

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

"MONITOREO DEL HUNDIMIENTO DE LA ZONA  
SUR - PONIENTE DEL DISTRITO FEDERAL  
MEDIANTE EL USO DE BANCOS DE NIVEL DE LA  
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y  
OPERACIÓN HIDRÁULICA"

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**I N G E N I E R O C I V I L**

P R E S E N T A :

**MIGUEL ANGEL PALOMO LEYVA**

ASESOR: ING. HÉCTOR A. LEGORRETA CUEVAS



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  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/127/01

Señor  
**MIGUEL ÁNGEL PALOMO LEYVA**  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. HÉCTOR A. LEGORRETA CUEVAS**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"MONITOREO DEL HUNDIMIENTO DE LA ZONA SUR-PONIENTE DEL DISTRITO FEDERAL MEDIANTE EL USO DE BANCOS DE NIVEL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA"**

- INTRODUCCION**  
**I. ANTECEDENTES**  
**II. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL HUNDIMIENTO DEL SUBSUELO**  
**III. MEDICIÓN DEL HUNDIMIENTO POR MEDIO DE LA NIVELACIÓN DE BANCOS DEL NIVEL DE LA ZONA SUR-PONIENTE.**  
**IV. PROBLEMAS INDUCIDOS AL DRENAJE.**  
**V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**  
**BIBLIOGRAFÍA**

**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.**

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria a 19 de julio de 2001.  
EL DIRECTOR

**M. C. GERARDO FERRANDO BRAVO**  
GFB/GMP/mstg.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Agradezco por su valioso apoyo y por su gran aportación para la realización de este trabajo a los ingenieros:

***Héctor A. Legorreta Cuevas.***

***Rubén Pineda Migueles.***

## **DEDICATORIAS.**

***A mi Mamá:***

Agradezco y aprecio infinitamente tu esfuerzo y empeño, pero sobre todo te doy gracias por el amor con el que me guiaste para lograr esto que hoy es una realidad.

***A Edith:***

Gracias por tu apoyo, comprensión, motivación que fueron fundamentales para lograr este trabajo, te quiero.

***A María José y Camila:***

Les doy las gracias por el simple hecho de existir y por ser los dos motorcitos que empujan mi vida a ser mejor, las amo.

***A mis hermanos:***

A todos gracias por su apoyo y motivación a lo largo de mi carrera.

***\* Una dedicatoria especial para mi Papá que esta con Dios y que desde ahí estoy seguro que esta orgulloso de mí.***

# **MONITOREO DEL HUNDIMIENTO DE LA ZONA SUR – PONIENTE DEL DISTRITO FEDERAL MEDIANTE EL USO DE BANCOS DE NIVEL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA.**

<b>INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>1</b>
<b>1. ANTECEDENTES.</b> .....	<b>4</b>
1.1. Objetivo. ....	8
<b>2. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL HUNDIMIENTO DEL SUBSUELO. ....</b>	<b>9</b>
2.1. Geología del Valle de México. ....	9
2.2. El subsuelo de la Ciudad de México. ....	11
2.3. Crecimiento de la población. ....	17
2.4. Crecimiento de la zona urbana. ....	21
2.5. Bombeo de agua subterránea. ....	24
<b>3. MEDICIÓN DEL HUNDIMIENTO POR MEDIO DE NIVELACIÓN DE     BANCOS DE NIVEL EN LA ZONA SUR - PONIENTE.</b> .....	<b>30</b>
3.1. Aspectos Generales .....	30
3.2. Metodología de los trabajos. ....	42
3.3. Nivelación de bancos. ....	51
3.4. Memoria de cálculo. ....	59
3.5. Elaboración de fichas técnicas. ....	83
3.6. Curvas de igual hundimiento. ....	89
<b>4. PROBLEMAS INDUCIDOS AL SISTEMA DE DRENAJE.</b> .....	<b>93</b>
4.1. Aspectos generales. ....	93
4.2. Encharcamientos .....	96
4.3. Daños a la red primaria de drenaje. ....	105
4.4. Daños en el sistema general de desagüe. ....	122
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b> .....	<b>132</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b> .....	<b>136</b>

## **INTRODUCCIÓN.**

En 1925, Roberto Gayol informa a la Sociedad de Ingenieros Civiles y Arquitectos de México que la Ciudad se está hundiendo y que la causa probable de este fenómeno es el drenaje de las aguas del subsuelo producido por las obras que él mismo había diseñado y construido a principios de siglo. Funda su afirmación en nivelaciones desde Catedral al Lago de Texcoco. La mayoría de los ingenieros vinculados a las obras del Valle, no comparten esta opinión y sostienen que el lago se estaba azolvando. José A. Cuevas, iniciador de los estudios de mecánica de suelos en México, admite la conclusión de Gayol y propone a Nabor Carrillo, años más tarde, que analice la influencia de la extracción de agua subterránea sobre el hundimiento de la Ciudad. Carrillo establece que la pérdida de presión en los acuíferos del subsuelo por el bombeo, provoca cambios en el estado de esfuerzos e induce un proceso de consolidación, causa de los asentamientos a que se refería Gayol.

En 1945, la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (CICIC) iniciaba los primeros estudios sobre el subsuelo de la Ciudad, teniendo como jefe de la Sección de Mecánica de Suelos al Dr. Nabor Carrillo e investigadores a los ingenieros Fernando Hiriart y Raúl Sandoval L. Entre los años 1947 y 1952, se ejecuta un gran número de sondeos y en forma sistemática, se hacen los ensayos de más de 10.000 ejemplares extraídos del subsuelo, con lo que comienza a tenerse una idea más correcta de la distribución de los materiales y de sus propiedades mecánicas; se instalan las primeras estaciones piezométricas en varios puntos de la Ciudad, a fin de conocer las alteraciones en las presiones hidrostáticas y sus nexos con el hundimiento general; se hacen dos nivelaciones parciales de la superficie urbana, encontrándose así la relación entre antiguos bancos de referencia para descubrir la historia de los asentamientos de la Ciudad.

Pensando en la necesidad de contar con una serie de bancos de nivel que no fueran influenciados por el movimiento causado por los asentamientos del suelo y que estuvieran referidos al nivel medio del mar (nivel considerado mundialmente para referir cualquier elevación terrestre), se considero conveniente realizar la primera nivelación respecto al

nivel medio del mar en el año de 1913, por lo cual se trasladó este nivel desde el puerto de Veracruz, nivelando en ese entonces, el banco de Atzacualco.

En 1956 se inició la implantación de bancos de nivel confiables que sirvieran a las dependencias oficiales y particulares, con el fin de conocer los hundimientos del terreno y cotas referidas al nivel medio del mar.

