} \quad \text{donde } L_m \text{ es la longitud total de la mira,}$$

L_p es la longitud total de la mira comparada con el metro patrón; si tomamos como ejemplo una mira de 3 mts. que después de compararse dio una longitud de 3.002, se tiene:

$$C_l = \frac{3.0 - 3.002}{3.0} \times 5.536 = -0.0037 \text{mts.}$$

A partir de todas las anteriores consideraciones, podemos llegar a establecer el resultado final de la nivelación de la sección, con la tabla II.2.3.

DEL BNP Atzacualco a BNP Peñón.					31-ene-86	
SECCIÓN	DESNIVEL	CAI	CT	CL	ELEVACIÓN	BN
					2245.0080	BNP-1
BNP-1 - BN-1	+5.5360	0.0000	-0.0002	-0.0037	2250.5401	BN-1
BN-1 - BN-2	-2.1236	0.0000	-0.0001	-0.0014	2248.4150	BN-2
BN-2 - BN-3	-3.7815	0.0000	-0.0001	-0.0025	2244.6309	BN-2
BN-3 - BNP-10	+3.2533	0.0000	-0.0001	-0.0021	2247.8820	BNP-10
NOTAS:						
	CAI	Corrección por ajuste del instrumento.				
	CT	Corrección por variación de temperatura.				
	CL	Corrección por longitud de mira.				

Tabla II.2.3.- Registro de ajuste de nivelación de precisión.

Este método de nivelación, requiere de mas cuidado en campo como en gabinete, ya que se obtienen una gran cantidad de datos, que pueden provocar por su numerosidad, equivocaciones frecuentes, evitándose con el uso de metodologías rigurosas en los cálculos y sus comprobaciones.

En la propagación de elevaciones para el control de bancos de nivel de zona, es necesario llevar a cabo nivelaciones de segundo orden, usando la metodología de la nivelación diferencial a doble altura de aparato; los cierres entre nivelaciones deben corresponder a la precisión de $\pm 8.4 \text{ mm.} \sqrt{k}$ donde k está dada en kilómetros.

El equipo recomendable, está compuesto por niveles automáticos con una desviación estándar de $\pm 1.5 \text{ mm.}$ en una nivelación doble, estadales comparados y la misma utilería que para las nivelaciones precisas.

El personal que conforma una brigada de nivelación de control de bancos de zona, es: un Ingeniero Topógrafo, un Aparatero, dos Cadeneros y un Peón.

El proceso de ésta nivelación, no es tan rígido como el que se lleva en la nivelación de precisión, no obstante, requiere determinadas consideraciones:

• Comprobación diaria del error del nivel, mismo que al encontrarse, debe ser ajustado de inmediato con el siguiente procedimiento: (VER FIG. II.2.4 y TABLA II.2.4).

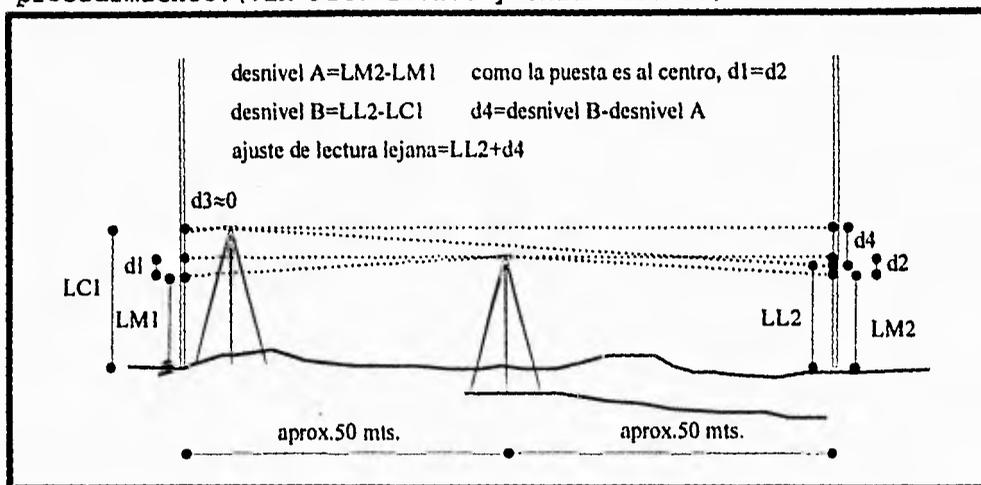


Figura II.2.4.- Representación gráfica del ajuste de nivel.

Estacionado el instrumento en una superficie sensiblemente plana, se ubican sobre puntos de liga, los dos estadales a 50 mts. a cada lado del nivel y se efectúan las lecturas del hilo medio, haciendo una segunda puesta del nivel para corroborar el primer desnivel entre puntos de liga, inmediatamente después, se lleva el instrumento a estacionarse cerca de un estadal, observando las lecturas a cada mira y se obtiene el segundo desnivel con una segunda puesta, éste desnivel menos el primero corresponde al error de la línea de colimación, la diferencia se corrige adicionándolo a la lectura del estadal mas lejano, corriendo el hilo medio, ayudado con el punzón y el tornillo de ajuste del nivel hasta obtener la lectura

calculada; después del ajuste, se hace de nuevo otra puesta de aparato a efecto de comprobar el primer desnivel.

P.O.	+	-	DESNIVEL	NOTAS
ESTACIÓN AL CENTRO				
A	2.152			
B		2.015	0.137	D1
A	1.987			
B		1.850	0.137	
ESTACIÓN CERCANA A UN ESTADAL				
A	1.760			ESTADAL CERCANO
B		1.618	0.142	ESTADAL LEJANO
A	1.706			
B		1.564	0.142	D2
$C_v = D2 - D1 = 0.142 - 0.137 = 0.005$				
AJUSTE EN LA VISUAL LEJANA = $1.564 + 0.005 = 1.569$				
COMPROBACIÓN DEL AJUSTE				
A	1.706			
B		1.569	0.137	
A	1.683			
B		1.546	0.137	NIVEL CORREGIDO

Tabla II.2.4.- Registro de ajuste de nivelación simple.

- Es preferible que los puntos de liga queden bien ubicados, para su posterior uso.
- Comparar entre sí la longitud de los estadales, con el fin de desechar los que difieran en más de 3 mm. en 4 mts.
- Si los estadales no tienen niveletas, es indispensable que se hagan las visuales con lecturas mínimas al momento de "bombear" el estadal, esto es, sobre el punto de liga, el estadal se inclina hacia adelante y hacia atrás.

- Los bancos de nivel de zona, deben ser registrados detalladamente, tanto en su ubicación como en su localización y su elevación con respecto al banco de nivel profundo de partida.

- El registro de nivelación, se ilustra en la tabla II.2.5, debiendo calcularse el desnivel o las elevaciones al momento de efectuarse, desechando las que difieran en más de dos milímetros.

BNP-1 a BNZ-1			02-FEB-86	
P.O.	+	↑	-	ELEVACION
BNP-1	2.152	102.152		100.000
PL-1			2.015	100.137
BNP-1	2.034	102.034		100.000
PL-1			1.897	100.137
PL-1	1.782	101.919		100.137
PL-2			1.697	100.222
PL-1	1.809	101.946		100.137
PL-2			1.723	100.223
PL-2	1.668	101.890		100.222
BNZ-1			1.706	100.184
PL-2	1.604	101.826		100.222
BNZ-1			1.642	100.184

Tabla II.2.5 .- Registro de nivelación diferencial a doble altura de aparato.

CAPÍTULO III

ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS QUE OTRAS DISCIPLINAS REQUIEREN PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS ESTRUCTURALES, DE REESTRUCTURACIÓN Y DE MECÁNICA DE SUELOS.

III.1 GENERALIDADES.

El Ingeniero Topógrafo provee las bases geométricas para que los Ingenieros Civiles especialistas en Proyecto, Construcción y en Mecánica de suelos, se auxilién con gran precisión y confianza en la ejecución de sus obras y proyectos.

Con referencia a los trabajos de estructuración y estudios de mecánica de suelos, los levantamientos topográficos aplicados puede dividirse en:

- Localizaciones.- que servirán para la ubicación general, local o particular de una obra; a su vez, las localizaciones son planimétricas, altimétricas o de ambas formas.
- Control topográfico para mediciones de movimientos de edificaciones.- que corroborarán las expectativas del área de mecánica de suelos, principalmente en los movimientos verticales de una construcción reciente, que por reglamento, debe controlarse por un determinado tiempo después de su término de obra.
- Medición de daños.- que ocasionados principalmente por fallas o movimientos del subsuelo, repercuten en el suelo y

las edificaciones, propiciando la evaluación de los especialistas de Ingeniería Civil, para un estricto control de movimientos, y en su caso, de la obligada reestructuración y rediseño de edificios.

III.2 LOCALIZACIONES.

En la medida que un proyecto de obra civil tenga como apoyo un buen sistema de referencia físico, la construcción de dicha obra se culminará con excelentes resultados, apegándose por entero al dimensionamiento especificado originalmente en el proyecto.

Del área delimitada por el proyecto u obra a realizar, corresponderá la aplicación de la Topografía o la Geodesia, normalmente las localizaciones requeridas por las especialidades de la Ingeniería Civil, ocupan a la Topografía con sus diferentes grados de precisión en sus levantamientos integrales.

El apoyo principal de los levantamientos topográficos, es un sistema coordinado, definido a partir de puntos de poligonal, mismos que pueden estar ligados a puntos DÁTUM, o a sistemas arbitrarios; estas poligonales son medidas con procedimientos básicos, estableciendo diferentes grados de exactitud, definiéndolas como lo marca la tabla III.2.1.

POLIGONAL	PRECISIÓN (unidad por longitud)	CARACTERÍSTICAS
PRIMER ORDEN	1:25,000 (mínimo)	USO EN POLIGONALES DE APOYO A REDES TOPOGRÁFICAS PARA LEVANTAMIENTOS DE GRANDES EXTENSIONES, CON POLIGONALES LIGADAS A PUNTOS DÁTUM, PROPAGANDO COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y ELEVACIONES EN CADA PUNTO DEL POLÍGONO; SON COMUNES LAS TRIANGULACIONES TOPOGRÁFICAS; SE UTILIZA EQUIPO ESPECIAL, TEODOLITOS CON LECTURAS MENORES A UN SEGUNDO, NIVELES DE PRECISIÓN Y DISTANCIÓMETROS.
SEGUNDO ORDEN	1:10,000 (mínimo)	USO EN LA EXTENSIÓN Y CIERRE DE REDES DE POLIGONACIÓN, A PARTIR DE ESTAS POLIGONALES, SE HACE LA RADIACIÓN DE DETALLES PLANIMÉTRICOS, SE UTILIZAN ESTACIONES TOTALES, TEODOLITOS DE UNO, SEIS Y VEINTE SEGUNDOS, DISTANCIÓMETROS, LONGÍMETROS Y NIVELES AUTOMÁTICOS.
TERCER ORDEN	1:5,000 (mínimo)	USO EN LEVANTAMIENTOS COMPLEMENTARIOS DE DETALLES, CONTROL Y SUPERVISIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES, SE UTILIZAN TEODOLITOS DE MEDIO MINUTO, TRÁNSITOS DE MINUTO, LONGÍMETROS Y NIVELES DE CONSTRUCCIÓN.
CUARTO ORDEN	1:1,000	USO EN LOCALIZACIONES PRELIMINARES O DE PEQUEÑAS ÁREAS, SE UTILIZAN TRÁNSITOS DE MINUTO PARA MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS, BRÚJULAS, BARÓMETROS Y LONGÍMETROS.

Tabla III.2.1.- Tipología de poligonales topográficas.

Las condiciones generales para obtener una confiable red de poligonales de apoyo, son las siguientes:

- Los vértices deben estar ubicados fuera de la influencia de las zonas en construcción.
- Dichos puntos deben estar ubicados en lugares de difícil destrucción y de fácil acceso.
- Debe haber una perfecta intervisibilidad entre vértices, cuidando de dejarlos perfectamente grabados, pintados y referenciados a puntos de apoyo o a detalles naturales, con su correspondiente registro en la libreta de tránsito.

- La medición angular y lineal entre vértices de poligonal, debe de observar la metodología adecuada para establecerse en la precisión requerida.

- Las poligonales principales de la red de poligonación, siempre conservarán una precisión mayor que las poligonales de liga.

- Todas las poligonales de apoyo para los levantamientos de detalle, deberán ser cerradas en circuitos no mayores a un kilómetro de desarrollo longitudinal.

- De preferencia, las mediciones longitudinales que se efectúen, serán obtenidas con un solo método e instrumental, a efecto de homogeneizar errores y/o correcciones, para obtener debidamente los pesos en el momento del ajuste de la red.

Los productos generados después de los levantamientos topográficos en campo, son:

a).- Plantillas de cálculo y listados de coordenadas corregidas de cada punto de poligonal de apoyo del levantamiento topográfico. (VER TABLA III.2.2).

b).- Radiación de cada uno de los elementos naturales y del mobiliario urbano en el caso de levantamientos de grandes zonas; o detalles y elementos estructurales o arquitectónicos de una edificación.

c).- Documentos, planos o archivos gráficos de computadora, de la planimetría obtenida por el levantamiento topográfico. (VER FIG. III.2.1).

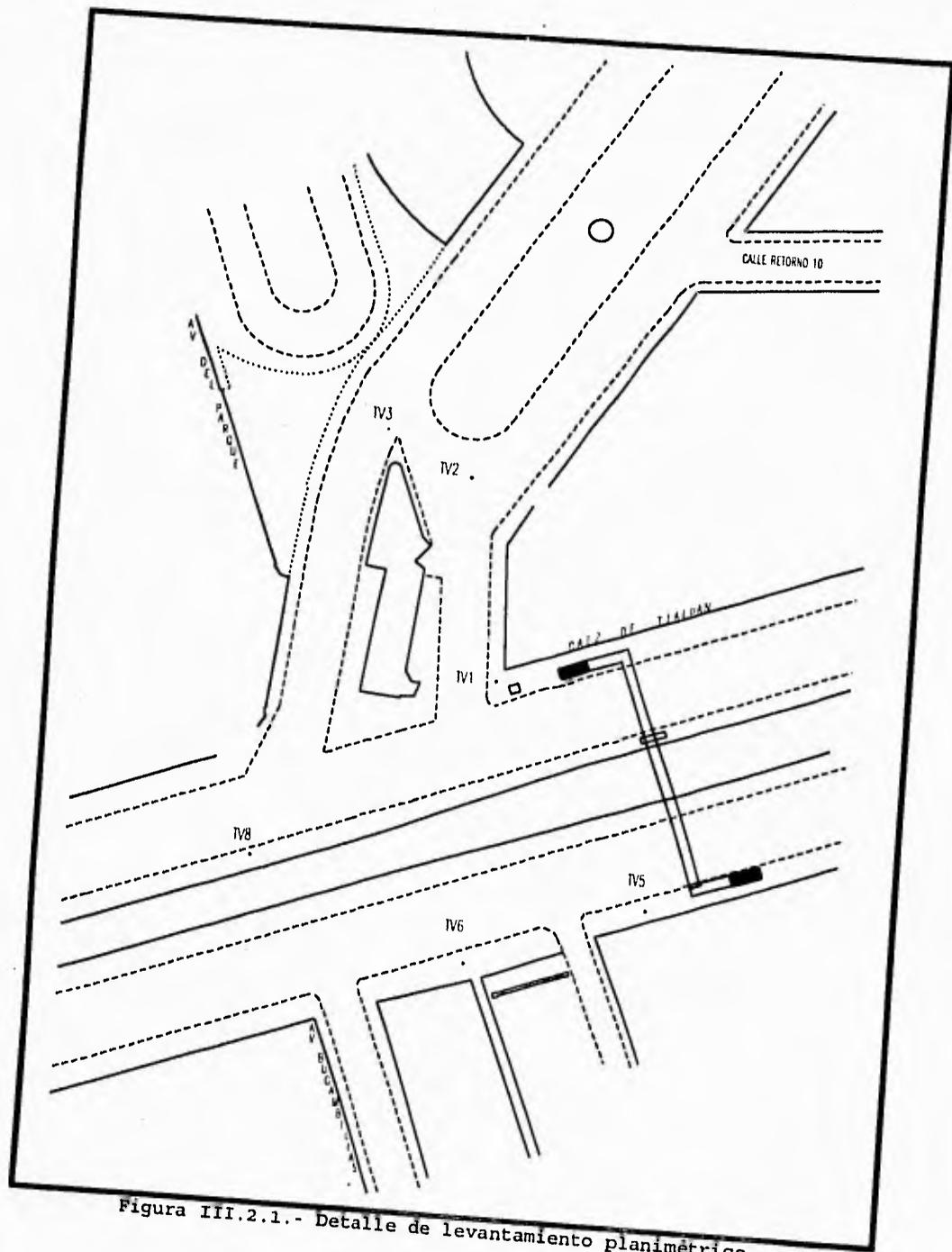


Figura III.2.1.- Detalle de levantamiento planimétrico.