La creación de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH), fue el resultado de la fusión de la Dirección General de Obras Hidráulicas y la Dirección General de Aguas y Saneamiento y a partir de 1976 retomó los trabajos de nivelación implementando una red de bancos de nivel entre los cuales se contemplaron algunos bancos antiguos como el de Niños Héroes, Ciudad Universitaria y el del Cerro de Xochitepec, considerados inamovibles, así como algunos otros que se construyeron en pozos donde hay tuberías de piezómetros profundos o bancos profundos cuyo movimiento es menor al de los bancos superficiales. Todos ellos fueron referenciados al banco de nivel de Atzacualco. Desde 1983 cada dos años se han realizado nivelaciones en los bancos de la red implementados por la DGCOH, a partir de 1992 estas nivelaciones son de alta precisión, considerando la normatividad vigente y empleando los equipos de mayor precisión que se tienen al respecto. La DGCOH tiene dentro de sus objetivos principales, además de lo anteriormente mencionado; estudiar, evitar y solucionar los efectos colaterales al hundimiento que se presenten en la infraestructura hidráulica.

El conocer estos antecedentes sirve para la elaboración de esta tesis que surge como una inquietud por conocer con mayor detalle la problemática tan fuerte e interesante que sufre la ciudad de México, que es el hundimiento del subsuelo. Este trabajo está basado en mi experiencia como profesional y haciendo referencia a un proyecto en el cual participe, realizado para la DGCOH, que tiene por nombre: "Estudio para la actualización altimétrica mediante la nivelación de precisión de la red de bancos de nivel en la zona sur-poniente del Distrito Federal y actualización de sus fichas técnicas", del cual obtenemos como resultado final los niveles de hundimiento en las distintas zonas de estudio, para posteriormente realizar la configuración de las curvas de igual hundimiento y con ellas observar de que

manera influyen estos efectos en la infraestructura hidráulica, particularmente en lo que se refiere al sistema de drenaje y así tener los elementos suficientes para poder proyectar a futuro las posibles solución a los problemas suscitados colateralmente con dicho fenómeno.

El contenido de este documento está integrado en cuatro capítulos en los cuales se describe la evolución de los hundimientos a través del tiempo. El capítulo número uno se refiere a los antecedentes, en el se mencionan los principales aspectos físicos del Valle de México y se mencionan las primeras nivelaciones hechas en la Ciudad, mostrando y describiendo imágenes de los bancos de nivel más antiguos; en el capítulo número dos se describe los factores de mayor influencia en el fenómeno del hundimiento; el capítulo tres contiene todo lo referente al proyecto de nivelación realizado para la DGCOH mencionado en el párrafo anterior, como es la metodología de los trabajos y los resultados obtenidos, además contiene una breve explicación del proceso de elaboración de las curvas de igual hundimiento; en el capítulo siguiente se hace una breve descripción del sistema de desalojo de aguas residuales y pluviales haciendo mención de algunos daños ocasionados por el hundimiento en dicho sistema, y por último se describen las conclusiones y recomendaciones como resultado de este trabajo.

**Para la obtención de la información que integra este trabajo de tesis se recurrió a la Unidad Departamental de Planes Maestros de la Dirección Técnica de la DGCOH.**



## 1. ANTECEDENTES.

El valle de México era una cuenca cerrada hasta 1789, año en que se abrió el tajo de Nochistongo. Hacia el Norte está limitado por las Sierras de Tepotzotlán, Tezontlalpan y Pachueca, al Este por los Llanos de Apan y la Sierra Nevada, al Sur por las Sierras de Chichinautzin y Ajusco y al Oeste por las Sierras de Las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo. Tiene una superficie de 7.160 km<sup>2</sup> de los cuales 3.080 km<sup>2</sup> corresponden a áreas montañosas y 2.050 km<sup>2</sup> a las partes bajas, las primeras con altitudes superiores a 200 m sobre el fondo del Valle y las segundas, comprendidas entre 0 y 50 m. La altura sobre el nivel del mar de la zona más baja es de 2.240 m.

El Distrito Federal ocupa una superficie de 1.480 km<sup>2</sup> en la región suroeste del Valle; parte está desplantada en las laderas de la sierra de Las Cruces y la restante sobre el fondo de los lagos de México y Texcoco. La población supera en la actualidad los 8.6 millones de habitantes de los casi 20 millones concentrados en el valle de México.

Debido a la composición de materiales, que conforman el subsuelo de la ciudad de México, aunado a la intensa sobre explotación de los acuíferos ha ocasionado numerosos problemas tales como: asentamientos, agrietamientos de subsuelo y rotura de las instalaciones hidráulicas y de drenaje, líneas telefónicas y electrónicas, incremento de la permeabilidad de la masa arcillosa con productos químicos y bacteriológicos y en general daños a toda la infraestructura urbana ubicada en esta zona.

Con base en las citas históricas y en el levantamiento topográfico de la Ciudad que realizó Roberto Gayol en 1891, ha sido posible reconstruir el desarrollo del hundimiento en el presente siglo, tabla 1.1.

<i>Fecha</i>	<i>Referencia</i>	<i>TICA cota, en m</i>	<i>MSNM* elevación, en m</i>
1803	A. Humboldt. El nivel medio de las aguas en el Lago Texcoco, 1.20 m debajo de la esquina sur del Palacio.		2 237.6
1862	Monumento a Enrico Martínez. El fondo del Lago, 2.80 m debajo del piso del Zócalo.		2 236.0
1876	Ings. Velázquez y Aldasoro. Plano de referencia de la Ciudad, 10 m abajo tangente inferior del Calendario Azteca.	+10.00	2 240.4
	Nivel de aguas máximas en el Lago.	+7.10	2 237.5
	Nivel del fondo del Lago.	+5.57	2 235.9
1891	Ing. Roberto Gayol. Banqueta junto a la torre oeste de Catedral.	+8.35	2 238.8
	Alameda.	+8.60	2 239.0
	Atzacualco	+12.35	2 242.75
1966	CHCVM. Cruz del Lago.		2 235.3
	Torre oeste de Catedral		2 233.0
	Alameda		2 233.3

\* Según nivelación traída de Veracruz en 1913.

*Tabla 1.1. Correlación de bancos de nivelación.*

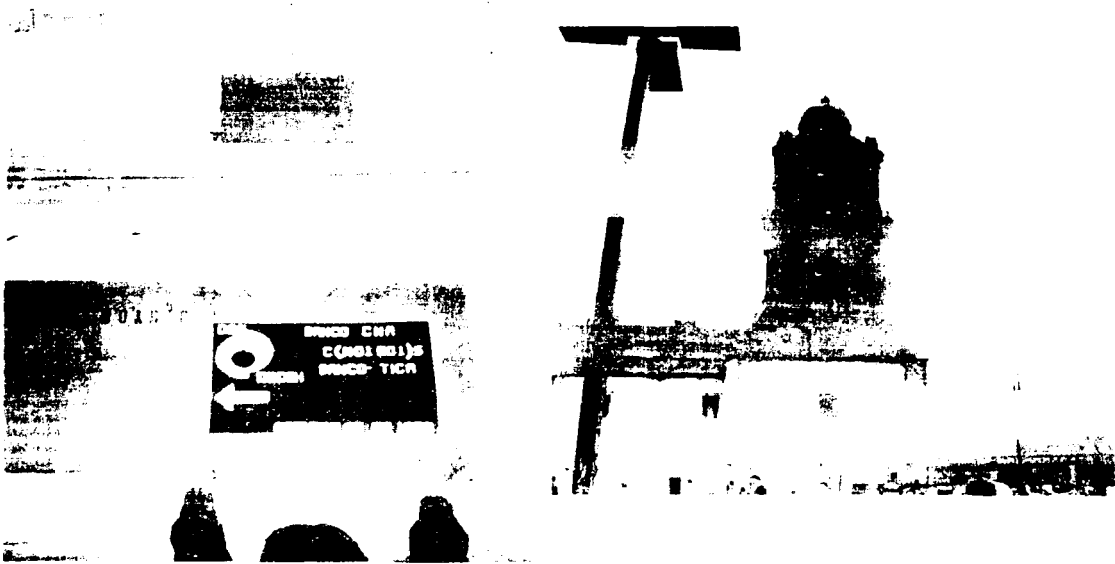
Alejandro Von Humboldt, en 1803, al describir el Valle anota que el nivel de aguas medias en el Lago de Texcoco estaba una vara, un pie y una pulgada, o sea, aproximadamente 1.20 m, debajo de la esquina sur del Palacio.

Como se observa en la figura 1.1, en el monumento a Enrico Martínez, se había instalado un indicador de los niveles del agua en el Lago Texcoco. Según esta referencia, en 1862 el fondo del lago estaba 2.80 m debajo del Zócalo.



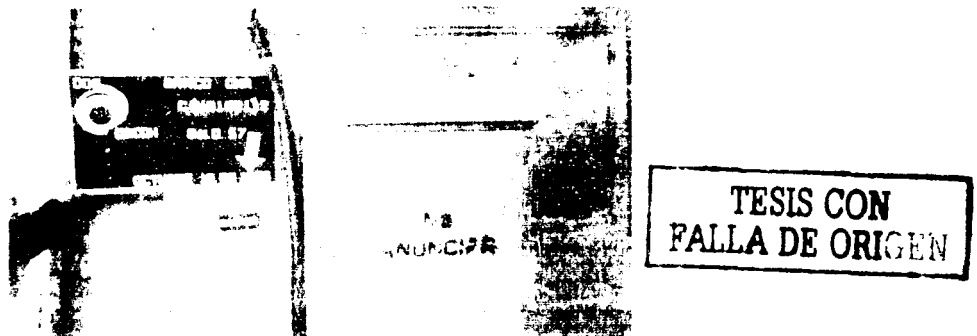
*Figura 1.1. En la fotografía se observa la referencia del banco en el monumento a Enrico Martínez, cercano a la Catedral.*

Los ingenieros Velázquez y Aldasoro, en 1876, establecen el plano general de referencia para la Ciudad que pasaba 10 m debajo de la Tangente Inferior del Calendario Azteca, en esa época, adosado a la torre oeste de Catedral. Por brevedad se designa este banco con las siglas TICA y le corresponde la acotación + 10.00, el banco de referencia se observa en la figura 1.2. La Comisión de Fomento instala en edificios y monumentos, placas con las indicaciones de cota + 10.00 ó + 11.00 (figura 1.3), como referencias para nivelaciones locales. De acuerdo a mediciones de los citados ingenieros, la cota de aguas máximas del Lago Texcoco era + 7.10 y la del fondo + 5.57.



*Figura 1.2. En la primer fotografía se observa el plano de referencia del banco TICA, aunque ya sin el calendario azteca y en la siguiente fotografía se observa la torre oeste de la Catedral.*

En 1891, Roberto Gayol nivela la Ciudad refiriendo ese levantamiento al banco TICA. Además, se apoya en dos puntos supuestamente fijos: el banco de Atzacualco (ATZ) que referido a TICA tiene cota + 12.35 y el de Niños Héroes (NH), monumento antiguo de Chapultepec, con acotación + 16.08.



*Figura 1.3. Placas instaladas por la Comisión de Fomento.*

La nivelación de Veracruz a México permite referir los bancos TICA, ATZ y NH al nivel medio del mar y conocer las elevaciones de los diferentes puntos de apoyo que aparecen en la tabla 1.1. La Dirección de Geografía realiza de 1937 a 1950 nivelaciones en la Ciudad y, a partir de 1953, la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México toma a su cargo la observación periódica, instalando un gran número de bancos que cubren el área urbana y posteriormente, la ciudad Netzahualcoyotl, Chalco, Ecatepec y Tlalnepantla.

En 1956 se inició la implantación de bancos de nivel confiables que sirvieran a las dependencias oficiales y particulares, con el fin de conocer los hundimientos del terreno y cotas referidas al nivel medio del mar.

### **1.1. Objetivo.**

Conocer la importancia de los estudios que se han venido realizando referentes a la nivelación de bancos de nivel del Distrito Federal y parte del área conurbada, así como los efectos colaterales inducidos por el hundimiento en el sistema de drenaje.

---

## **2. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL HUNDIMIENTO DEL SUBSUELO.**

Paralelamente al desarrollo extraordinario de la ciudad de México en los últimos años, se observa la ocurrencia de un fenómeno de gran importancia, el hundimiento general del subsuelo, que ocasiona graves trastornos al funcionamiento de los servicios municipales y serios problemas de estabilidad a las construcciones de toda índole asentadas en el antiguo lago de México y parte del lago de Texcoco.

Algunos de los factores que influyen en el hundimiento del subsuelo son por ejemplo; la extracción de agua natural del acuífero y a su vez la falta de recarga, lo anterior se define como sobreexplotación; otro factor importante es el crecimiento de la mancha urbana que impide la infiltración de las aguas pluviales al subsuelo y por consecuencia la recarga al acuífero; aunado a lo anterior se tiene la sobrecarga debida a las construcciones que acelera este fenómeno.

Los anteriores factores hacen que se altere el funcionamiento del sistema hidráulico de la ciudad de México, en especial afecta las pendientes del desagüe y eliminación de aguas residuales y pluviales provocando que se disloque y cause encharcamientos en distintas zonas del Valle de México.

### **2.1. Geología del Valle de México.**

Quizás, los datos más confiables fueron obtenidos mediante una perforación con extracción de muestras del subsuelo y del agua, realizada por el Proyecto Texcoco en 1968, que alcanzó una profundidad de 2,065 m, o sea, aproximadamente al nivel del mar.