LISTADO DE DIMENSIONES Y COORDENADAS DE POLIGONAL							
DIMENSIONES					COORDENADAS		
EST.	PV.	DIST.	ANGULO (° ' ")	AZIMUT (° ' ")	X	Y	
	V-1				7161.1107	10409.2857	V-1
V-1	V-2	74.102	25° 55' 12.0"	288° 43' 00.0"	7090.9273	10433.0611	V-2
V-2	V-3	127.795	147° 24' 17.0"	256° 07' 17.0"	6966.8629	10402.4036	V-3
V-3	V-4	91.649	191° 46' 45.0"	267° 54' 02.0"	6875.2752	10399.0457	V-4
V-4	V-5	66.166	180° 52' 21.0"	268° 46' 23.0"	6809.1242	10397.6287	V-5
V-5	V-6	102.112	181° 58' 43.0"	270° 45' 06.0"	6707.0208	10398.9681	V-6
V-6	V-7	120.850	179° 34' 20.0"	270° 19' 26.0"	6586.1725	10399.6512	V-7
V-7	V-8	98.376	175° 18' 53.0"	265° 38' 19.0"	6488.0812	10392.1691	V-8
V-8	V-9	35.220	95° 42' 55.0"	181° 21' 14.0"	6487.2490	10356.9543	V-9
V-9	V-10	66.079	89° 16' 20.0"	90° 37' 34.0"	6553.3239	10356.2322	V-10
V-10	V-11	147.789	180° 52' 42.0"	91° 30' 16.0"	6701.0617	10352.3515	V-11
V-11	V-12	82.411	180° 15' 22.0"	91° 45' 38.0"	6783.4336	10349.8193	V-12
V-12	V-13	73.446	176° 36' 56.0"	88° 22' 34.0"	6856.8499	10351.9003	V-13
V-13	V-14	77.687	178° 32' 05.0"	86° 54' 39.0"	6934.4239	10356.0863	V-14
V-14	V-15	69.644	177° 01' 15.0"	83° 55' 54.0"	7003.6775	10363.4478	V-15
V-15	V-16	77.814	170° 51' 14.0"	74° 47' 08.0"	7078.7640	10383.8660	V-16
V-16	V-17	40.327	166° 19' 57.0"	61° 07' 05.0"	7114.0749	10403.3417	V-17
V-17	V-1	47.410	201° 40' 43.0"	82° 47' 48.0"	7161.1106	10409.2857	V-1

Tabla III.2.2.- Listado de dimensiones y coordenadas de poligonal.

En el caso del sistema de referencia vertical, el apoyo básico de las obras civiles, recae completamente en la Red de Bancos de Nivel (RBN), misma que va a ser utilizada en todas las etapas de la obra a realizar, desde la recabación de estudios para la factibilidad del proyecto, hasta la elaboración de anteproyectos y proyectos ejecutivos, continuando posteriormente su uso en la construcción, supervisión, inventario y control de la obra.

La efectividad de la RBN, estribará principalmente en dos factores:

- Una localización conveniente de la red con respecto a la obra, y
- Un buen uso del sistema.

Refiriéndonos al primer factor, la ubicación de un banco de nivel, debe ser en lugares suficientemente cercanos a la obra, pero que esté fuera de la zona de influencia de la construcción, para evitar en el banco de nivel hundimientos de diferente aceleración con respecto a la zona aledaña a la edificación.

Para el buen uso del sistema, se debe considerar las tolerancias máximas permitidas para la propagación de niveles desde la RBN hasta el lugar de la obra, estableciendo para

ello, la metodología apropiada y el equipo de precisión determinado para éste fin.

Es importante hacer notar que en el período de tiempo que transcurre entre la elaboración de un proyecto y el inicio de la construcción, la RBN sufre cambios en sus elementos, debidos generalmente a la diversa composición estratigráfica a lo largo de la zona proyectada; es por ello que se hace necesaria la medición de movimientos verticales, que de acuerdo a los resultados obtenidos después de varias nivelaciones, manifieste el hundimiento de cada uno de los bancos de nivel y por lo tanto, sienta precedentes para el estudio del comportamiento de la zona debido a los esfuerzos en el suelo ocasionados por la obra en sus diferentes etapas.

El historial del control de hundimientos, previo a la construcción, complementa los estudios geológicos y de mecánica de suelos, corroborando los resultados obtenidos por dichas disciplinas.

La totalidad de los datos generados en campo de las variadas actividades para la ubicación y control de la RBN, son procesados en gabinete para obtener:

a).- Boletines de localización y listados de elevaciones de los bancos de nivel que conjuntan la RBN. (VER FIG. III.2.2).

b).- Tabulación de las mediciones de control de hundimientos de la RBN.

c).- Gráficas de las mediciones de control de hundimientos de la RBN, y

d).- Estudios de prospección estadística del movimiento de los bancos de nivel que conforman la RBN.

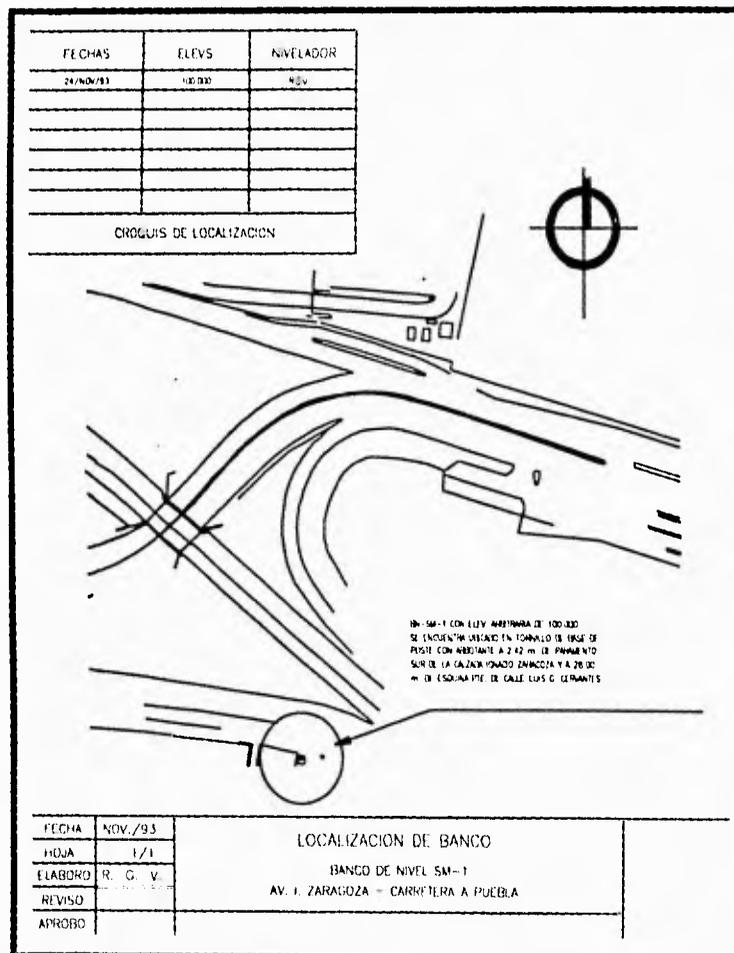


Figura III.2.2.- Boletín de localización de banco de nivel de zona.

III.3 CONTROL TOPOGRÁFICO PARA MEDICIONES DE MOVIMIENTOS DE EDIFICACIONES.

Los estudios de la disciplina de Mecánica de Suelos, que definen el comportamiento del subsuelo en determinado lugar donde se ubicará una obra, marcan las posibilidades y dimensiones de las deformaciones a lo largo de las etapas constructivas; de ello se desprende un diseño elaborado por los especialistas en estructuras, de las cimentaciones por aplicar especialmente para el lugar, su tipo de suelo y las cargas que sobre él se asienten.

El control topográfico de la obra y zonas aledañas a ésta, generan la certidumbre del diseño de las especializaciones de la Ingeniería Civil; las mediciones constantes y exactas son necesarias para establecer un rango de confiabilidad de la estructura en su proceso de construcción.

Los principales movimientos que deben controlarse topográficamente son de tres tipos:

- Hundimientos,
- Desplomes, y
- Desplazamientos.

Los hundimientos se miden desde los bancos de nivel de zona, comparando una a una, las elevaciones obtenidas originalmente en la ubicación de las marcas de referencia colocadas sobre la misma edificación, con respecto a subsecuentes nivelaciones a través del tiempo.

Los desplomes se obtienen comparando la posición de las líneas verticales de los edificios con respecto a sus bases, o de las proyecciones de las partes superiores con respecto a las inferiores, o a la posición original de marcas de referencia colocadas para medir la diferencia horizontal de un detalle de la obra con respecto al tiempo.

Los desplazamientos se miden generalmente en las zonas de excavación, de construcción de presas y cortinas, o en la colocación y/o excavación de taludes, éstas mediciones son sumamente valiosas para el conocimiento y factibilidad de las obras.

III.4 MEDICIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES.

A consecuencia del sismo ocurrido en septiembre de 1985, tuvieron que hacerse peritajes de edificaciones, obras en construcción y zonas especiales.

Las edificaciones en donde se hizo el trabajo de supervisión y peritaje, se debió a:

- Que algunos edificios se colapsaron y su control era determinante para la seguridad de los cuerpos de rescate.
- Otras edificaciones estaban en vías de derrumbe y era necesario rescatar bienes o personas, requiriendo una supervisión de movimientos estructurales, o
- Estructuras que sufrieron daños menores y era posible su ocupación y uso sin arriesgar vidas.

En los dos últimos casos, el control altimétrico y planimétrico de los daños y movimientos de las construcciones, dieron pauta para definir el estado -crítico o no- de las edificaciones, y para establecer los hundimientos y desplomes imprevistos con respecto al tiempo, proporcionando oportunamente a los Ingenieros especialistas, gráficas "hundimientos - tiempo" o "desplomes - tiempo", que son datos imprescindibles para la observación de las estructuras afectadas.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA UTILIZADA EN LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

IV.1 POLIGONALES DE APOYO.

El procedimiento recomendable para el levantamiento de poligonales de apoyo en la localización de proyectos y edificaciones, es la medición de ángulos por el **MÉTODO DE REPETICIONES**; prefiriendo la obtención de distancias con distanciómetro, o en su defecto, con longímetro comparado trabajado horizontalmente y a doble punto.

El método de repeticiones para la medición angular, se detalla como sigue:

1.- Centrado el teodolito en la estación de partida, se hace visual al vértice anterior, anotando la dirección correspondiente.

2.- Se afloja el tornillo de sujeción del movimiento horizontal y se registra la dirección del punto de adelante; la diferencia entre las dos direcciones, corresponde al ángulo subtendido entre las dos líneas que forman los vértices observados en su liga con el vértice estación.

3.- Se gira 180° el anteojo y la alidada, registrándose las direcciones en sentido inverso, comprobando la diferencia entre los ángulos medidos, la cual no debe ser mayor al doble

de la unidad mínima de lectura directa del aparato utilizado, de acuerdo al tipo de poligonal requerida. (VER TABLA III.2.1). Si llega a darse que la diferencia entre una y otra lectura sobrepase la tolerancia, es menester repetir las lecturas.

4.- Los tres incisos anteriores, definen una serie de observaciones, recomendándose por lo menos tres series para establecer la mas precisa medición de los ángulos en cada uno de los vértices de la poligonal; cada serie debe tener diferente valor en su dirección de inicio, con 120° sexagesimales entre una y otra, esto garantiza la eliminación del error de excentricidad de la alidada del aparato, pues el valor angular mas probable, corresponde a la media aritmética de los resultados obtenidos en cada estación; si se efectúan mayor número de observaciones, dependiendo de las series a ejecutar, el valor de la lectura en la alidada será de:
 $a = 360^\circ + s$ donde "a" es la diferencia angular entre una y otra lectura y "s" es el número de series.

5.- Al término de las mediciones angulares, se verificará la diferencia del cierre angular con la expresión:
 $\delta = \sum A - 180(n-2)$ para la suma de ángulos interiores o
 $\delta = \sum A - 180(n+2)$ en la suma de ángulos exteriores, donde "δ" es la diferencia entre la suma total de ángulos "A" medidos, menos la suma total de ángulos en una poligonal cerrada de "n" lados, diferencia "δ" que no debe rebasar la tolerancia "T" que está definida por la expresión: $T = \pm a\sqrt{n}$ donde "a" es la unidad mínima de lectura directa del aparato y "n" es el

número de vértices de la poligonal cerrada. De lo anterior puede conjuntarse la ecuación: $\pm a\sqrt{n} \geq \sum A - 180(n-2)$ para la suma de ángulos interiores y: $\pm a\sqrt{n} \geq \sum A - 180(n+2)$ referente a la suma de ángulos exteriores. Ver registro de medición de ángulos en TABLA IV.1.1.

LEVANTAMIENTO DE POLIGONAL 10-FEB-86				
EST.	PV.	DIRECCIÓN	ÁNGULO	DIST.
V-2	V-1	0° 00' 00.0"		74.102
	V-3	147° 24' 17.0"	147° 24' 17.0"	127.795
	V-3	327° 24' 19.0"	147° 24' 18.0"	
	V-1	180° 00' 01.0"		
	V-1	120° 13' 00.0"		
	V-3	267° 37' 16.0"	147° 24' 16.0"	
	V-3	87° 37' 16.0"	147° 24' 17.0"	
	V-1	300° 12' 59.0"		
	V-1	240° 00' 10.0"		
	V-3	27° 24' 27.0"	147° 24' 17.0"	
	V-3	207° 24' 27.0"	147° 24' 16.0"	
	V-1	60° 00' 11.0"		
V-3	V-2	0° 00' 00.0"		127.795
	V-4	191° 46' 45.0"	191° 46' 45.0"	91.649
	V-4	11° 46' 47.0"	191° 46' 46.0"	
	V-2	180° 00' 01.0"		
	V-2	124° 18' 24.0"		
	V-4	316° 05' 08.0"	191° 46' 44.0"	
	V-4	136° 05' 11.0"	191° 46' 46.0"	
	V-2	304° 18' 25.0"		
	V-2	238° 15' 41.0"		
	V-4	70° 02' 25.0"	191° 46' 44.0"	
	V-4	250° 02' 27.0"	191° 46' 46.0"	
	V-2	58° 15' 41.0"		

Tabla IV.1.1.- Registro de medición de ángulos por el método de repeticiones.

La compensación angular puede efectuarse por el método directo, donde la corrección de cada uno de los ángulos es proporcional al valor total de la suma angular de la poligonal, esto es: $C_a = a + \sum A$ donde "a" es el ángulo a corregir y " $\sum A$ " es la suma total de ángulos de la poligonal cerrada.

Partiendo de lo anterior, con el azimut de la línea base, obtenido por el método de **DISTANCIAS ZENITALES DEL SOL**, (VER TABLA IV.1.2) se procede a calcular los subsecuentes azimutes de cada lado del polígono, tomando los ángulos corregidos en cada uno de los vértices con la siguiente regla:

Para ángulos internos medidos a la derecha, se suma el ángulo del primer vértice al azimut de partida menos 180° , cuidando de que la suma no sobrepase los 360° , en caso de ser así, simplemente se le restan para ubicarse dentro del círculo sexagesimal; en el cálculo de azimutes por medio de ángulos interiores a la izquierda, se observa la regla anterior, sólo que se resta el ángulo al azimut menos 180° .

Conjuntados los datos principales: ángulos de cada vértice, distancias de los lados y sus azimutes, se vacían en la tabla del cálculo de poligonal, (VER TABLA IV.1.3) procesando de inmediato la precisión del cierre, que se obtiene por: $P = \sum D + E_r$ que es la combinación de las proyecciones de los datos angulares y lineales, donde la

precisión "P" es la relación del perímetro de la poligonal: $\sum D$, entre el error total: E_T , siendo éste igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las proyecciones en los ejes X e Y, dado por la expresión: $E_T = \sqrt{(Px^2 + Py^2)}$.