El análisis de las investigaciones antes citadas ha conducido al corte esquemático que se muestra en la Figura 2.1. Dicho perfil orientado este-oeste pasando por la ciudad de México, muestra que los depósitos lacustres rellenan dos depresiones separadas por el macizo de Peñón de Los Baños, y limitadas hacia el poniente por la sierra de Las Cruces y al oriente por la sierra de Río Frio. Debajo de dichos depósitos se encuentran dos series volcánicas del terciario superior: a inferior superpuestos a sedimentos marinos, plegados, del Mesozoico; la frontera entre estos sedimentos y las rocas volcánicas del terciario inferior oscila entre 0 y 1000 m sobre el nivel del mar. Mediante la determinación de la edad de los depósitos superiores y las rocas subyacentes, se ha logrado elaborar la tabla 2.1 que muestra las formaciones encontradas y su edad probable.

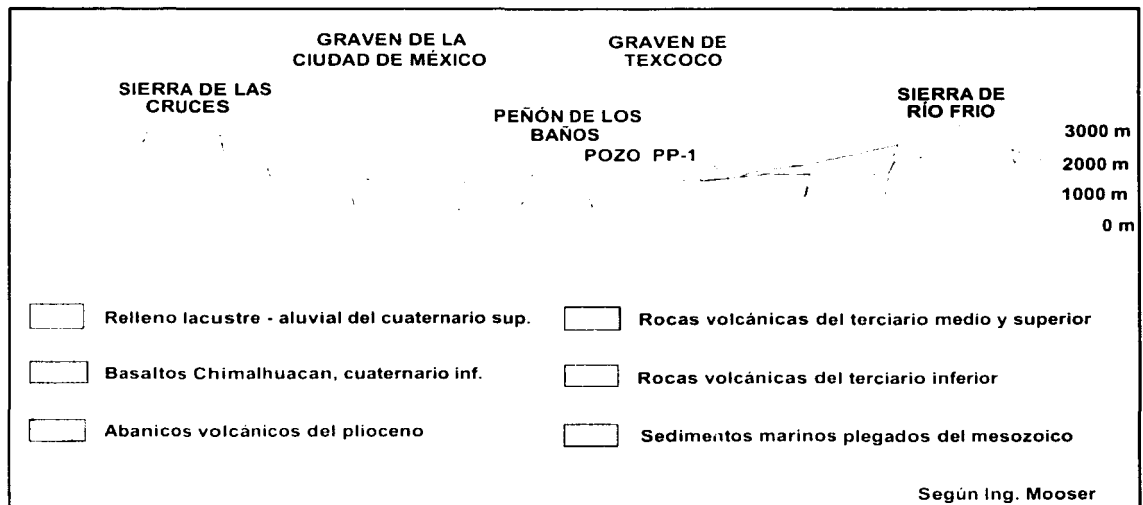


Figura 2.1. Principales formaciones geológicas del valle de México.

Profundidad, en m	Periodo	Nombre de la formación o su equivalente	Edad aproximada, en millones de años
0.0 - 53.0	Cuaternario	Sedimentos lacustres arcillosos	0.0 - 0.008
53.0 - 59.5		Formación Becerra	0.008 - 0.012
59.5 - 64.5		Formación Caliche Morales	0.012 - 0.013
64.5 - 180.0		Formación Tacubaya	0.013 - 0.046
180.0 - 505.0		Formación Tarango	0.046 - 8.00
505.0 - 814.0	Terciario	Equivalente a la formación Tlalyéac	8.0 - 13.0
814.0 - 1 030.0		Rocas de Huatepec	13.0 - 21.0
1 030.0 - 1 125.0		Equivalente a la formación Tepoztlán	21.0 - 24.0
1 125.0 - 1 437.0		Equivalente a la formación Xochitepec	24.0 - 29.0
1 437.0 - 2 065.0		Formación Balsas	29.0 - (?)

\* Según Ing. Manuel Álvarez, Jr.

**Tabla 2.1. Columna estratigráfica en el Lago de Texcoco (Sondeo P P-1).**

## 2.2. El subsuelo de la Ciudad de México.

Parte de la Ciudad está asentada sobre el fondo del Lago de Texcoco, particularmente hacia el oriente y al norte. Para catalogar los problemas que pueden plantearse desde el punto de vista de la mecánica de suelos, el subsuelo del área urbana se ha subdividido en tres grandes zonas: lago, transición y lomas, con fronteras aproximadamente señaladas en la figura 2.2 las características del subsuelo en las zonas de lomas y de lago están relativamente bien definidas, aun cuando en la primera pueden encontrarse formaciones tan diversas como derrames de lava y abanicos aluviales. La zona de transición, por otra parte, se distingue por su erraticidad estratigráfica, pudiendo hallarse series de capas arenosas o limosas de origen aluvial intercaladas con depósitos de arcilla lacustre, de espesor muy variable, esta zona y la de lago son las que han acusado hundimientos importantes en el presente siglo. A continuación se describe las condiciones estratigráficas en las zonas de transición y lago, presentando mayor atención a las propiedades mecánicas de las arcillas.



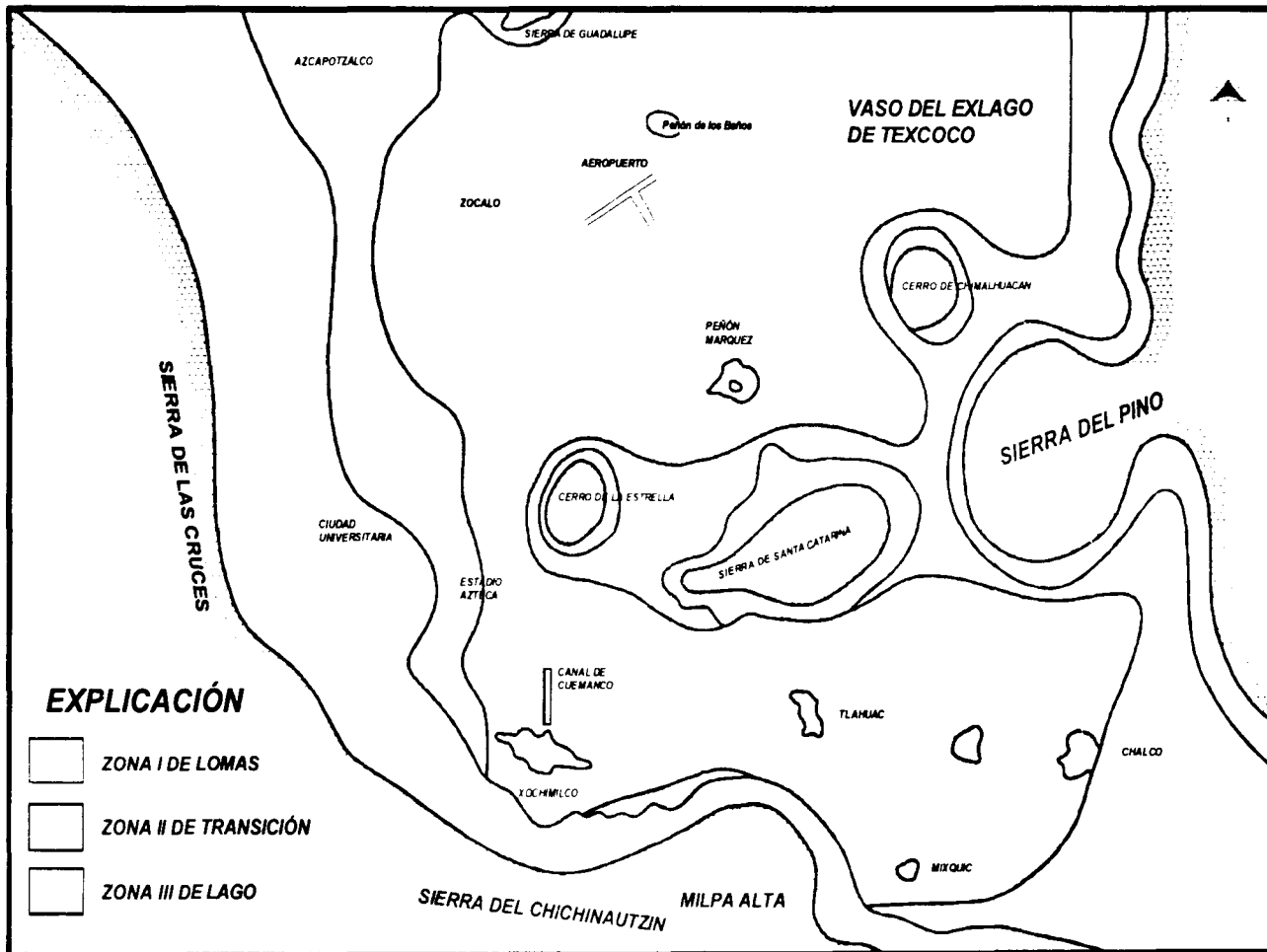


Figura 2.2. Zonificación estratigráfica aproximada del subsuelo de la ciudad de México.

La figura 2.3, muestra dos perfiles del subsuelo en la zona del lago y otros dos típicos de transición. Al lado de la identificación simbólica de los suelos, se presenta la gráfica contenidos de agua contra profundidad. En general, las arcillas son tanto más blandas y deformables cuanto mayor es el contenido de agua; los tramos de las gráficas en que esta característica registra valores pequeños corresponden a suelos arenosos, poco compresibles. Comparando la variación del contenido de agua puede comprobarse que hay una extraordinaria diferencia entre los perfiles del lago y los de la zona de transición en lo que respecta a espesores de las capas arcillosas y su distribución en el sentido vertical. Puede observarse que en el sondeo Pe 143, el contenido de agua excede de 400 % en la formación comprendida de 5 a 37 m bajo la superficie, mientras que el sondeo Pe 28 acusa valores menores. a mayor profundidad la distribución de los estratos arcillosos puede diferir apreciablemente entre puntos de la misma zona de lago. Las causas de estas diferencias, en parte naturales, se deben a la acción de cargas superficiales y al hundimiento.

En la zona de lago es posible distinguir cinco formaciones importantes:

1. El manto superficial, en ciertos casos formados por depósitos aluviales muy recientes y en otros, por estos suelos y rellenos artificiales.
2. La formación arcillosa superior, de espesor variable entre 27 y 33 m, integrada por capas de arcilla muy compresible, con delgados horizontes arenosos.
3. La capa dura, arcilla arenosa o de arcilla muy consolidada, de más de 3 m de espesor en promedio.
4. La formación arcillosa inferior, con espesores de 7 a 15 m, constituida por arcillas volcánicas más recientes y menos compresibles que las de la formación superior.
5. Los depósitos profundos en los que figuran estratos de arenas, gravas, limos y arcillas compactas, que alcanzan a profundidades mayores de 150 m.