CÁLCULO DEL AZIMUT POR DISTANCIAS ZENITALES DEL SOL				$\text{sen} \frac{Az}{2} = \frac{\text{sen} 1/2(z+\varphi-\delta) \cos 1/2(z+\varphi+\delta)}{\cos \varphi \text{sen } Z}$			
Az= azimut z= distancia zenital φ= latitud δ= declinación							
LUGAR: RÍO DE LOS REMEDIOS Y ACUEDUCTO				FECHA: 10-02-86			
	SERIE	POS.	P. V.	HORA CENTRO	C. H.	C. V.	
	1	D	SOL	10 ^h 12 ^m 43 ^s	352° 50' 00"	36° 01' 00"	
		I	SOL	10 ^h 15 ^m 37 ^s	353° 39' 00"	36° 36' 00"	
		PROMEDIOS		10 ^h 14 ^m 10 ^s	353° 14' 30"	36° 18' 30"	
	2	D	SOL	10 ^h 13 ^m 54 ^s	353° 04' 00"	36° 12' 00"	
		I	SOL	10 ^h 16 ^m 42 ^s	353° 53' 00"	36° 45' 00"	
		PROMEDIOS		10 ^h 15 ^m 18 ^s	353° 28' 30"	36° 28' 30"	
	LÍNEA: V0-V1		PROMEDIOS		10 ^h 15 ^m 18 ^s	353° 28' 30"	36° 28' 30"
	VERT EST: V0						
	TEODOLITO K & E		D	SOL	10 ^h 14 ^m 42 ^s	353° 14' 00"	36° 19' 00"
RELOJ SEIKO		3	I	SOL	10 ^h 17 ^m 27 ^s	354° 03' 00"	
φ=36° 01' 00"		PROMEDIOS		10 ^h 16 ^m 05 ^s	353° 38' 30"	36° 35' 00"	

CÁLCULO DE LA DECLINACIÓN	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3
Hora de la observación	10 ^h 14 ^m 10 ^s	10 ^h 15 ^m 18 ^s	10 ^h 16 ^m 05 ^s
H.paso del Sol por M90WG	11 ^h 51 ^m 35.14 ^s	11 ^h 51 ^m 35.14 ^s	11 ^h 51 ^m 35.14 ^s
Variación horaria	+10.9 ^s	+10.9 ^s	+10.9 ^s
Decl. a la hora del paso	-22° 39' 45.3"	-22° 39' 45.3"	-22° 39' 45.3"
Distancia zenital obs.	53° 41' 30"	53° 31' 30"	53° 25' 00"
Corrección por refracción	1' 19.1"	1' 18.6"	1' 18.3"
Dist. zenital verdadera	53° 42' 49.1"	53° 32' 48.6"	53° 26' 18.3"
Azimut del Sol	139° 50' 15"	140° 03' 55"	140° 13' 48"
Ángulo línea Sol	353° 14' 30"	353° 28' 30"	353° 38' 30"
Azimut línea	146° 35' 45"	146° 35' 25"	146° 35' 18"
Azimut promedio	146° 35' 29"		

Tabla IV.1.2.- Plantilla de cálculo del azimut por DISTANCIAS ZENITALES DEL SOL.

El siguiente paso es el ajuste del polígono, por el **MÉTODO DEL TRÁNSITO**, en el que el factor de corrección de las proyecciones, es directamente proporcional a la diferencial de las proyecciones en las abscisas o las ordenadas, e inversamente proporcional a la suma de las proyecciones absolutas correspondientes, en X o Y: $F_{PY} = \delta(P_Y) \div \sum abs P_Y$ o también; $F_{PX} = \delta(P_X) \div \sum abs P_X$

El factor de corrección es aplicado a cada proyección, tomando el valor resultante o corrección, con el signo contrario al de la proyección, verificando al final de obtener las proyecciones corregidas, que la diferencial sea cero.

El cálculo de las subsecuentes coordenadas, requiere una estación con coordenadas conocidas, apoyadas a puntos DÁTUM, o arbitrarias, coordenadas que se obtendrán con la sumatoria de proyecciones correspondientes en las abscisas y ordenadas.

POLIGONAL SOBRE AV. RÍO DE LOS REMEDIOS EN CRUCE CON ACUEDUCTO

12-FEB-1986

CÁLCULO DE POLIGONAL CERRADA													
D I M E N S I O N E S					PROYECCIONES SIN CORREGIR		CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS		C O O R D E N A D A S		
EST.	P.V.	DIST.	ÁNGULO(° ' ")	AZIMUT(° ' ")	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	VERT
	V-1										7161.1107	10409.2857	V-1
V-1	V-2	74.102	25° 55' 12.0"	288° 43' 00.0"	-70.183	+23.778	-0.000	-0.003	-70.183	+23.775	7090.9277	10433.0607	V-2
V-2	V-3	127.795	147° 24' 17.0"	256° 07' 17.0"	-124.064	-30.654	-0.001	-0.004	-124.065	-30.658	6966.8627	10402.4027	V-3
V-3	V-4	91.649	191° 46' 45.0"	267° 54' 02.0"	-91.587	-3.357	-0.000	-0.000	-91.588	-3.357	6875.2747	10399.0457	V-4
V-4	V-5	66.166	180° 52' 21.0"	268° 46' 23.0"	-66.151	-1.417	-0.000	-0.000	-66.151	-1.417	6809.1237	10397.6287	V-5
V-5	V-6	102.112	181° 58' 43.0"	270° 45' 06.0"	-102.103	+1.340	-0.001	-0.000	-102.104	+1.340	6707.0197	10398.9687	V-6
V-6	V-7	120.850	179° 34' 20.0"	270° 19' 26.0"	-120.848	+0.683	-0.001	-0.000	-120.849	+0.683	6586.1707	10399.6517	V-7
V-7	V-8	98.376	175° 18' 53.0"	265° 38' 19.0"	-98.091	-7.481	-0.001	-0.001	-98.092	-7.482	6488.0787	10392.1697	V-8
V-8	V-9	35.220	95° 42' 55.0"	181° 21' 14.0"	-0.832	-35.210	-0.000	-0.005	-0.832	-35.215	6487.2467	10356.9547	V-9
V-9	V-10	66.079	89° 16' 20.0"	90° 37' 34.0"	+66.075	-0.722	-0.000	-0.000	+66.075	-0.722	6553.3217	10356.2327	V-10
V-10	V-11	147.789	180° 52' 42.0"	91° 30' 16.0"	+147.738	-3.880	-0.001	-0.001	+147.738	-3.880	6701.0597	10352.3527	V-11
V-11	V-12	82.411	180° 15' 22.0"	91° 45' 38.0"	+82.372	-2.532	-0.000	-0.000	+82.372	-2.532	6783.4317	10349.8207	V-12
V-12	V-13	73.446	176° 36' 56.0"	88° 22' 34.0"	+73.417	+2.081	-0.000	-0.000	+73.417	+2.081	6856.8487	10351.9017	V-13
V-13	V-14	77.687	178° 32' 05.0"	86° 54' 39.0"	+77.574	+4.187	-0.000	-0.001	+77.574	+4.186	6934.4227	10356.0877	V-14
V-14	V-15	69.644	177° 01' 15.0"	83° 55' 54.0"	+69.254	+7.362	-0.000	-0.001	+69.254	+7.361	7003.6767	10363.4487	V-15
V-15	V-16	77.814	170° 51' 14.0"	74° 47' 08.0"	+75.087	+20.421	-0.000	-0.003	+75.087	+20.418	7078.7637	10383.8667	V-16
V-16	V-17	40.327	166° 19' 57.0"	61° 07' 05.0"	+35.311	+19.478	-0.000	-0.003	+35.311	+19.475	7114.0747	10403.3417	V-17
V-17	V-1	47.410	201° 40' 43.0"	82° 47' 48.0"	+47.036	+5.945	-0.000	-0.001	+47.036	+5.944	7161.1106	10409.2857	V-1
Σ		1398.877	2700° 00' 00.0"		+673.864	+85.275	-0.005	-0.022	+673.864	+85.263			
					-673.859	-85.253			-673.864	-85.263			

Tabla IV-1.3.- cálculo de poligonal por el método del tránsito.

$E_x = \delta P_x = +0.005$; $E_y = \delta P_y = +0.022$; $E_t = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 0.02256$; $P = \Sigma D / E_t = 1398.877 / 0.02256 = 62,004.1329$

IV.2 MEDICIONES DE CONTROL DE DAÑOS Y MOVIMIENTOS DE EDIFICACIONES.

IV.2.1 CLASIFICACIÓN DE CONSTRUCCIONES Y TIPOS DE MEDICIÓN.

Los efectos resultantes del sismo de 1985 en las construcciones e infraestructura de la Cd. de México, fueron debidos a los variados movimientos en el suelo, originando asentamientos diferenciales, fallas y desplazamientos; combinándose con los diferentes tipos de cimentaciones y estructuras superiores, así como la calidad, cualidad y cantidad del mantenimiento de las edificaciones.

Los peritajes realizados por las instituciones privadas y públicas, arrojaron a la luz, desde una mejor y detallada clasificación y estado de los edificios de la ciudad, (VER TABLA IV.2.1.1), (VER REFERENCIA 20) hasta las más severas deficiencias en los procesos de construcción; a partir de ello se complementaron los estudios especializados en las diferentes ramas de la ingeniería, con el fin de estrechar los márgenes de seguridad en los procesos futuros de proyecto y construcción de edificaciones.

TIPO DE ESTRUCTURA	CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN
1 MUROS DE CARGA Y BÓVEDA.	ESTRUCTURAS A BASE DE MUROS DE CARGA DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA, ADOBE O TABIQUE RECOCIDO, DE GRAN ESPESOR, CON SISTEMAS DE PISO Y TECHO A BASE DE VIGAS DE MADERA O ACERO Y BÓVEDA CATALANA DE LADRILLOS O TABLONES DE MADERA O CON ARCOS Y BÓVEDAS DE PIEDRA.
2 MUROS DE CARGA Y LOSA	ESTRUCTURAS CON MUROS DE CARGA DE MAMPOSTERÍA DE TABIQUE RECOCIDO O BLOQUES HUECOS DE CONCRETO, REFORZADA CON ELEMENTOS PERIMETRALES DE CONCRETO ARMADO Y CON SISTEMAS DE PISO O TECHO DE CONCRETO REFORZADO, COLADOS EN SITIO O PREFABRICADOS.
3 „ COLUMNAS, TRABES Y LOSA	ESTRUCTURAS DE TIPO ESQUELÉTICO, A BASE DE MARCOS RÍGIDOS FORMADOS POR COLUMNAS Y TRABES DE CONCRETO REFORZADO O DE ACERO ESTRUCTURAL, CON SISTEMAS DE PISO DE CONCRETO REFORZADO CONSTITUIDO POR LOSAS MACIZAS DE 10 A 15 CM. DE ESPESOR, PERIMETRALMENTE APOYADAS EN LAS TRABES DE LOS MARCOS O REFORZADAS CON TRABES SECUNDARIAS INTERMEDIAS, USUALMENTE COLADAS EN SITIO. LOS MUROS DE COLINDANCIA Y DIVISORIOS SON "NO ESTRUCTURALES".
4 COLUMNAS Y LOSA RETICULAR O PLANA	ESTRUCTURAS DE TIPO ESQUELÉTICO, CON COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO O ACERO ESTRUCTURAL Y SISTEMAS DE PISO A BASE DE LOSAS DE ESPESOR CONSTANTE, USUALMENTE ENTRE 25 Y 45 CM., ALIGERADAS EN CIERTAS ZONAS, PARA DEFINIR NERVADURAS Y ÁBACOS O CAPITILES, QUE FORMAN MARCOS "EQUIVALENTES" CON LAS COLUMNAS, SIENDO TAMBIÉN LOS MUROS DE COLINDANCIA Y DIVISORIOS "NO ESTRUCTURALES".
5 y 6 MUROS DE CONCRETO, COLUMNAS, TRABES Y LOSA PLANA O RETICULAR	ESTRUCTURAS SIMILARES A LOS TIPOS 3 Y 4 EN LAS QUE, ADEMÁS DE LOS MARCOS RÍGIDOS, SE EMPLEAN ELEMENTOS DE CONTRAVENTEO CONSTITUIDOS POR DIAGONALES DE CONCRETO O ACERO EN ALGUNAS CRUJÍAS O POR MUROS DE RIGIDEZ DE MAMPOSTERÍA DE TABIQUE O DE CONCRETO REFORZADO; EN ALGUNOS CASOS LOS MUROS FORMAN NÚCLEOS RÍGIDOS ALREDEDOR DE ZONAS DE SERVICIOS, COMO ELEVADORES, ESCALERAS, BAÑOS Y DUCTOS. EL RESTO DE LOS MUROS SON "NO ESTRUCTURALES".

Tabla IV.2.1.1.- Tipología de estructuras de construcciones de la Cd. de México.

La problemática generada por una mala entendida idea de la economía en la generación y construcción de proyectos de edificación, vino a ser el cauce para romper con procedimientos obsoletos, desarrollándose una reglamentación estricta, de la que se desprenden las siguientes recomendaciones:

- **Que las estructuras sean ligeras;** pues las fuerzas debidas al sismo, surgen como consecuencia a la inercia de las masas a desplazarse, por lo que, entre menos pesen, menores serán los efectos de los sismos en ellas.

- **Que sean sencillas, simétricas y regulares, tanto en planta como en elevación;** para que los modelos matemáticos sean realistas, pues una estructura compleja, mezclando distintos tipos de sistemas estructurales y materiales no es fácil de modelar; la simetría reduce efectos de torsión, por lo que se debe evitar plantas en forma de L, T, C y triangulares.

- **Que no sean muy alargadas;** en planta, para reducir la posibilidad de que el movimiento de un extremo del edificio sea diferente al del otro extremo, lo que causaría efectos usualmente no previstos; en elevación, para reducir los efectos del volteo, que encarecen considerablemente las cimentaciones.

- **Que la resistencia y rigidez de la estructura estén repartidas uniformemente;** sin concentrarse en unos cuantos elementos resistentes, o con variaciones grandes en los claros entre columnas o en las dimensiones de las trabes y de las columnas.

- **Que haya hiperestaticidad y líneas escalonadas de defensa estructural;** pues entre mayor sea la hiperestaticidad de la estructura, es mayor el número de secciones estructurales que deben de fallar antes que la estructura se

colapse; asimismo, si se planea que haya elementos que fallen antes que otros, se puede dar la posibilidad de evitar daños grandes a toda la estructura.

- **Que se formen articulaciones plásticas en elementos horizontales antes que los verticales;** ya que se debe buscar una estructuración a base de columnas fuertes - vigas débiles, para propiciar la formación de articulaciones plásticas en las vigas al excederse la resistencia suministrada, ya sea porque se está aprovechando la ductilidad o porque, además de eso, el sismo excede las previsiones de diseño.

- **Que las propiedades dinámicas de la estructura, sean congruentes con las del suelo en la que está desplantada;** pues en suelos firmes se comportan mejor las estructuras flexibles y en suelos blandos las estructuras rígidas, y

- **Que lo que se construye, sea congruente con lo que se proyecta;** pues la omisión, cambio o disminución de características de elementos estructurales en el proceso de la construcción, puede desencadenar en un sismo, comportamientos diferentes a los previstos.

Los métodos usados en el control de daños y movimientos de edificaciones, pueden dividirse en dos tipos:

1. Métodos directos, y
2. Métodos indirectos.

IV.2.2 MÉTODOS DIRECTOS.

Se llevan a cabo en edificaciones en donde se tenga relativamente fácil acceso y seguridad personal, ya sea, en su estadía dentro o sobre los mismos.

Las nivelaciones para la **MEDICIÓN DE HUNDIMIENTOS**, deben propagarse con elevaciones referidas a bancos de nivel de zona y éstos desde bancos de nivel de precisión, de acuerdo a procedimientos de nivelación explicados en el capítulo II de ésta tesis.

Las marcas de referencia que se colocarán en la estructura de las edificaciones a controlar, deberán ser discretas, inamovibles y accesibles, recomendándose que el punto esté sobre clavos de acero hincados directamente en el concreto, o tornillos fijados con taquetes metálicos, o placas especiales, o en su defecto, niveletas pintadas con esmalte anticorrosivo y con su línea horizontal de referencia de nivel perfectamente grabada; pudiendo ser colocadas en las losas, columnas, traveses y contratraveses de la construcción, las nivelaciones de las marcas de referencia, se podrán hacer observando directamente a la mira de nivelación, misma que se apoyará sobre éstas, o visando un flexómetro con el cero a partir de la línea horizontal de la referencia.

En las construcciones nuevas, es conveniente colocar las marcas de referencia de nivel a una misma elevación y de preferencia, cerrada al metro o décimo de metro, (VER FIG. IV.2.2.1) esto hace mas notables los hundimientos con respecto al tiempo y evita errores e incrementa rendimiento en el cálculo del control de observaciones; las diferencias obtenidas con futuras nivelaciones, definirán el hundimiento absoluto de la edificación, pudiendo calcularse la velocidad "V" del hundimiento "H" con la relación: $V = H \div T$ dado regularmente en mm. por mes, donde "T" es el período de tiempo entre dos nivelaciones de control.

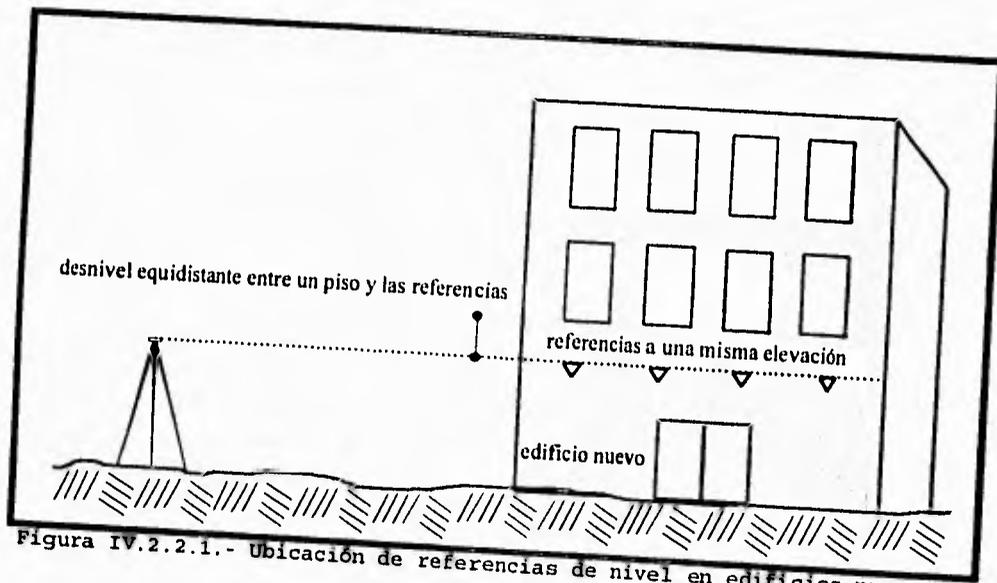


Figura IV.2.2.1.- Ubicación de referencias de nivel en edificios nuevos.

En las construcciones antiguas o inclinadas, es mejor colocar las marcas de referencia a una misma distancia de un

nivel de piso original del edificio, con esto desde la primera nivelación, se obtiene el hundimiento diferencial entre dos puntos de máximo y mínimo hundimiento. (VER FIG. IV.2.2.2)

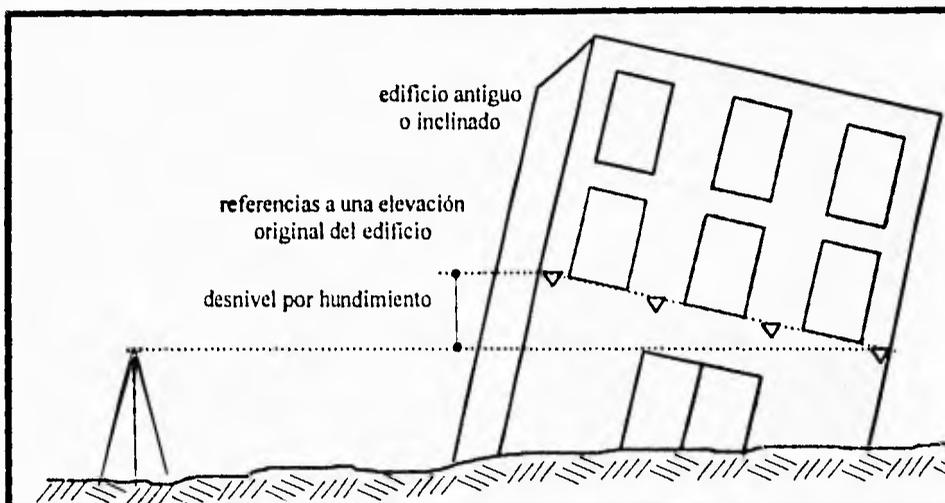


Figura IV.2.2.2.- Ubicación de referencias de nivel en edificios antiguos o inclinados.

La **MEDICIÓN DE DESPLOMES** de forma directa, se hará en contacto con la edificación, utilizando sencillamente plomadas con hilos largos y fuertes, cinta métrica y en algunos casos, extensiones de madera y alambre recocido; si el control debe hacerse por largos períodos de tiempo, pueden fabricarse extensiones metálicas para su fijación en los edificios; el método directo de medición de desplomes se describe a continuación:

En los vértices superiores de los edificios, se colocarán permanentemente las plomadas hasta casi tocar el suelo en la planta baja, el peso de las plomadas es proporcional a la altura del edificio a medir, pues el viento es un factor importante que puede afectar las mediciones, el hilo de las plomadas se ata firmemente a clavos de acero hincados en el concreto o en tornillos con taquetes, con el propósito de que no se mueva de su posición original, comprobando diariamente esto; en la parte inferior, se marca la primera posición de la plomada, pintándola con esmalte anticorrosivo, sirviendo la marca para la comparación diaria de posiciones y así obtener los desplomes con respecto al período de tiempo entre una y otra medición.

Cuando por efecto de la inclinación, no sea posible colocar las plomadas en clavos de acero sin que peguen con los costados del edificio, se sugiere fijar extensiones metálicas en las esquinas superiores que estén remetidas con respecto a las inferiores. En la figura IV.2.2.3, en los puntos 1', 3' y 4' directamente podemos colgar las plomadas y medir los desplomes, mientras que en el punto 2', es necesario fijar a las caras 1'-2' y 3'-2', extensiones de longitud conocida, atando a su extremo la plomada, pudiendo así medir el desplome hacia dentro del edificio.

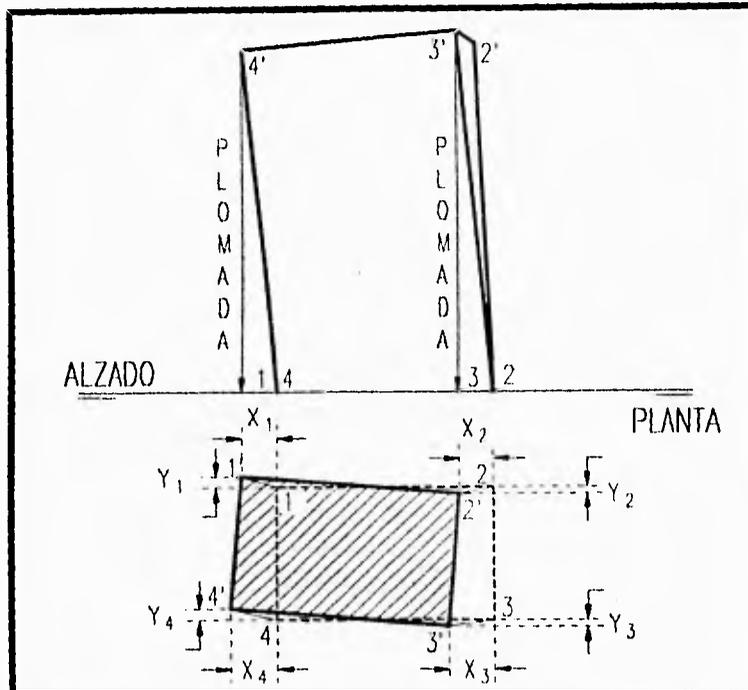
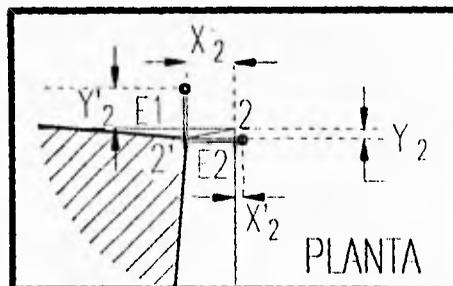


Figura IV.2.2.3.- Representación gráfica de la medición de desplomes de un edificio.

Asimismo en la figura IV.2.2.4, se tiene un detalle de la obtención de desplomes en los vértices donde se requiere colocación de extensiones.



$$X2 = E2 - X2'$$

$$Y2 = E1 - Y2'$$

X2 y Y2 son los desplomes de la esquina superior del edificio proyectados en la planta baja.

Figura IV.2.2.4.- Representación gráfica de la medición de los desplomes de un edificio con extensiones E1 y E2 de longitud conocida.

IV.2.3 MÉTODOS INDIRECTOS.

Para edificaciones en donde es peligroso desarrollar mediciones en contacto directo, se pueden aplicar los métodos topográficos indirectos, utilizando distanciómetro o teodolito y cinta.

Como ya se señaló en el capítulo II, Las nivelaciones para la **MEDICIÓN DE HUNDIMIENTOS**, deben propagarse con elevaciones referidas a bancos de nivel de zona y éstos desde bancos de nivel de precisión.

Las marcas de referencia, se colocarán con extremas precauciones en el exterior de las edificaciones en las que sea difícil y peligroso el acceso, o bien, se tomarán como referencia de nivel, todos aquellos detalles que puedan observarse a distancia y que no cambien con el tiempo; la nivelación se hará por el procedimiento de tanteos en la altura de aparato, hasta que el hilo medio del nivel quede a la altura de la niveleta o del detalle escogido, procediendo después a leer la mira o estadal que se ubique en un punto de liga de nivelación o de un banco de zona.

La propagación de elevaciones para la medición de hundimientos con procedimientos directos o indirectos, se realizará con nivelaciones diferenciales a doble altura de

aparato, calculándose en campo directamente en la libreta de nivel, para después vaciar los datos en las plantillas de mediciones de hundimientos y hacer de inmediato la comparativa de las nivelaciones actual y próxima anterior del control, teniendo así la herramienta para poder renivelar si se presenta un error.

En las tablas IV.2.3.1, se tienen las plantillas de la medición de hundimientos de columnas de la plataforma de la línea 9 en el tramo Cd. Deportiva -Puebla, desde el 1° de septiembre de 1986 hasta el 18 de noviembre de 1987, donde la columna del desnivel, es el hundimiento encontrado desde la fecha marcada y la primera nivelación, misma que es la referencia para el inicio del control.

Del conjunto de datos, se obtienen:

- Gráficas de hundimientos, con referencia a las elevaciones reales. (VER GRÁFICA IV.2.3.1)
- Gráficas de hundimientos, con referencia a desniveles absolutos relacionados a un nivel cero. (VER GRÁFICA IV.2.3.2)
- Concentrado de velocidades de hundimientos. (VER TABLA IV.2.3.2)

MEDICIÓN DE HUNDIMIENTOS LÍNEA 9. TRAMO CD. DEPORTIVA - PUEBLA.

COL.	CAD.	ELEVACIÓN		ELEVACIÓN		ELEVACIÓN	
		1-Sep-88	DESNIVEL	8-Oct-86	DESNIVEL	13-Ene-87	DESNIVEL
PB-7	2+738.023	34.863		34.832	-0.031	34.826	-0.037
PB-8	2+743.023	34.855		34.824	-0.031	34.818	-0.037
PB-9	2+778.023	34.845		34.808	-0.037	34.802	-0.043
PB-10	2+783.023	34.843		34.805	-0.038	34.799	-0.044
PB-11	2+813.023	34.809		34.755	-0.054	34.745	-0.064
PB-12	2+818.023	34.795		34.738	-0.057	34.729	-0.068
PB-13	2+848.023	34.798	E	34.745	-0.053	34.733	-0.065
PB-14	2+853.023	34.813	L	34.765	-0.048	34.754	-0.059
PB-15	2+888.023	34.857	E	34.818	-0.039	34.810	-0.047
PB-16	2+893.023	34.864	V	34.828	-0.036	34.821	-0.043
PB-17	2+928.023	34.868	A	34.855	-0.013	34.856	-0.012
PB-18	2+933.023	34.868	C	34.858	-0.010	34.859	-0.009
PB-19	2+968.023	34.896	I	34.880	-0.016	34.876	-0.020
PB-20	2+973.023	34.900	O	34.883	-0.017	34.880	-0.020
PB-21	3+008.023	34.918	N	34.904	-0.014	34.903	-0.015
PB-22	3+013.023	34.910	E	34.897	-0.013	34.895	-0.015
PB-23	3+048.023	34.896	S	34.883	-0.013	34.882	-0.014
PB-24	3+053.023	34.895		34.882	-0.013	34.879	-0.016
PB-25	3+088.023	34.865		34.856	-0.009	34.856	-0.009
PB-26	3+093.023	34.868	D	34.853	-0.015	34.852	-0.016
PB-27	3+128.023	34.852	E	34.842	-0.010	34.841	-0.011
PB-28	3+133.023	34.851		34.841	-0.010	34.841	-0.010
PB-29	3+168.023	34.826		34.816	-0.010	34.807	-0.019
PB-30	3+173.023	34.818	I	34.808	-0.010	34.800	-0.018
PB-31	3+208.023	34.746	N	34.732	-0.014	34.728	-0.018
PB-32	3+213.023	34.739	I	34.724	-0.015	34.721	-0.018
PB-33	3+248.023	34.591	C	34.577	-0.014	34.576	-0.015
PB-34	3+253.023	34.578	I	34.564	-0.014	34.562	-0.016
PB-35	3+288.023	34.596	O	34.577	-0.019	34.577	-0.019
PB-36	3+293.023	34.594		34.577	-0.017	34.575	-0.019
PB-37	3+328.023	34.720		34.705	-0.015	34.705	-0.015
PB-38	3+333.023	34.733	D	34.715	-0.018	34.715	-0.018
PB-39	3+368.023	34.797	E	34.781	-0.016	34.782	-0.015
PB-40	3+373.023	34.797		34.781	-0.016	34.782	-0.015
PB-41	3+408.023	34.811		34.798	-0.013	34.794	-0.017
PB-42	3+413.023	34.813	C	34.800	-0.013	34.797	-0.016
PB-43	3+448.023	34.812	O	34.806	-0.006	34.804	-0.008
PB-44	3+453.023	34.824	N	34.815	-0.009	34.812	-0.012
PB-45	3+488.023	34.833	T	34.825	-0.008	34.824	-0.009
PB-46	3+493.023	34.829	R	34.822	-0.007	34.821	-0.008
PB-47	3+528.023	34.792	O	34.778	-0.014	34.776	-0.016
PB-48	3+533.023	34.779	L	34.766	-0.013	34.764	-0.015
PB-49	3+568.023	34.602		34.589	-0.013	34.587	-0.015
PB-50	3+573.023	34.599		34.586	-0.013	34.584	-0.015
PB-51	3+608.023	34.538		34.529	-0.009	34.526	-0.012
PB-52	3+613.023	34.539		34.530	-0.009	34.526	-0.013
PB-53	3+648.023	34.700		34.681	-0.019	34.679	-0.021
PB-54	3+653.023	34.709		34.686	-0.023	34.686	-0.023

TABLA IV.2.3.1 .- Plantilla de medición de hundimientos.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

MEDICIÓN DE HUNDIMIENTOS LÍNEA 9. TRAMO CD. DEPORTIVA - PUEBLA.