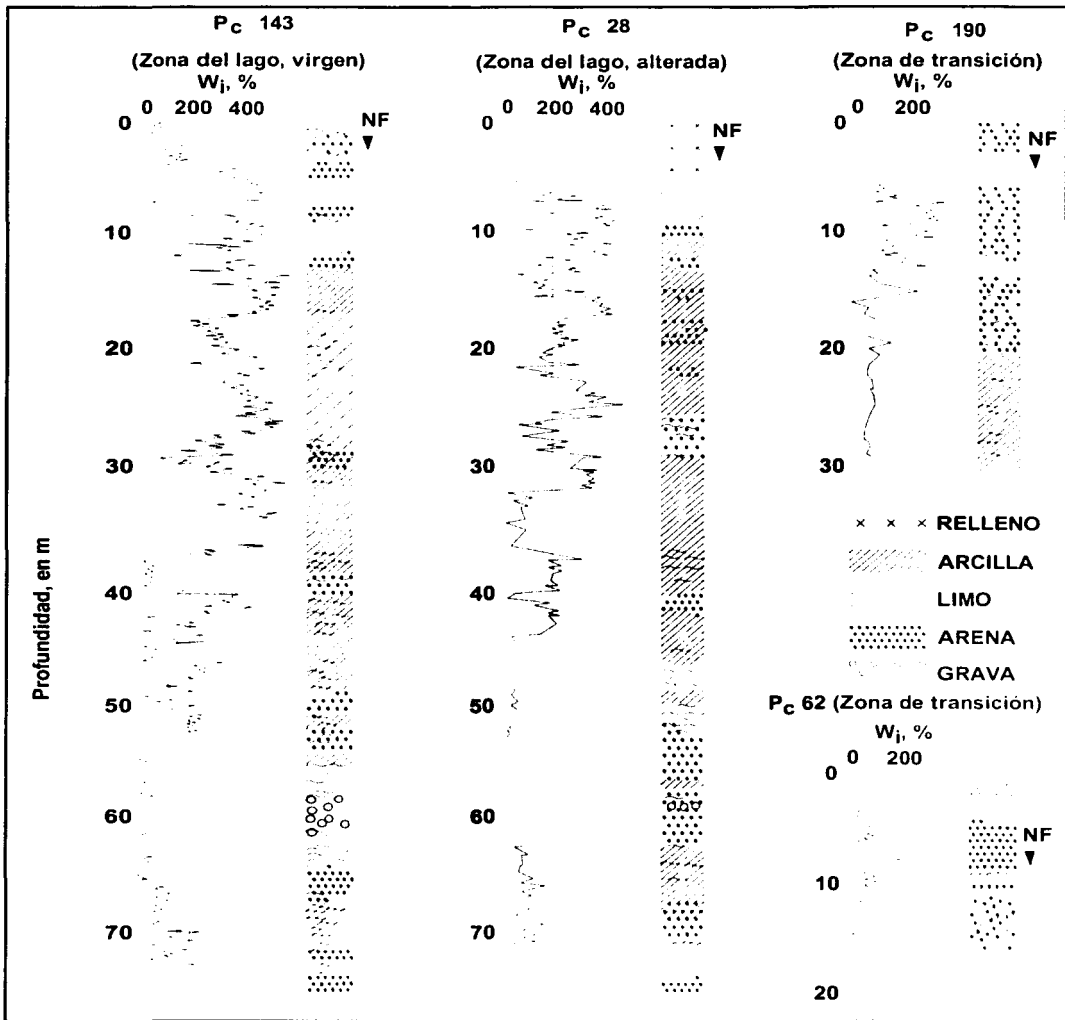


Figura 2.3. Perfiles estratigráficos en el área urbana.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Con base en un gran número de sondeos, se han obtenido las propiedades mecánicas; la tabla 2.2 presenta las de mayor interés en las cuatro primeras formaciones antes descritas.

<i>Propiedades</i>	<i>Manto superficial</i>	<i>Formación arcillosa superior</i>	<i>Capa dura</i>	<i>Formación arcillosa inferior</i>
Contenido de agua natural $W_n$ , en %	91.7	281.2	64.0	191.8
Límite líquido $W_L$ , en %	100.6	289.1	69.5	212.9
Límite plástico $W_p$ , en %	52.5	85.3	43.5	68.8
Densidad de sólidos $S_s$	2.51	2.42	2.48	2.41
Relación de vacíos inicial $e_i$	2.59	6.90	1.76	4.74
Resistencia a la compresión $q_u$ , en $\text{kg cm}^2$	0.89	0.73	1.34	1.56
Módulo de deformación, en $\text{kg cm}^2$	58.4	30.7	65.9	67.7

*Tabla 2.2. Valores medios de propiedades mecánicas, arcillas de la Ciudad de México.*

De acuerdo a lo descrito en el subcapítulo anterior y del presente, se dice que a mayor espesor de arcilla mayores son los hundimientos, en la figura 2.4. se muestran las isopacas (espesores iguales) de arcillas con tres espesores diferentes, esto depende de la magnitud de la explotación en el acuífero, considerando que los espesores de arcilla ceden su agua poco a poco y que su magnitud determina el grado de consolidación de las mismas.

Así se tiene que en el caso de la zona centro del Distrito Federal los espesores van de 40 a 60 m ya que la explotación del acuífero en esa zona se realizó aproximadamente durante un periodo de 50 años y su consolidación se a producido por más de 60 años, provocando que el hundimiento se actualmente de aproximadamente 10 m respecto a su nivel inicial, como se verá más adelante, mientras que en la zona del exlago de Texcoco se encuentran espesores de 60 a 100 m, los hundimientos en esa zona han sido menores debido a la poca

extracción de agua local, por lo que esta zona invirtió sus elevaciones con respecto a la zona central del D.F. que anteriormente se encontraba por arriba de la del lago.

Por último las zonas específicas del Nezahualcoyotl, Tlahuac y Chalco con espesores mayores a 130 m se caracterizan por ser zonas con hundimientos promedio anual que van de los 30 a 40 cm, actualmente son las zonas más susceptibles a el fenómeno del hundimiento.

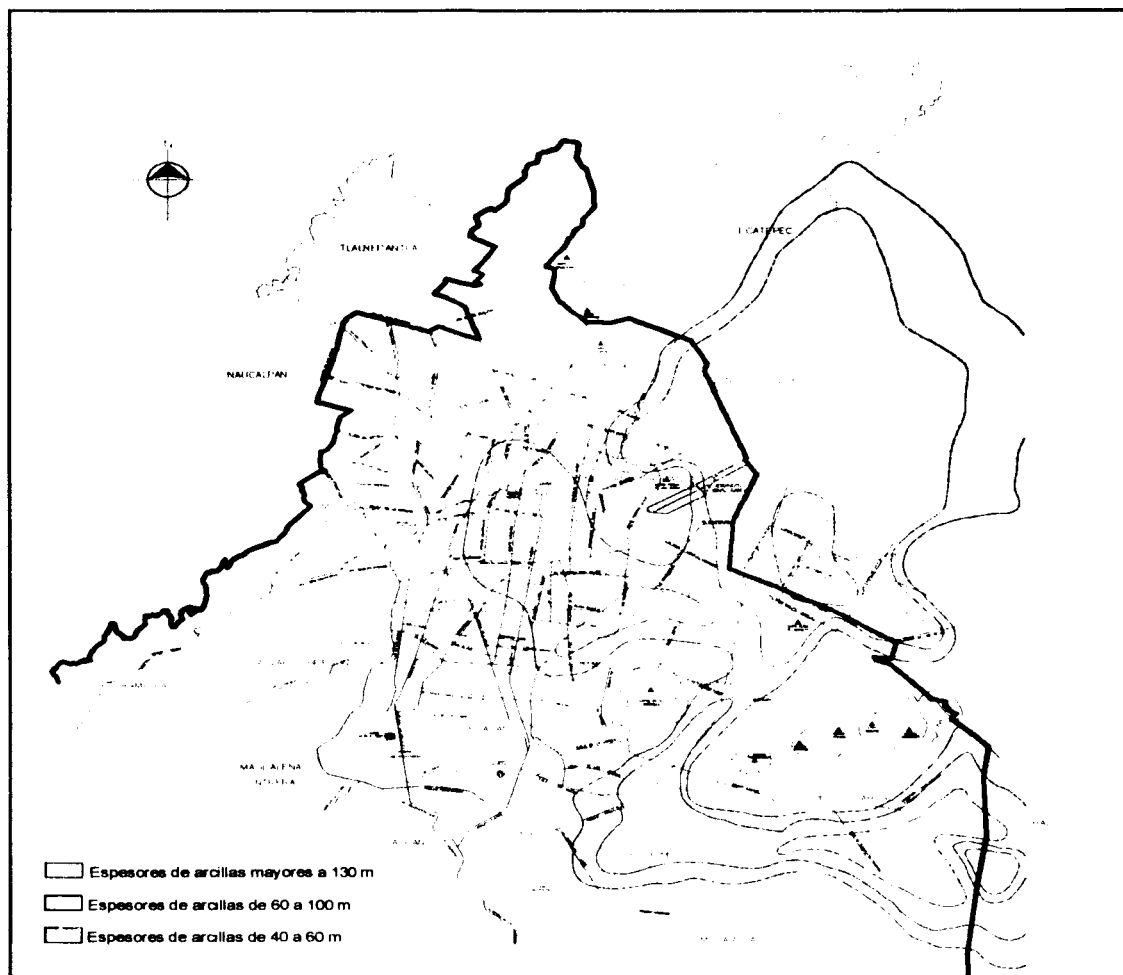


Figura 2.4. Isopacas de arcillas en el área metropolitana.