COL.	CAD.	ELEVACIÓN		ELEVACION		ELEVACIÓN	
		13-Feb-87	DESNIVEL	25-Mar-87	DESNIVEL	21-Abr-87	DESNIVEL
PB-7	2+738.023	34.817	-0.046	34.812	-0.051	34.806	-0.057
PB-8	2+743.023	34.809	-0.046	34.806	-0.049	34.797	-0.058
PB-9	2+778.023	34.789	-0.056	34.785	-0.060	34.774	-0.071
PB-10	2+783.023	34.786	-0.057	34.782	-0.061	34.771	-0.072
PB-11	2+813.023	34.729	-0.080	34.722	-0.087	34.709	-0.100
PB-12	2+818.023	34.711	-0.084	34.703	-0.092	34.691	-0.104
PB-13	2+848.023	34.718	-0.080	34.708	-0.090	34.696	-0.102
PB-14	2+853.023	34.738	-0.075	34.730	-0.083	34.718	-0.097
PB-15	2+888.023	34.799	-0.058	34.794	-0.063	34.788	-0.069
PB-16	2+893.023	34.810	-0.054	34.805	-0.059	34.797	-0.067
PB-17	2+928.023	34.849	-0.019	34.850	-0.018	34.842	-0.026
PB-18	2+933.023	34.852	-0.016	34.853	-0.015	34.846	-0.022
PB-19	2+968.023	34.873	-0.023	34.868	-0.028	34.863	-0.033
PB-20	2+973.023	34.878	-0.022	34.873	-0.027	34.867	-0.033
PB-21	3+008.023	34.900	-0.018	34.898	-0.020	34.892	-0.026
PB-22	3+013.023	34.892	-0.018	34.889	-0.021	34.884	-0.026
PB-23	3+048.023	34.879	-0.017	34.874	-0.022	34.873	-0.023
PB-24	3+053.023	34.876	-0.019	34.871	-0.024	34.871	-0.024
PB-25	3+088.023	34.850	-0.015	34.847	-0.018	34.845	-0.020
PB-26	3+093.023	34.847	-0.021	34.844	-0.024	34.841	-0.027
PB-27	3+128.023	34.836	-0.016	34.831	-0.021	34.831	-0.021
PB-28	3+133.023	34.835	-0.016	34.831	-0.020	34.830	-0.021
PB-29	3+168.023	34.803	-0.023	34.797	-0.029	34.796	-0.030
PB-30	3+173.023	34.797	-0.021	34.792	-0.026	34.789	-0.029
PB-31	3+208.023	34.722	-0.024	34.722	-0.024	34.717	-0.029
PB-32	3+213.023	34.716	-0.023	34.713	-0.026	34.710	-0.029
PB-33	3+248.023	34.569	-0.022	34.569	-0.022	34.564	-0.027
PB-34	3+253.023	34.556	-0.022	34.556	-0.022	34.550	-0.028
PB-35	3+288.023	34.574	-0.022	34.570	-0.026	34.567	-0.029
PB-36	3+293.023	34.571	-0.023	34.569	-0.025	34.566	-0.028
PB-37	3+328.023	34.698	-0.022	34.696	-0.024	34.692	-0.028
PB-38	3+333.023	34.708	-0.025	34.706	-0.027	34.704	-0.029
PB-39	3+368.023	34.775	-0.022	34.774	-0.023	34.770	-0.027
PB-40	3+373.023	34.775	-0.022	34.774	-0.023	34.771	-0.026
PB-41	3+408.023	34.789	-0.022	34.789	-0.022	34.784	-0.027
PB-42	3+413.023	34.795	-0.018	34.795	-0.018	34.788	-0.025
PB-43	3+448.023	34.800	-0.012	34.789	-0.023	34.783	-0.029
PB-44	3+453.023	34.812	-0.012	34.795	-0.029	34.793	-0.031
PB-45	3+488.023	34.821	-0.012	34.818	-0.015	34.817	-0.016
PB-46	3+493.023	34.817	-0.012	34.814	-0.015	34.814	-0.015
PB-47	3+528.023	34.774	-0.018	34.774	-0.018	34.770	-0.022
PB-48	3+533.023	34.762	-0.017	34.761	-0.018	34.758	-0.021
PB-49	3+568.023	34.586	-0.016	34.586	-0.016	34.581	-0.021
PB-50	3+573.023	34.583	-0.016	34.584	-0.015	34.579	-0.020
PB-51	3+608.023	34.524	-0.014	34.524	-0.014	34.519	-0.019
PB-52	3+613.023	34.524	-0.015	34.524	-0.015	34.519	-0.020
PB-53	3+648.023	34.675	-0.025	34.672	-0.028	34.667	-0.033
PB-54	3+653.023	34.683	-0.026	34.679	-0.030	34.674	-0.035

TABLA IV.2.3.1 .- Plantilla de medición de hundimientos.

MEDICIÓN DE HUNDIMIENTOS LÍNEA 9. TRAMO CD. DEPORTIVA - PUEBLA.

COL.	CAD.	ELEVACIÓN		ELEVACIÓN		ELEVACIÓN	
		29-May-87	DESNIVEL	25-Jun-87	DESNIVEL	29-Jul-87	29-Jul-87
PB-7	2+738.023	34.789	-0.074	34.786	-0.077	34.772	-0.091
PB-8	2+743.023	34.780	-0.075	34.778	-0.077	34.763	-0.092
PB-9	2+778.023	34.757	-0.088	34.754	-0.091	34.735	-0.110
PB-10	2+783.023	34.753	-0.090	34.751	-0.092	34.731	-0.112
PB-11	2+813.023	34.692	-0.117	34.686	-0.123	34.665	-0.144
PB-12	2+818.023	34.872	-0.123	34.667	-0.128	34.645	-0.150
PB-13	2+848.023	34.876	-0.122	34.672	-0.126	34.648	-0.150
PB-14	2+853.023	34.697	-0.116	34.693	-0.120	34.669	-0.144
PB-15	2+888.023	34.770	-0.087	34.767	-0.090	34.748	-0.109
PB-16	2+893.023	34.779	-0.085	34.776	-0.088	34.758	-0.106
PB-17	2+928.023	34.831	-0.037	34.834	-0.034	34.827	-0.041
PB-18	2+933.023	34.836	-0.032	34.839	-0.029	34.832	-0.036
PB-19	2+968.023	34.858	-0.038	34.862	-0.034	34.849	-0.047
PB-20	2+973.023	34.862	-0.038	34.866	-0.034	34.853	-0.047
PB-21	3+008.023	34.882	-0.036	34.883	-0.035	34.871	-0.047
PB-22	3+013.023	34.872	-0.038	34.875	-0.035	34.863	-0.047
PB-23	3+048.023	34.859	-0.037	34.862	-0.034	34.850	-0.048
PB-24	3+053.023	34.858	-0.039	34.859	-0.036	34.847	-0.048
PB-25	3+088.023	34.831	-0.034	34.833	-0.032	34.825	-0.040
PB-26	3+093.023	34.827	-0.041	34.826	-0.042	34.816	-0.052
PB-27	3+128.023	34.817	-0.035	34.816	-0.036	34.803	-0.049
PB-28	3+133.023	34.817	-0.034	34.815	-0.036	34.802	-0.049
PB-29	3+168.023	34.785	-0.041	34.782	-0.044	34.769	-0.057
PB-30	3+173.023	34.779	-0.039	34.777	-0.041	34.768	-0.052
PB-31	3+208.023	34.705	-0.041	34.702	-0.044	34.685	-0.061
PB-32	3+213.023	34.696	-0.043	34.697	-0.042	34.678	-0.063
PB-33	3+248.023	34.547	-0.044	34.545	-0.046	34.528	-0.063
PB-34	3+253.023	34.534	-0.044	34.531	-0.047	34.514	-0.064
PB-35	3+288.023	34.552	-0.044	34.551	-0.045	34.534	-0.062
PB-36	3+293.023	34.549	-0.045	34.549	-0.045	34.533	-0.061
PB-37	3+328.023	34.676	-0.044	34.674	-0.046	34.662	-0.058
PB-36	3+333.023	34.686	-0.047	34.684	-0.049	34.673	-0.060
PB-39	3+368.023	34.758	-0.039	34.757	-0.040	34.746	-0.051
PB-40	3+373.023	34.758	-0.039	34.757	-0.040	34.746	-0.051
PB-41	3+408.023	34.775	-0.036	34.774	-0.037	34.764	-0.047
PB-42	3+413.023	34.778	-0.035	34.776	-0.037	34.766	-0.047
PB-43	3+448.023	34.769	-0.043	34.766	-0.046	34.754	-0.058
PB-44	3+453.023	34.778	-0.046	34.780	-0.044	34.763	-0.061
PB-45	3+488.023	34.803	-0.030	34.800	-0.033	34.790	-0.043
PB-46	3+493.023	34.800	-0.029	34.797	-0.032	34.787	-0.042
PB-47	3+528.023	34.755	-0.037	34.749	-0.043	34.743	-0.049
PB-46	3+533.023	34.742	-0.037	34.736	-0.043	34.731	-0.048
PB-49	3+568.023	34.561	-0.041	34.556	-0.046	34.540	-0.062
PB-50	3+573.023	34.562	-0.037	34.553	-0.046	34.538	-0.061
PB-51	3+608.023	34.499	-0.039	34.494	-0.044	34.482	-0.056
PB-52	3+613.023	34.500	-0.039	34.497	-0.042	34.482	-0.057
PB-53	3+648.023	34.658	-0.042	34.648	-0.052	34.645	-0.055
PB-54	3+653.023	34.666	-0.043	34.657	-0.052	34.653	-0.056

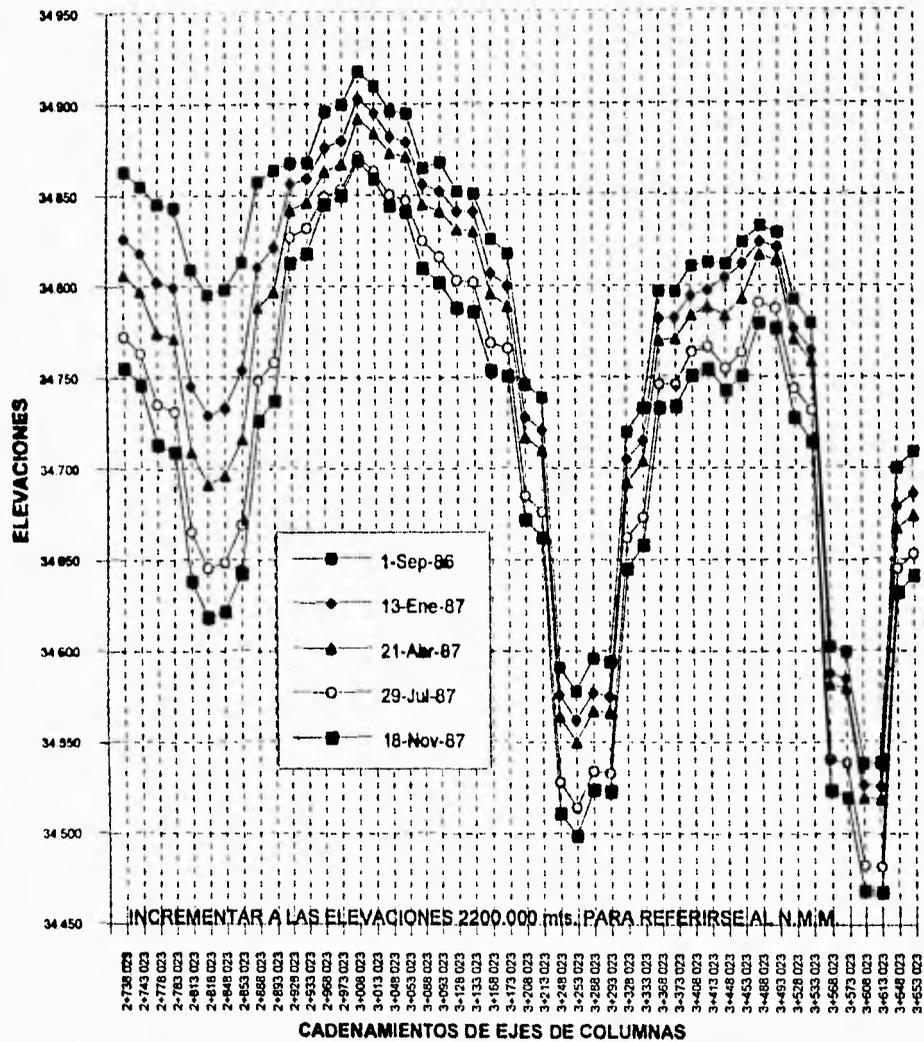
TABLA IV.2.3.1 .- Plantilla de medición de hundimientos.

MEDICIÓN DE HUNDIMIENTOS LÍNEA 9. TRAMO CD. DEPORTIVA - PUEBLA.

COL.	CAD.	ELEVACIÓN		ELEVACIÓN		ELEVACIÓN	
		8-Sep-87	DESNIVEL	14-Oct-87	DESNIVEL	18-Nov-87	DESNIVEL
PB-7	2+738.023	34.765	-0.098	34.760	-0.103	34.755	-0.108
PB-8	2+743.023	34.756	-0.099	34.749	-0.106	34.746	-0.109
PB-9	2+778.023	34.727	-0.118	34.719	-0.126	34.713	-0.132
PB-10	2+783.023	34.724	-0.119	34.715	-0.128	34.709	-0.134
PB-11	2+813.023	34.656	-0.153	34.645	-0.164	34.638	-0.171
PB-12	2+818.023	34.636	-0.159	34.626	-0.169	34.618	-0.177
PB-13	2+848.023	34.638	-0.160	34.628	-0.170	34.621	-0.177
PB-14	2+853.023	34.658	-0.155	34.649	-0.164	34.642	-0.171
PB-15	2+888.023	34.739	-0.118	34.730	-0.127	34.726	-0.131
PB-16	2+893.023	34.748	-0.116	34.739	-0.125	34.737	-0.127
PB-17	2+928.023	34.818	-0.050	34.814	-0.054	34.813	-0.055
PB-18	2+933.023	34.823	-0.045	34.819	-0.049	34.818	-0.050
PB-19	2+968.023	34.850	-0.046	34.847	-0.049	34.845	-0.051
PB-20	2+973.023	34.853	-0.047	34.849	-0.051	34.850	-0.050
PB-21	3+008.023	34.871	-0.047	34.868	-0.050	34.869	-0.049
PB-22	3+013.023	34.863	-0.047	34.859	-0.051	34.859	-0.051
PB-23	3+048.023	34.846	-0.050	34.842	-0.054	34.844	-0.052
PB-24	3+053.023	34.844	-0.051	34.838	-0.057	34.841	-0.054
PB-25	3+088.023	34.815	-0.050	34.816	-0.049	34.810	-0.055
PB-26	3+093.023	34.810	-0.058	34.806	-0.062	34.802	-0.066
PB-27	3+128.023	34.795	-0.057	34.792	-0.060	34.788	-0.064
PB-28	3+133.023	34.793	-0.058	34.791	-0.060	34.786	-0.065
PB-29	3+168.023	34.763	-0.063	34.759	-0.067	34.754	-0.072
PB-30	3+173.023	34.758	-0.060	34.756	-0.062	34.751	-0.067
PB-31	3+208.023	34.686	-0.060	34.677	-0.069	34.672	-0.074
PB-32	3+213.023	34.677	-0.062	34.669	-0.070	34.662	-0.077
PB-33	3+248.023	34.526	-0.065	34.518	-0.073	34.511	-0.080
PB-34	3+253.023	34.514	-0.064	34.505	-0.073	34.499	-0.079
PB-35	3+288.023	34.538	-0.058	34.531	-0.065	34.524	-0.072
PB-36	3+293.023	34.535	-0.059	34.529	-0.065	34.523	-0.071
PB-37	3+328.023	34.662	-0.058	34.651	-0.069	34.645	-0.075
PB-38	3+333.023	34.673	-0.060	34.663	-0.070	34.658	-0.075
PB-39	3+368.023	34.746	-0.051	34.736	-0.061	34.733	-0.064
PB-40	3+373.023	34.748	-0.049	34.737	-0.060	34.734	-0.063
PB-41	3+408.023	34.766	-0.045	34.755	-0.056	34.751	-0.060
PB-42	3+413.023	34.768	-0.045	34.757	-0.056	34.754	-0.059
PB-43	3+448.023	34.755	-0.057	34.746	-0.066	34.742	-0.070
PB-44	3+453.023	34.764	-0.060	34.755	-0.069	34.750	-0.074
PB-45	3+488.023	34.791	-0.042	34.779	-0.054	34.779	-0.054
PB-46	3+493.023	34.788	-0.041	34.782	-0.047	34.776	-0.053
PB-47	3+528.023	34.743	-0.049	34.733	-0.059	34.727	-0.065
PB-48	3+533.023	34.729	-0.050	34.719	-0.060	34.714	-0.065
PB-49	3+568.023	34.540	-0.062	34.527	-0.075	34.523	-0.079
PB-50	3+573.023	34.536	-0.063	34.525	-0.074	34.519	-0.080
PB-51	3+608.023	34.482	-0.056	34.470	-0.068	34.468	-0.070
PB-52	3+613.023	34.483	-0.056	34.471	-0.068	34.468	-0.071
PB-53	3+648.023	34.645	-0.055	34.635	-0.065	34.632	-0.068
PB-54	3+653.023	34.654	-0.055	34.644	-0.065	34.641	-0.068

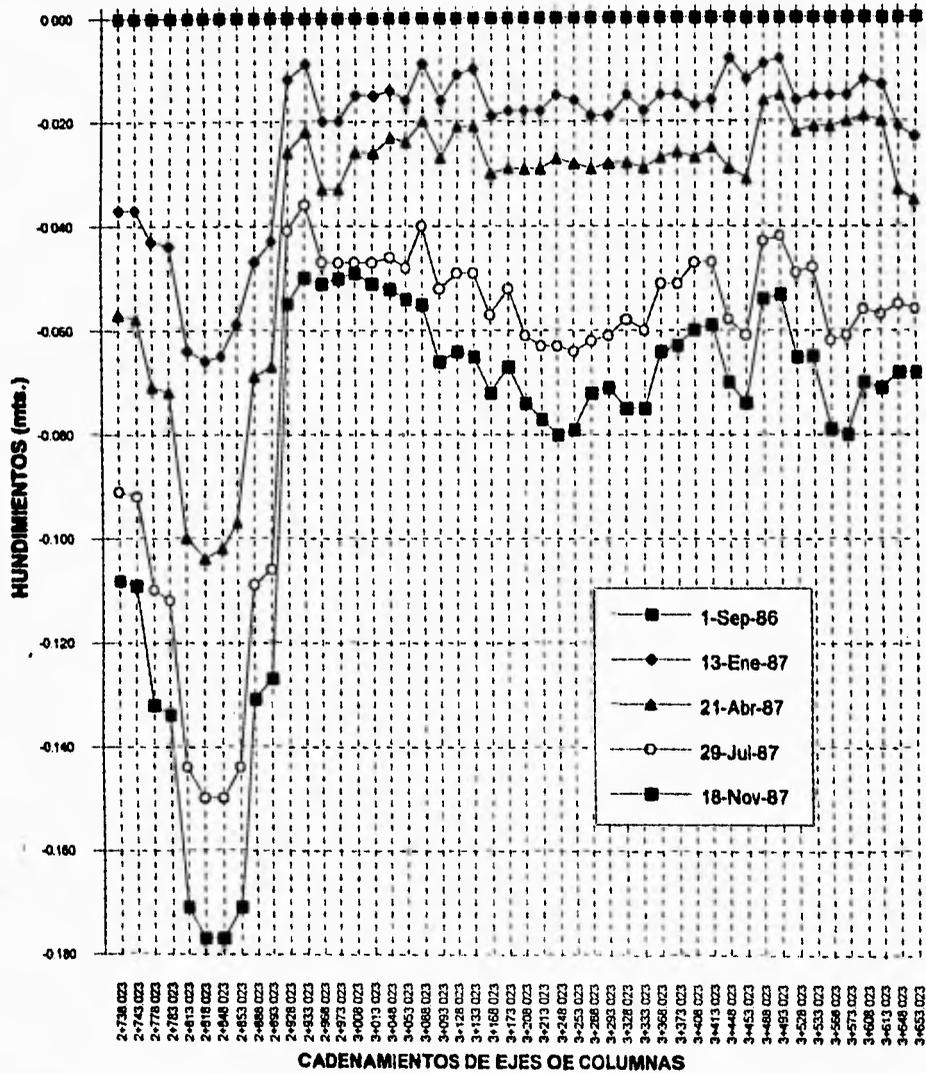
TABLA IV.2.3.1 .- Plantilla de medición de hundimientos.

GRÁFICA DE LA MEDICIÓN DE HUNDIMIENTOS DE LA LÍNEA 9. TRAMO CD. DEPORTIVA - PUEBLA)



GRÁFICA IV.2.3.1 -- Hundimientos con referencia a elevaciones reales.

GRÁFICA DE LA MEDICIÓN DE HUNDIMIENTOS ABSOLUTOS DE LA LÍNEA 9.
TRAMO CD. DEPORTIVA - PUEBLA.



GRÁFICA IV.2.3.2 .- Hundimientos absolutos con referencia a un nivel cero.

VELOCIDAD DE HUNDIMIENTOS (mm. / mes) DE LA LÍNEA 9. TRAMO CD. DEPORTIVA - PUEBLA.

COL.	CAD.	PERIODO					
		DE 1-SEP-06	DE 8-OCT-06	DE 13-ENE-07	DE 13-FEB-07	DE 25-MAR-07	DE 21-ABR-07
		A 8-OCT-06	A 13-ENE-07	A 13-FEB-07	A 25-MAR-07	A 21-ABR-07	A 28-MAY-07
PB-7	2+738.023	-24.5	-1.9	-8.7	-3.8	-4.5	-13.4
PB-8	2+743.023	-24.5	-1.9	-8.7	-2.3	-6.8	-13.4
PB-9	2+778.023	-29.2	-1.9	-12.6	-3.0	-8.2	-13.4
PB-10	2+783.023	-30.0	-1.9	-12.6	-3.0	-8.2	-14.2
PB-11	2+813.023	-42.6	-3.1	-15.5	-5.2	-9.7	-13.4
PB-12	2+818.023	-45.0	-2.8	-17.4	-6.0	-9.0	-15.0
PB-13	2+848.023	-41.8	-3.7	-14.5	-7.5	-9.0	-15.8
PB-14	2+853.023	-37.9	-3.4	-15.5	-6.0	-10.5	-15.0
PB-15	2+888.023	-30.8	-2.5	-10.6	-3.8	-4.5	-14.2
PB-16	2+893.023	-28.4	-2.2	-10.6	-3.8	-6.0	-14.2
PB-17	2+928.023	-10.3	0.3	-6.8	0.8	-6.0	-8.7
PB-18	2+933.023	-7.9	0.3	-6.8	0.8	-5.3	-7.9
PB-19	2+968.023	-12.6	-1.2	-2.9	-3.7	-3.8	-3.9
PB-20	2+973.023	-13.4	-0.9	-1.9	-3.8	-4.5	-3.9
PB-21	3+008.023	-11.1	-0.3	-2.9	-1.5	-4.5	-7.9
PB-22	3+013.023	-10.3	-0.6	-2.9	-2.3	-3.8	-9.5
PB-23	3+048.023	-10.3	-0.3	-2.9	-3.7	-0.8	-11.1
PB-24	3+053.023	-10.3	-0.9	-2.9	-3.7	0.0	-11.8
PB-25	3+088.023	-7.1	0.0	-5.8	-2.3	-1.5	-11.1
PB-26	3+093.023	-11.8	-0.3	-4.8	-2.3	-2.3	-11.1
PB-27	3+128.023	-7.9	-0.3	-4.8	-3.7	0.0	-11.1
PB-28	3+133.023	-7.9	0.0	-5.8	-3.0	-0.8	-10.3
PB-29	3+168.023	-7.9	-2.8	-3.9	-4.5	-0.7	-8.7
PB-30	3+173.023	-7.9	-2.5	-2.9	-3.7	-2.3	-7.9
PB-31	3+208.023	-11.1	-1.2	-5.8	0.0	-3.8	-9.5
PB-32	3+213.023	-11.8	-0.9	-4.8	-2.3	-2.3	-11.1
PB-33	3+248.023	-11.1	-0.3	-6.8	0.0	-3.8	-13.4
PB-34	3+253.023	-11.1	-0.6	-5.8	0.0	-4.5	-12.6
PB-35	3+288.023	-15.0	0.0	-2.9	-3.0	-2.3	-11.8
PB-36	3+293.023	-13.4	-0.6	-3.9	-1.5	-2.3	-13.4
PB-37	3+328.023	-11.8	0.0	-6.8	-1.5	-3.0	-12.8
PB-38	3+333.023	-14.2	0.0	-6.8	-1.5	-1.5	-14.2
PB-39	3+368.023	-12.6	0.3	-6.8	-0.7	-3.0	-9.5
PB-40	3+373.023	-12.6	0.3	-6.8	-0.7	-2.3	-10.3
PB-41	3+408.023	-10.3	-1.2	-4.8	0.0	-3.8	-7.1
PB-42	3+413.023	-10.3	-0.9	-1.9	0.0	-5.3	-7.9
PB-43	3+448.023	-4.7	-0.6	-3.9	-8.2	-4.5	-11.1
PB-44	3+453.023	-7.1	-0.9	0.0	-12.7	-1.5	-11.8
PB-45	3+488.023	-6.3	-0.3	-2.9	-2.3	-0.7	-11.1
PB-46	3+493.023	-5.5	-0.3	-3.9	-2.3	0.0	-11.1
PB-47	3+528.023	-11.1	-0.6	-1.9	0.0	-3.0	-11.8
PB-48	3+533.023	-10.3	-0.6	-1.9	-0.7	-2.3	-12.6
PB-49	3+568.023	-10.3	-0.6	-1.0	0.0	-3.7	-15.8
PB-50	3+573.023	-10.3	-0.6	-1.0	0.8	-3.8	-13.4
PB-51	3+608.023	-7.1	-0.9	-1.9	0.0	-3.8	-15.8
PB-52	3+613.023	-7.1	-1.2	-1.9	0.0	-3.8	-15.0
PB-53	3+648.023	-15.0	-0.6	-3.9	-2.3	-3.7	-7.1
PB-54	3+653.023	-18.2	0.0	-2.9	-3.0	-3.8	-6.3

TABLA IV.2.3.2 .- Plantilla de velocidades de hundimientos (mm. / mes).

VELOCIDAD DE HUNDIMIENTOS (mm. / mes) DE LA LÍNEA 9. TRAMO CD. DEPORTIVA - PUEBLA.

COL.	CAD.	PERIODO				
		DE 29-MAY-87	DE 29-JUN-87	DE 29-JUL-87	DE 8-SEP-87	DE 14-OCT-87
		A 29-JUN-87	A 29-JUL-87	A 8-SEP-87	A 14-OCT-87	A 18-NOV-87
PB-7	2+738.023	-3.3	-12.4	5.1	-4.2	-4.3
PB-8	2+743.023	-2.2	-13.2	5.1	-5.8	-2.6
PB-9	2+778.023	-3.3	-16.8	5.9	-6.7	-5.1
PB-10	2+783.023	-2.2	-17.6	5.1	-7.5	-5.1
PB-11	2+813.023	-6.7	-18.5	6.6	-9.2	-6.0
PB-12	2+818.023	-5.6	-19.4	6.6	-8.3	-6.9
PB-13	2+848.023	-4.4	-21.2	7.3	-8.3	-6.0
PB-14	2+853.023	-4.4	-21.2	8.0	-7.5	-6.0
PB-15	2+888.023	-3.3	-16.8	6.6	-7.5	-3.4
PB-16	2+893.023	-3.3	-15.9	7.3	-7.5	-1.7
PB-17	2+928.023	3.3	-6.2	6.6	-3.3	-0.9
PB-18	2+933.023	3.3	-6.2	6.6	-3.3	-0.9
PB-19	2+968.023	4.4	-11.5	-0.7	-2.5	-1.7
PB-20	2+973.023	4.4	-11.5	0.0	-3.3	0.9
PB-21	3+008.023	1.1	-10.6	0.0	-2.5	0.9
PB-22	3+013.023	3.3	-10.6	0.0	-3.3	0.0
PB-23	3+048.023	3.3	-10.6	2.9	-3.3	1.7
PB-24	3+053.023	3.3	-10.6	2.2	-5.0	2.6
PB-25	3+088.023	2.2	-7.1	7.3	0.8	-5.1
PB-26	3+093.023	-1.1	-8.8	4.4	-3.3	-3.4
PB-27	3+128.023	-1.1	-11.5	5.9	-2.5	-3.4
PB-28	3+133.023	-2.2	-11.5	6.6	-1.7	-4.3
PB-29	3+168.023	-3.3	-11.5	4.4	-3.3	-4.3
PB-30	3+173.023	-2.2	-9.7	5.9	-1.7	-4.3
PB-31	3+208.023	-3.3	-15.0	-0.7	-7.5	-4.3
PB-32	3+213.023	1.1	-18.5	-0.7	-6.7	-6.0
PB-33	3+248.023	-2.2	-15.0	1.5	-6.7	-6.0
PB-34	3+253.023	-3.3	-15.0	0.0	-7.5	-5.1
PB-35	3+288.023	-1.1	-15.0	-2.9	-5.8	-6.0
PB-36	3+293.023	0.0	-14.1	-1.5	-5.0	-5.1
PB-37	3+328.023	-2.2	-10.6	0.0	-9.2	-5.1
PB-38	3+333.023	-2.2	-9.7	0.0	-8.3	-4.3
PB-39	3+368.023	-1.1	-9.7	0.0	-8.3	-2.6
PB-40	3+373.023	-1.1	-9.7	-1.5	-9.2	-2.6
PB-41	3+408.023	-1.1	-8.8	-1.5	-9.2	-3.4
PB-42	3+413.023	-2.2	-8.8	-1.5	-9.2	-2.6
PB-43	3+448.023	-3.3	-10.6	-0.7	-7.5	-3.4
PB-44	3+453.023	2.2	-15.0	-0.7	-7.5	-4.3
PB-45	3+488.023	-3.3	-8.8	-0.7	-10.0	0.0
PB-46	3+493.023	-3.3	-8.8	-0.7	-5.0	-5.1
PB-47	3+528.023	-6.7	-5.3	0.0	-8.3	-5.1
PB-48	3+533.023	-6.7	-4.4	1.5	-8.3	-4.3
PB-49	3+568.023	-5.6	-14.1	0.0	-10.8	-3.4
PB-50	3+573.023	-10.0	-13.2	1.5	-9.2	-5.1
PB-51	3+608.023	-5.6	-10.6	0.0	-10.0	-1.7
PB-52	3+613.023	-3.3	-13.2	-0.7	-10.0	-2.6
PB-53	3+648.023	-11.1	-2.6	0.0	-8.3	-2.6
PB-54	3+653.023	-10.0	-3.5	-0.7	-8.3	-2.6

TABLA IV.2.3.2 - Plantilla de velocidades de hundimientos (mm. / mes).

La medición de desplomes con **MÉTODOS INDIRECTOS**, se inicia con la ubicación de líneas de apoyo en las prolongaciones de las bases del edificio a controlar, los vértices extremos de las líneas de apoyo, serán debidamente marcados para su posterior uso; en estos vértices, se centrará y nivelará el teodolito, se observa la esquina superior estableciendo para esto, un plano vertical que pasa por esa esquina, luego al bajar la visual a la esquina inferior, se puede medir la diferencia horizontal entre el plano de referencia y la esquina de comparación, siendo la distancia, el desplome en la proyección que se está midiendo. VER FIG. IV.2.3.1 y registro de desplomes en TABLA IV.2.3.3.

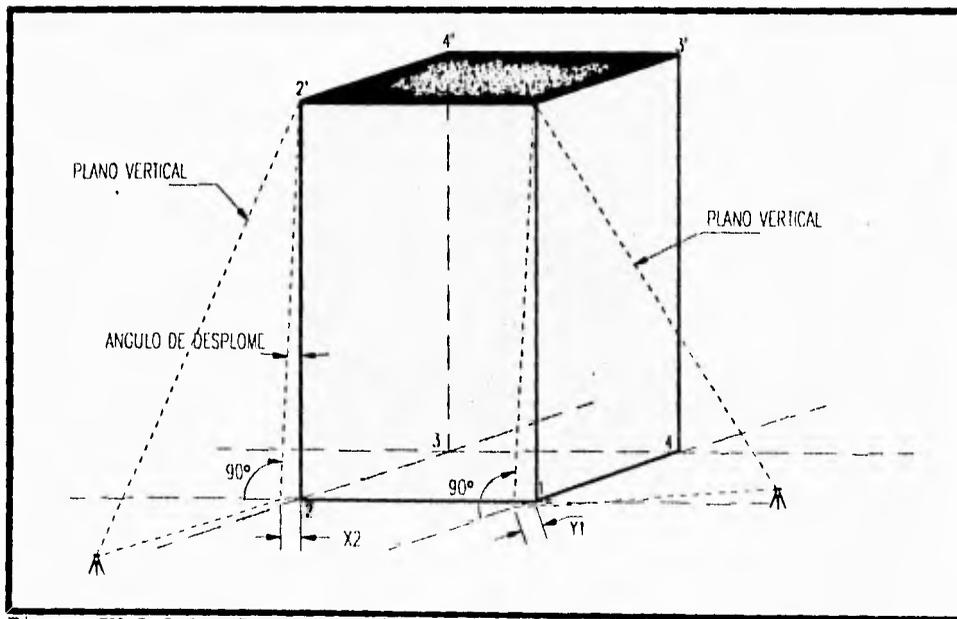


Figura IV.2.3.1.- Representación gráfica de la medición de desplomes.