### **2.3. Crecimiento de la población.**

A través el siglo XX la ciudad de México a mostrado un crecimiento sin precedentes, pasando de 344 mil habitantes en 1900 a casi 20 millones en el 2000, esto ha implicado la enorme expansión de su territorio, además de grandes transformaciones en la distribución de la población y en los usos del suelo.

En la década de los cuarenta se inició en el país el modelo de crecimiento por sustitución de importaciones, el cual contribuyó al fortalecimiento de un patrón concentrador de capital y de población en la ciudad de México, lo que provocó el rápido crecimiento mencionado.

Para hacer referencia a la expansión de la ciudad de México, es necesario conocer algunas definiciones como las siguientes (Graizbord, 1988):

**Ciudad Central.** Es el centro o corazón de la Ciudad, donde se concentran la administración, las actividades comerciales y de servicios de la misma, más las unidades político-administrativas contiguas, que guardan una estrecha relación con el centro. En el caso de la ciudad de México, la zona central está constituida por las cuatro delegaciones centrales del Distrito Federal: Cuauhtémoc, que es donde se ubica el centro propiamente dicho, Miguel Hidalgo, Benito Juárez y Venustiano Carranza.

**Área Urbana de la Ciudad de México (AUCM).** Esta unidad territorial está constituida por la ciudad central más el área contigua edificada, habitada o urbanizada, con usos del suelo de naturaleza no agrícola y que presenta continuidad física en todas direcciones hasta ser interrumpida en forma notoria por terrenos de uso no urbano. Los contornos de esta unidad territorial, generalmente no coinciden con los límites político-administrativos de la ciudad y son bastante irregulares; es por eso que con frecuencia esta unidad se denomina *mancha urbana*.

**Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).** Es la unidad que engloba al área urbana. Sus límites coinciden con los de las unidades político-administrativas, con características predominantemente urbanas, que mantienen una interrelación socioeconómica directa, diaria e intensa con la ciudad. Esta unidad incluye tanto población urbana como rural.

**Conurbación.** Se refiere al fenómeno de absorción física y funcional de localidades próximas al área urbana, debido a la expansión de la misma. Se trata también de la unión de dos o más áreas urbanas pertenecientes a distintas jurisdicciones.

El periodo 1940-1950 se caracteriza por la propagación acelerada de la Ciudad y su periferia inmediata, apareciendo por primera vez la ZMCM como unidad territorial. Por otro lado, tanto la ciudad central como el Distrito Federal y la ZMCM alcanzan, durante estos 10 años, el valor máximo de sus tasas de crecimiento poblacional en el siglo.

En 1940 la ZMCM estaba integrada por las 4 delegaciones centrales además de Azcapotzalco, Coyoacán, Gustavo A. Madero, Iztacalco y Alvaro Obregón y Magdalena Contreras, la población de la ZMCM era de 1,644,921 habitantes.

Hacia 1950, la delimitación de la ZMCM comprendía las unidades administrativas incluidas en 1940, más la delegación de Iztapalapa y el municipio de Tlalnepantla, con lo que se rebasa el límite del D.F. con el estado de México.

Las décadas siguientes se caracterizan por la conurbación de algunos municipios del Estado de México con el Distrito Federal y porque el crecimiento poblacional y urbano fue mucho más acelerado en los municipios conurbados que en el D.F. entre 1950 y 1980 la población de la ZMCM se multiplicó por más de 4 veces, pasando de 2,952,199 habitantes en 1950 a 13,873,912 en 1980, aunque la tasa de crecimiento poblacional fue descendiendo en cada década, de 5.67% entre 1950 y 1960 a 5.65% entre 1960 y 1970, llegando al 4.56% en la década 1970-1980.

Hacia 1960, se agregaron a la ZMCM las delegaciones de Cuajimalpa, Tlalpan y Xochimilco y los municipios de Naucalpan, Chimalhuacán y Ecatepec y la población alcanzó los 5,125,437 habitantes.

Entre 1960 y 1970, la población de la ZMCM creció 1.7 veces y fue en esta década cuando se registraron los mayores volúmenes de migración hacia la ciudad de México, sobre todo en Naucalpan, y los asentamientos ilegales como forma habitacional de las clases populares, cuyo exponente más grande fue ciudad Nezahualcóyotl, constituyeron factores que incidieron de manera importante en el crecimiento urbano.

En este lapso se incorporaron ocho nuevas unidades político-administrativas a la ZMCM, de modo que para 1970, la ZMCM abarcaba las unidades comprendidas en 1960 más otros 7 municipios del Estado de México: Nezahualcóyotl, La Paz, Atizapán de Zaragoza, Tultitlán, Coacalco, Cuautitlán de Romero Rubio y Huixquilucan, además de la delegación de Tláhuac, y tenía una población total de 8,882,882 habitantes.

Entre 1970 y 1980 el crecimiento poblacional de la ZMCM continuó siendo bastante acelerado: la población creció 1.6 veces, pasando de 8,882,882 habitantes en 1970 a 13,873,912 habitantes en 1980. En este último año se abarcaba las 16 delegaciones del D.F. y los municipios del Estado de México, comprendidos en 1970, más otros 8 que son: Ateneo, Cuautitlán Izcalli, Chalco, Chicoloapan, Ixtapaluca, Nicolás Romero, Tecámac y Texcoco.

Durante la década 1980-1990 ocurrieron cambios fundamentales en el crecimiento poblacional de la ZMCM. La población total solo aumentó 1,157,326 habitantes llegando, según los resultados del censo de Población, a 15,009,249 en 1990. Vale la pena aclarar que la proyección de población realizada para esta zona por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) alcanzaba los 18 millones de habitantes.



Lo anterior ha sido motivo de amplias discusiones en el ámbito gubernamental y académico; en este último ha existido un cierto consenso en cuanto a la sobrevaloración de los datos del Censo de 1980, lo cual podría explicar, en parte, el bajo crecimiento demográfico de la década de los 80. De cualquier manera, sin descartar esa posibilidad, es necesario reconocer que entre 1980 y 1990 se ha dado un cambio significativo en las tendencias de crecimiento de la ZMCM, ya que ha descendido mucho la tasa de crecimiento poblacional ha dejado de ser una entidad de gran atracción de población, mientras las ciudades medias del país han presentado un crecimiento más acelerado. Así, la tasa de crecimiento total de la ZMCM se fue reduciendo notablemente, pasando de 4.54% entre 1970 y 1980 a sólo 0.72% en la década de los 80; lo mismo sucedió, aunque con distintas proporciones, en todas las unidades político-administrativas de la ZMCM, con la excepción del municipio de Chimalhuacán.