ESQ.	DESPLOMES (mts.)							
	06-nov-1986		07-dic-1986		10-ene-1987		12-feb-1987	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	+0.215	+0.124	+0.221	+0.127	+0.232	+0.132	+0.241	+0.139
2	+0.203	+0.097	+0.209	+0.096	+0.220	+0.098	+0.227	+0.100
3	+0.230	+0.141	+0.238	+0.144	+0.248	+0.147	+0.255	+0.155
4	-0.251	-0.089	-0.257	-0.093	-0.267	-0.098	-0.276	-0.105

Nota: los signos positivos indican desplome hacia afuera de la vertical del edificio.

Tabla IV.2.3.3.- Registro de medición de desplomes.

Para un mejor control de los edificios que puedan renivelarse o aplomarse, ya sea por medio de aplicación de cargas en las celdas de la cimentación, recimentaciones con la construcción de elementos estructurales, aplicación directa de gatos hidráulicos a la cimentación con mejoramiento del subsuelo por medio de inyección de fluidos, o con el ajuste de pilotes de control, las mediciones de hundimientos y desplomes se efectuarán a intervalos cortos y de preferencia, con mismos períodos entre mediciones, de acuerdo a instrucciones de los especialistas de Estructuras y Mecánica de suelos.

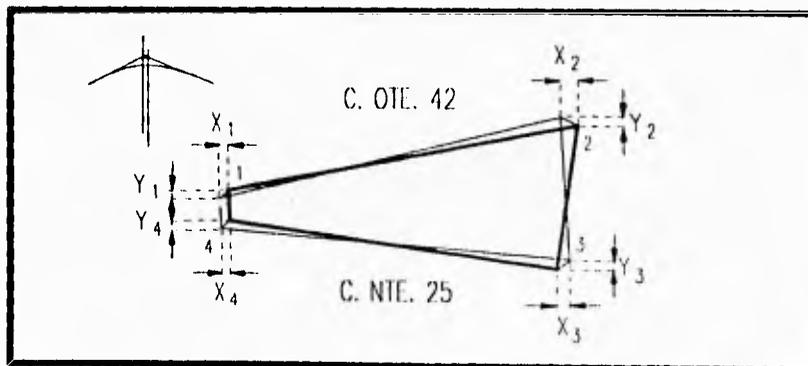


Figura IV.2.3.2.- Croquis de localización de desplomes de un edificio.

CAPÍTULO V

ESTUDIOS DE PROSPECCIÓN Y SUS APLICACIONES EN PERITAJES DE ESTRUCTURAS Y MECÁNICA DE SUELOS.

V.1 DEFINICIÓN.

Rigurosamente, la prospección es la exploración de posibilidades futuras basadas en indicios presentes.

De ello se deriva la prospección en terrenos del Geomagnetismo, la Gravimetría, la Sismología, la Economía, la Mecánica de suelos etc.; pero en lo que nos concierne, haremos prospección para conocer los movimientos futuros de edificaciones, apoyándonos en la Estadística para un análisis de tipo Geométrico.

V.2 FUNDAMENTOS.

Según la teoría de la Mecánica de Suelos, el comportamiento de un suelo, en lo referente a los hundimientos que pueda tener por estar sujeto a una carga, se debe a:

- El tipo y forma de la cimentación con la que se aplique.
- El incremento de la carga efectiva (diferencial de carga).

- El tiempo de aplicación y sus variaciones.
- La estratigrafía del subsuelo.
- La características mecánicas de cada uno de los estratos que conforman el subsuelo.
- La variación de la presión hidrostática con el tiempo en el subsuelo.
- El procedimiento constructivo para su aplicación.

En resumen, las expectativas del comportamiento de un suelo, se basan en sus propiedades Índice y Mecánicas, las primeras por medio de pruebas de laboratorio, determinan los perfiles estratigráficos, que definen tipo, profundidad y espesores de las capas del subsuelo; las propiedades Mecánicas se representan en el cálculo que se hace de la "capacidad de carga", en la que se consideran fundamentalmente esfuerzos, asimismo, se calcula la "magnitud del asentamiento" complementándose con la correspondiente "rapidez de hundimiento".

Las gráficas de los análisis de Mecánica de suelos representativas de la magnitud y la rapidez de hundimientos, son similares a las de las mediciones Topográficas, representándose en éstas últimas, las observaciones reales del comportamiento de las estructuras, movimientos pronosticados por las curvas teóricas de comportamiento, que

empíricamente son representadas por curvas logarítmicas y potenciales.

Las múltiples mediciones de movimientos que tuvieron que hacerse a las edificaciones afectadas por el sismo de 1985, definieron un criterio de procesamiento de datos, que basado en los estudios de Mecánica de suelos, en lo referente al análisis de tipo geométrico, ya sea en edificaciones con un determinado tiempo de construcción y que por lo tanto, se encuentran sobre suelo completamente consolidado, o sobre líneas de nivelación que atraviesan la Cd. de México en sus diversos tipos de suelo, dieron la pauta para que por medio de estudios de prospección se determinara:

- 1.- Una metodología analítica para comparar datos de nivelaciones, pudiendo considerar si se requerían renivelaciones de comprobación, y en su caso, desechar la elevación del banco de zona, mismo que está expuesto a movimientos continuos, para así darle nueva elevación a partir del banco de precisión correspondiente.

- 2.- Una expectativa de hundimientos a corto tiempo de una determinada edificación, extrapolando los datos obtenidos de las mediciones de movimientos reales.

V.3 TEORÍA DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS.

El método de aproximación funcional para encontrar la ecuación algebraica de la curva que pase por todos y cada uno de los "n" puntos medidos que definen una función tabular con respecto al tiempo, pudiendo así considerar valores complementarios a esas mediciones, interpolando o extrapolando, es el procedimiento de los **MÍNIMOS CUADRADOS**, el cual tiene las ventajas de:

- Una fácil implementación.
- Proporcionar una técnica para que los valores funcionales con errores inherentes, puedan usarse para generar aproximaciones "suaves" de la función, y
- La posibilidad de obtener expresiones sobre los errores de las aproximaciones, lo que permite estimarlos o limitarlos.

Dada una función tabular definida por: $y=f(x)$, se tratan de obtener los valores de los coeficientes de la función: $y=f(X)=v_0+v_1X+v_2X^2+\dots+v_mX^m$ -----① cuya gráfica es una curva suave que se acerca a la mayoría de los puntos (VER FIG. V.3.1) (VER REFERENCIA 23).

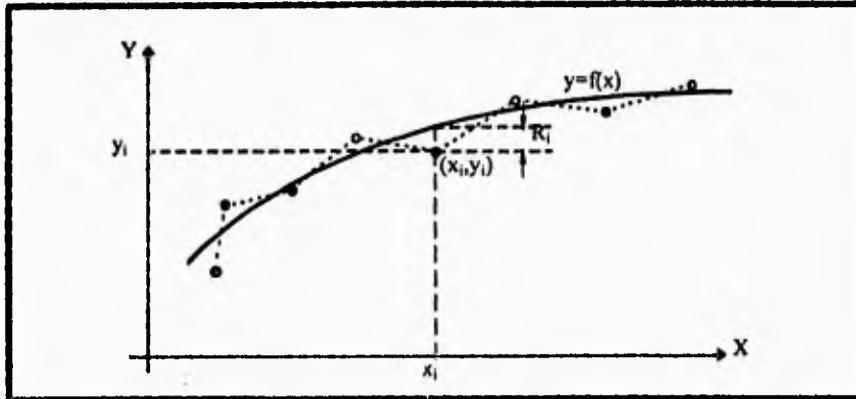


Figura V.3.1 .- Residuos en el ajuste de curvas

El residuo es la diferencia de ordenadas de la curva para $X=X_i$ menos la del punto (X_i, y_i) . Representando con R_i a este residuo, se tiene: $R_i = f(X_i) - y_i$

o sea: $R_i = v_0 + v_1 X + v_2 X^2 + \dots + v_m X^m - y_i$ donde $i=1, 2, 3, \dots, n$.

El método de los mínimos cuadrados consiste en determinar los valores de los parámetros $v_0, v_1, v_2, \dots, v_m$, de manera que hagan mínima la suma de los cuadrados de los residuos. Esta suma vale: $\sum_{i=1}^n (R_i)^2 = \sum_{i=1}^n (v_0 + v_1 X_i + v_2 X_i^2 + \dots + v_m X_i^m - y_i)^2$

Se obtiene el mínimo de ésta igualando a cero sus primeras derivadas parciales, con respecto a todos y cada uno de los parámetros.

Derivando con respecto a v_j , donde $j=0, 1, 2, \dots, m$, se tiene:

$$\frac{\partial}{\partial v_j} \sum_{i=1}^n (R_i)^2 = \frac{\partial}{\partial v_j} \sum_{i=1}^n (v_0 + v_1 X_i + v_2 X_i^2 + \dots + v_m X_i^m - y_i)^2$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial v_j} (v_0 + v_1 X_i + v_2 X_i^2 + \dots + v_m X_i^m - y_i)^2$$

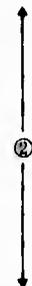
$$= \sum_{i=1}^n 2 (v_0 + v_1 X_i + v_2 X_i^2 + \dots + v_m X_i^m - y_i) X_i^j$$

Igualando a cero esta derivada, se llega a:

$$v_0 \sum_{i=1}^n X_i^j + v_1 \sum_{i=1}^n X_i^{j+1} + v_2 \sum_{i=1}^n X_i^{j+2} + \dots + v_m \sum_{i=1}^n X_i^{j+m} = \sum_{i=1}^n X_i^j y_i$$

Finalmente, si $j=0,1,2,\dots,m$, y omitiendo por simplicidad los límites de las sumatorias y los índices de Xy de y , entendiéndose que estos son sobre todos los valores de Xy de y y tabulados, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones normales:

$$\begin{aligned} n v_0 + v_1 \sum X + v_2 \sum X^2 + v_3 \sum X^3 + \dots + v_m \sum X^m &= \sum y \\ v_0 \sum X + v_1 \sum X^2 + v_2 \sum X^3 + v_3 \sum X^4 + \dots + v_m \sum X^{m+1} &= \sum Xy \\ v_0 \sum X^2 + v_1 \sum X^3 + v_2 \sum X^4 + v_3 \sum X^5 + \dots + v_m \sum X^{m+2} &= \sum Xy^2 \\ \dots & \dots \\ v_0 \sum X^m + v_1 \sum X^{m+1} + v_2 \sum X^{m+2} + \dots + v_m \sum X^{m+m} &= \sum Xy^m \end{aligned}$$



El problema grave de la aproximación funcional, es escoger el grado ideal "m" del polinomio que se ajustará a los "n" puntos medidos. El problema es análogo al escoger el orden de la fórmula de interpolación de la aproximación polinomial, pero mientras en esos casos interesaba que el error fuera pequeño, además de poderlo estimar, ahora las consideraciones son diferentes.

La hipótesis básica consiste en que la función verdadera $f(X)$ es un polinomio de grado $M < n$, o al menos poder ser cercanamente aproximada por tal polinomio. Como no se conoce el valor de M , debe de encontrarse, es claro que si $m < M$ será imposible tener una buena representación de $f(X)$; y en caso contrario, si $m > M$, también fallarán nuestros propósitos. Se sabe que si $m = n - 1$ se tiene que $\sum R_i^2 = 0$, ya que la curva pasará por todos los puntos, y al hacerlo, se pierden las propiedades "suavizadoras" o filtradoras de la aproximación por mínimos cuadrados, aún mas, para cualquier $m > M$ se estará sacrificando algo de filtrado. Se efectúa el análisis estadísticamente, obteniendo el resultado de que:

$\sigma_m^2 = \sum R_i^2 / (n - m - 1)$ que es una medida de aproximación; de manera que será necesario resolver el sistema de ecuaciones normales ② para $m = 1, 2, 3, \dots$, calculando σ_m^2 para cada valor de "m", y continuar así mientras σ_m^2 disminuya significativamente a medida que "m" aumente. Cuando se llegue a un valor de "m", a partir del cual no ocurran disminuciones significativas de σ_m^2 , se habrá obtenido la deseada aproximación de mínimos cuadrados.

De lo anterior se desprende que la aproximación polinomial por mínimos cuadrados a una función $f(X)$ debe tener dos características:

1.- El grado del polinomio debe ser suficientemente alto de manera que provea una buena aproximación a la función verdadera, y

2.- Este no debe ser tan alto que permita a la aproximación de mínimos cuadrados retener los errores inherentes a las observaciones.

Si la aproximación tiene estas dos propiedades, se dice que ésta suaviza o filtra los datos observados, en el sentido de que la información sobre la función verdadera contenida en las observaciones es retenida, pero las variaciones debidas al proceso de medición, se han eliminado.

Del algoritmo y módulo de programación aplicado para estadística de una calculadora programable HP-41CV (VER REFERENCIA 24), se extracta el programa de ajuste de curvas, con los siguientes comentarios:

1.- El programa utiliza el método de los mínimos cuadrados, tanto en las ecuaciones originales (curva logarítmica), como en las ecuaciones transformadas (curva potencial).

2.- Valores de X_i negativos y cero provocarán un error en la calculadora en el caso de ajuste de curvas logarítmicas. Para el ajuste de curvas potenciales, tanto X_i como Y_i deben ser valores positivos y diferentes de cero.

3.- Cuando las diferencias entre los valores X y/o Y se vuelven pequeños, disminuye la precisión de los coeficientes de regresión.

De la expresiones simplificadas para las curvas potencial y logarítmica, donde para la primera se tiene: $y=ax^b$ ($a>0$) y para la segunda $y=a+b \ln x$; los coeficientes de regresión a y b se hallan mediante la resolución del siguiente sistema de ecuaciones lineales: $An+B\sum X_i = \sum Y_i$ y $A\sum X_i + B\sum X_i^2 = \sum Y_i X_i$

De ahí, en la tabla V.3.1, las relaciones de las variables son definidas por:

REGRESIÓN	VARIABLES			
LOGARÍTMICA	a	b	$\ln X_i$	y_i
POTENCIAL	$\ln a$	b	$\ln X_i$	$\ln y_i$

Tabla V.3.1 .- Variables para el ajuste de curvas.

Donde el coeficiente de correlación es:

$$R^2 = \frac{A\sum Y_i + b\sum X_i Y_i - \frac{1}{n}(\sum Y_i)^2}{\sum (Y_i^2) - \frac{1}{n}(\sum Y_i)^2}$$

el cual establece que tan fuerte es la relación lineal, para poder asegurar que la curva que representa a los valores observados se acerca bastante a la curva teórica.

En la tabla V.3.2 se desarrolla el algoritmo para el ajuste de curvas potencial y logarítmica, por el método de mínimos cuadrados:

PASO	INSTRUCCIONES	ENTRADA	FUNCIÓN	PANTALLA
1	DISPONER ESTADO E INGRESAR PROGRAMA			
2	INICIALIZAR PROGRAMA PARA CURVA LOGARÍTMICA O PARA CURVA POTENCIAL		<input type="checkbox"/> XEQ LOG <input type="checkbox"/> XEQ POT	LOG POT
3	REPETIR PASO 3 Y 4 PARA ENTRADA $i=1,2,\dots,n$: X_i Y_i	X_i Y_i	<input type="text"/> ENTER ↑ <input type="text"/> A	(i)
4	SI EN EL INGRESO DE X_k E Y_k SE COMETIÓ UN ERROR, CORREGIR MEDIANTE →	X_k Y_k	<input type="text"/> ENTER ↑ <input type="text"/> C	(K-1)
5	CALCULE R^2 Y LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN a Y b		<input type="text"/> E <input type="text"/> R/S <input type="text"/> R/S	$R^2 = (R^2)$ a = (a) b = (b)
6	CALCULAR LA Y ESTIMADA DE LA REGRESIÓN, INGRESANDO X	X	<input type="text"/> R/S	$Y = (\hat{Y})$
7	REPITA PASO 5 PARA DISTINTAS EQUIS			
8	SI DESEA NUEVAMENTE LOS RESULTADOS, REPITA EL PASO 4			
9	PARA UTILIZAR EL MISMO PROGRAMA CON OTRO CONJUNTO DE DATOS, INICIALICE EL PROGRAMA MEDIANTE → LUEGO DIRÍJASE AL PASO 3		<input type="text"/> E	LOG POT
10	PARA UTILIZAR OTRO PROGRAMA, DIRÍJASE AL PASO 2			

Tabla V.3.2 .- Algoritmo para el ajuste de curvas potencial y logarítmica.

Partiendo de este algoritmo, se hace el programa, por medio de dos subrutinas, almacenadas alternadamente como código en el registro 00. Luego la función de la línea 24, XEQ IND 00, se ocupa de las dos formas diferentes de procesar los datos ingresados, mediante la ejecución de la función cuyo rótulo está almacenado en el registro 00. (TABLA V.3.3)

LÍNEA DE PROGRAMA	COMENTARIOS	LÍNEA DE PROGRAMA	COMENTARIOS
01 ♦LBL "LOG"		48 STO 06	
02 7		49 RCL 15	
03 "LOG"		50 RCL 14	
04 GTO 13	LOGARÍTMICA	51 RCL 10	
05 ♦LBL "POT"		52 RCL 12	
06 8		53 XEQ 09	
07 "POT"	POTENCIAL	54 RCL 03	
08 ♦LBL 13		55 /	
09 XEQ "INIT"		56 STO 05	
10 STO 00		57 ♦LBL 03	
11 ASTO 08		58 RCL 04	
12 ΣREG 10		59 RCL 12	
13 CLΣ		60 *	
14 BEEP	ZUMBIDO, PRESENTA Y	61 RCL 05	
15 AVIEW	DISPONE REGISTROS Σ	62 RCL 14	
16 STOP		63 *	
17 ♦LBL C		64 +	
18 X<>Y		65 RCL 12	
19 XEQ IND 00	CORRECCIÓN	66 X↑2	
20 Σ-		67 RCL 15	
21 STOP		68 /	
22 ♦LBL A	ENTRADA DE DATOS	69 STO 09	
23 X<>Y		70 -	
24 XEQ IND 00		71 RCL 13	
25 Σ+		72 RCL 09	
26 STOP		73 -	
27 ♦LBL 07		74 /	
28 LN		75 "R2"	
29 RTN	LOGARÍTMICA	76 XEQ 88	
30 ♦LBL 08		77 RCL 06	
31 LN	POTENCIAL	78 "a"	
32 ♦LBL E		79 XEQ 88	
33 RCL 15		80 RCL 05	
34 RCL 11		81 "b"	
35 RCL 10	CALCULAR A, B, y a, b	82 GTO 01	
36 RCL 10		83 ♦LBL 06	
37 XEQ 09		84 ♦LBL 08	
38 STO 03		85 E↑X	
39 RCL 12		86 ♦LBL 05	TRANSFORMA INVERSA
40 RCL 11		87 ♦LBL 07	
41 RCL 10		88 RTN	
42 RCL 14		89 ♦LBL 09	
43 XEQ 09		90 *	
44 RCL 03		91 STO 07	COEFICIENTE DE
45 /		92 RDN	DETERMINACIÓN
46 STO 04		93 *	
47 XEQ IND 00		94 RCL 07	

Tabla V.3.3 .- Programa para el ajuste de curvas

LÍNEA DE PROGRAMA	COMENTARIOS	LÍNEA DE PROGRAMA	COMENTARIOS
95 -		120 LN	
96 RTN		121 ♦LBL 05	
97 ♦LBL 00		122 RCL 05	
98 "Y."		123 +	
99 ♦LBL 01	CALCULA r ²	124 RCL 06	
100 "r="		125 +	
101 ARCL X		126 GTO 00	
102 AVIEW		127 ♦LBL 88	SUBROUTINA DE
103 FS? 55		128 "r="	PRESENTACIÓN
104 STOP		129 ARCL X	
105 ♦LBL 04		130 AVIEW	
106 GTO IND 00		131 RTN	
107 ♦LBL 08		132 ♦LBL "a"	REINICIALIZA
108 RCL 05		133 GTO IND 00	
109 Y↑X		134 ♦LBL "INIT"	
110 GTO 09	ENTRADA DE x PARA	135 CLRG	
111 ♦LBL 06	CALCULAR y	136 CF 00	PARA INICIALIZACIÓN
112 RCL 05		137 CF 01	
113 *		138 CF 02	
114 E↑X		139 SF 21	
115 ♦LBL 09		140 SF 27	ESTADO:
116 RCL 06		141 CF 29	SIZE = 016
117 *		142 RTN	Σ = 10
118 GTO 00		143 END	FIX 2
119 ♦LBL 07			
R00 = índice	R04 = A	R08 = LOG o POT	R12 = Σy
R01 = x	R05 = b	R09 = (Σy) ² /n	R13 = Σy ²
R02 = y	R06 = a	R10 = Σx	R14 = Σxy
R03 = det	R07 = usado	R11 = Σx ²	R15 = n

Continúa Tabla V.3.3 .- Programa para el ajuste de curvas

V.4 APLICACIÓN.

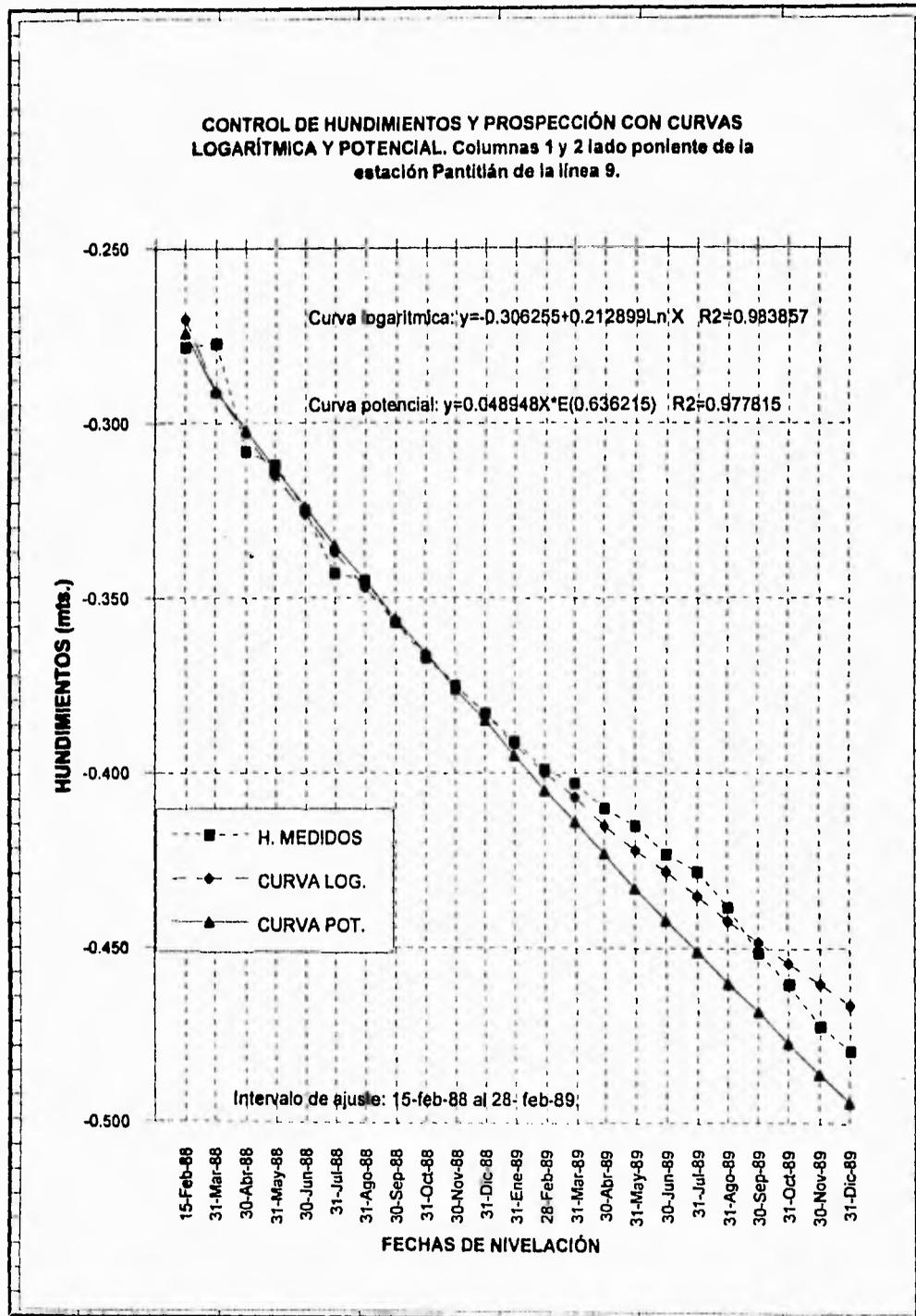
Teniendo un conjunto de datos de la medición de hundimientos de la estación Pantitlán, línea 9, se hace la tabulación de los valores absolutos de los hundimientos, arreglados cronológicamente; el intervalo de ajuste es desde la medición 15 hasta la 27.5, encontrando una desviación en la extrapolación con la curva logarítmica en la medición 37 de menos 13 mms. y con la potencial de mas 15 mms. (VER TABLA V.4.1 y GRÁFICA V.4.1).

CONTROL DE HUNDIMIENTOS Y CURVAS DE AJUSTE DE COLUMNAS 1 y 2 ESTACIÓN PANTILÁN,
LÍNEA 9.

INTERVALO No.	FECHA	MEDIDO	HUNDIMIENTO		CURVA POT.	DIF.
			CURVA LOG.	DIF.		
15	15-Feb-88	0.278	0.270	0.008	0.274	0.004
16	15-Mar-88	0.277	0.291	-0.014	0.291	-0.014
17	15-Abr-88	0.308	0.303	0.005	0.302	0.006
18	15-May-88	0.312	0.315	-0.003	0.313	-0.001
19	15-Jun-88	0.325	0.326	-0.001	0.324	0.001
20	15-Jul-88	0.343	0.337	0.006	0.335	0.008
21	15-Ago-88	0.345	0.347	-0.002	0.345	0.000
22	15-Sep-88	0.357	0.357	0.000	0.356	0.001
23	15-Oct-88	0.367	0.366	0.001	0.366	0.001
24	15-Nov-88	0.375	0.375	0.000	0.376	-0.001
25	15-Dic-88	0.383	0.383	0.000	0.385	-0.002
26	15-Ene-89	0.391	0.392	-0.001	0.395	-0.004
27	15-Feb-89	0.399	0.400	-0.001	0.405	-0.006
28	15-Mar-89	0.403	0.407	-0.004	0.414	-0.011
29	15-Abr-89	0.410	0.415	-0.005	0.423	-0.013
30	15-May-89	0.415	0.422	-0.007	0.433	-0.018
31	15-Jun-89	0.423	0.428	-0.005	0.442	-0.019
32	15-Jul-89	0.428	0.435	-0.007	0.451	-0.023
33	15-Ago-89	0.438	0.442	-0.004	0.460	-0.022
34	15-Sep-89	0.451	0.448	0.003	0.468	-0.017
35	15-Oct-89	0.460	0.454	0.006	0.477	-0.017
36	15-Nov-89	0.472	0.460	0.012	0.486	-0.014
37	15-Dic-89	0.479	0.466	0.013	0.494	-0.015
HUND. MEDIDO DESPUES DEL AJUSTE DE CURVAS.						
DIFERENCIA ENTRE HUND. MEDIDO Y CURVA AJUSTADA						

TABLA V.4.1 - Plantilla de hundimientos y prospección con curvas logarítmica y potencial.

CONTROL DE HUNDIMIENTOS Y PROSPECCIÓN CON CURVAS LOGARÍTMICA Y POTENCIAL. Columnas 1 y 2 lado poniente de la estación Pantitlán de la línea 9.



GRÁFICA V.4.1.- Representación gráfica de hundimientos y prospección con curvas logarítmica y potencial.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES.

La magnitud excepcional del sismo del 85, los errores de diseño, los defectos de construcción y las deficiencias del reglamento de construcciones, fueron señaladas por la Sociedad y los Técnicos especialistas como causas principales del colapso de la mayoría de las edificaciones y por ende, de la pérdida de tantas vidas humanas y recursos materiales.

La Ingeniería como disciplina importante en el proceso productivo del País, requiere modernizarse y ser punta de lanza en los cambios que generen mayor seguridad y bienestar en los conceptos de vivienda, transporte, industria y esparcimiento; en esto, la Ingeniería Topográfica ya no se considera como un área auxiliar de las otras disciplinas técnicas, sino una parte importante de la gran división de la Ingeniería y la Arquitectura; aportadora de las bases de sustento de todos los proyectos y obras.

Dentro de los puntos claves de la prevención de daños a edificaciones por causa de fenómenos naturales, en el caso de los sismos, la división técnica incluida la Topografía, sostiene las siguientes recomendaciones:

- Complementación de los estudios del comportamiento del subsuelo de la Cd. de México y su correlación con los elementos estructurales existentes.

- Nuevas consideraciones de diseño de edificaciones en su comportamiento dinámico.

- Mejor mantenimiento a edificaciones, principalmente las de uso público.

- Instrumentación sistemática y de seguimiento continuo del control de movimientos de obras de Ingeniería, para tomar oportunamente en su caso, las medidas de reestructuración requeridas.

- Mejorar el control de calidad en la construcción de la subestructura.

Los estudios que se iniciaron a partir del desastre del sismo de 1985, partieron de las experiencias previas, utilizando procedimientos expeditos, desechando metodologías viciadas, para tomar en consideración todas aquellas propuestas, que por simplistas o complicadas, sembraren un germen de progreso.

Las aportaciones que nuestra área incluya en el universo de la tecnología, pueden dar pauta a soluciones conjuntas, a procedimientos cada vez mas rigurosos, que influyan en la búsqueda continua de excelencia

REFERENCIAS:

- 1.- Mediciones Geodésicas de los movimientos de las placas a lo largo de la parte central del Golfo de California.- Dr. M. Kasser.- Revista Geophysical Research Letters.- ene. 1987.
- 2.- 19 de septiembre.- CONACYT.- Publicación, Información Científica y Tecnológica.- nov. 1985.
- 3.- Centro Nacional de Prevención de Desastres.- CENAPRED.- Revista de la coordinación de difusión.- 1991.
- 4.- Decreto de creación del CENAPRED.- Diario Oficial de la Nación, pág. 3-5.- Martes 20 de septiembre de 1988.
- 5.- Temblores de Tierra.- Instituto Panamericano de Geografía e Historia.- Publicación 363.- feb. 1977.
- 6.- Riesgos Geológicos, Riesgo: Sismos.- Instituto de Geofísica, UNAM.- Video.
- 7.- Sismos, Causas y Efectos.- Fundación Ciudad de México.- Video.
- 8.- Evaluación de los efectos de los sismos de 1985 en los edificios de la Cd. de México.- R. Meli, E. Miranda.- Instituto de Ingeniería, UNAM.- 1986.
- 9.- Construcciones Menores Sismo-resistentes.- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.- Impre Andes S. A.- 1990.
- 10.- Mecánica de Suelos, vol. I y II.- E. J. Badillo, A. Rico.- Editorial LIMUSA S. A.- 1982.
- 11.- Anuario del Observatorio Astronómico Nacional.- Instituto de Astronomía, UNAM.- años 1986, 1987.

- 12.- Control Topográfico de Hundimientos como medida preventiva en el asentamiento de edificios en la Cd. de México.- Ing. J. M. Lions.- Ponencia, Primer Congreso de Ingeniería Topográfica.- 1987.
- 13.- Topografía para Ingenieros.- P. Kissam.- Mc Graw-Hill.- 1979.
- 14.- Tratado de Topografía.- Claudio Pasini.- Editorial Gustavo Gili S. A.- 1977.
- 15.- Topografía General.- Ing. Sabro Higashida M.- Imprenta Eurek S. A.- 1972.
- 16.- Métodos Topográficos.- Ing. Ricardo Toscano.- Imprenta Revlix.- 1925.
- 17.- Elementos de Astronomía de Posición.- Ing. Manuel Medina Peralta.- Editorial LIMUSA.- 1974.
- 18.- Memoria, Metro de la Cd. de México.- Grupo ICA.- 1977.
- 19.- Manual de Levantamientos Geodésicos.- Instituto Panamericano de Geografía e Historia.- 1966.
- 20.- Experiencias derivadas de los sismos de septiembre de 1985.- Fundación ICA- Editorial LIMUSA S. A.- 1988.
- 21.- Apuntes de Problemas de Geotecnia.- M. I. Gabriel Moreno P.- Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 22.- Comportamiento de diversos tipos de cimentación en la zona lacustre de la Cd. de México durante el sismo del 19 de septiembre de 1985.- Auvinet-Mendoza.- Simposio: Los sismos de 1985: Casos de Mecánica de suelos.- Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A. C. .- 1986.
- 23.- Apuntes de Métodos Numéricos.- Ing. Antonio Olivera Salazar.- Facultad de Ingeniería U.N.A.M.- 1974.
- 24.- HP-41C Libro de aplicaciones.- Hewlett Packard Company.- 1982.