Entonces, las unidades político-administrativas que presentaron tasas negativas de crecimiento en los años 80 fueron nueve. Siete de estas unidades están en el D.F. (Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza, Benito Juárez, Gustavo Madero, Atzacotalco e Iztacalco) y 2 en el Estado de México (Nezahualcóyotl y Tlalnepantla).

Las mayores tasas de crecimiento correspondieron a los municipios de Chimalhuacán y Chalco, y a Jaltengo, Chicoloapan y Tultepec, aunque para estos últimos las tasas de crecimiento fueron menores. En los años 80, como en la década anterior, fueron Ecatepec e Iztapalapa las unidades que concentraron la mayor parte del crecimiento metropolitano, aunque Chalco y Chimalhuacán también tuvieron un peso importante. En el D.F. fueron Iztapalapa y Tlalpan las delegaciones que presentaron el mayor aumento poblacional; sin embargo, sus tasas son menores que las relativas a los municipios conurbados.

En cuanto al porcentaje de población concentrado, vemos que hasta 1990 más de las tres cuartas partes de la población (76.4%) vive en áreas intermedias de la ZMCM, mientras el centro y la periferia más alejada sólo representan el 12.8% y 10.8%, respectivamente de la población total.

El análisis precedente nos lleva a concluir que el crecimiento metropolitano más reciente se encuentra principalmente en el oriente y, en mayor medida, en el norte de la ZMCM; las unidades del poniente y del sur, aunque en algunos casos tuvieron un aumento poblacional importante, no pesaron mucho dentro del total del crecimiento demográfico de la metrópoli.

Finalmente según datos editados por INEGI en la década de 1990 – 2000 en el Distrito Federal se tuvo una tasa de crecimiento de 0.44%, llegando en el último censo del 2000 a una población de 8.605,239 habitantes.

#### 2.4. Crecimiento de la zona urbana.

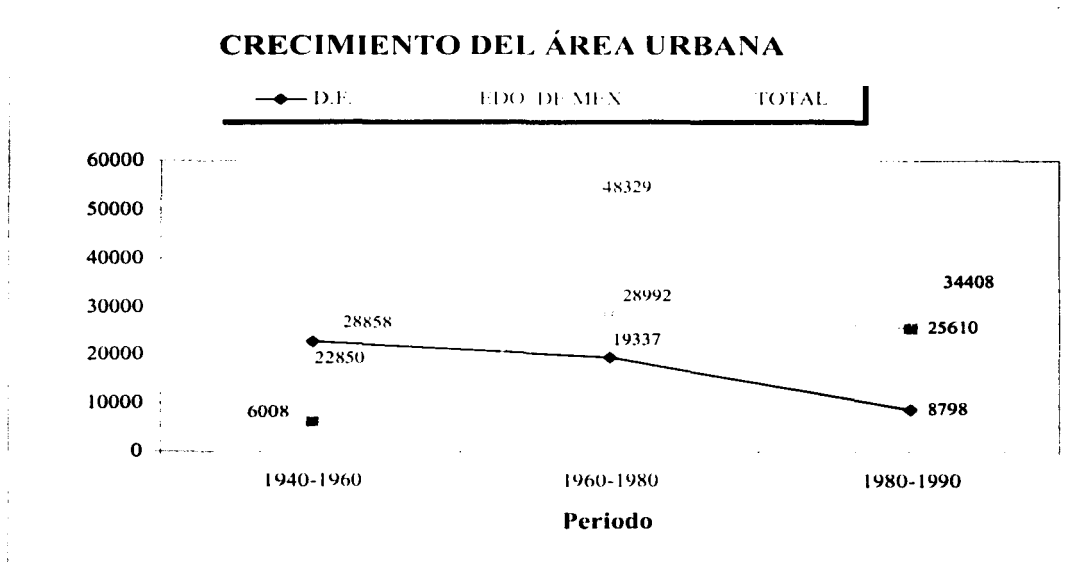
Entre 1940 y 1960 el área urbana de la ciudad de México pasó de 9,327 a 38,185 hectáreas, es decir, cuadruplicó su tamaño en el lapso de 20 años. Del crecimiento total de la superficie de la mancha urbana, el 79.2% se dio en el D.F. y el 20.8% restante en los municipios conurbanos del Estado de México, que para 1960 eran sólo 4.

AÑO	D.F.	EDO. MEX.	TOTAL
1940	9,327	0	9,327
1960	32,177	6,008	38,185
1980	51,514	35,000	86,514
1990	60,312	60,610	120,922

*Tabla 2.3. Superficie del área urbana de la ciudad de México, 1940-1990 (en hectáreas).*

AÑO	D.F.		EDO. MEX.		TOTAL
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
1940-1960	22,850	79.2%	6,008	20.8%	28,858
1960-1980	19,337	40.0%	28,992	60.0%	48,329
1980-1990	8,798	25.6%	25,610	74.4%	34,408
TOTAL (1940-1990)	50,985	45.7%	60,610	54.3%	111,595

Tabla 2.4. Crecimiento del área urbana de la ciudad de México, 1940-1990 (en hectáreas).



Gráfica 2.1. Crecimiento del área urbana de la Ciudad de México, 1940-1990 (en hectáreas).

De 1960 a 1980 la superficie de la mancha urbana pasó de 38,185 hectáreas a 86,514, representando esto un incremento del 126.6% en 20 años. De las 48,329 hectáreas que se incorporaron al área urbana en este lapso, 19,337 (40%) pertenecieron al D.F. y 28,992 (60%) a los municipios conurbanos del Estado de México. En este periodo, a diferencia del anterior, la mayor parte del crecimiento urbano se dio en el Estado de México y esta situación ha continuado hasta los años más recientes. (ver tablas 2.3 y 2.4)

De 1980 a 1990 el AUCM se incrementó en 34,408 hectáreas, pasando de 86,514 hectáreas en 1980 a 120,922 hectáreas en 1990. (ver tablas 2.3 y 2.4), es decir, que la mancha urbana de la ciudad de México incrementó su superficie en casi 40% en estos 10 años, siendo este aumento bastante menor, proporcionalmente, que el del periodo anterior (126.6%), considerando que este lapso es de diez años y el anterior de 20 años. Del total de hectáreas que se incorporaron a la mancha urbana en los 80, la inmensa mayoría (74.4%) pertenecieron al Estado de México y el 25.6% restante al D.F.

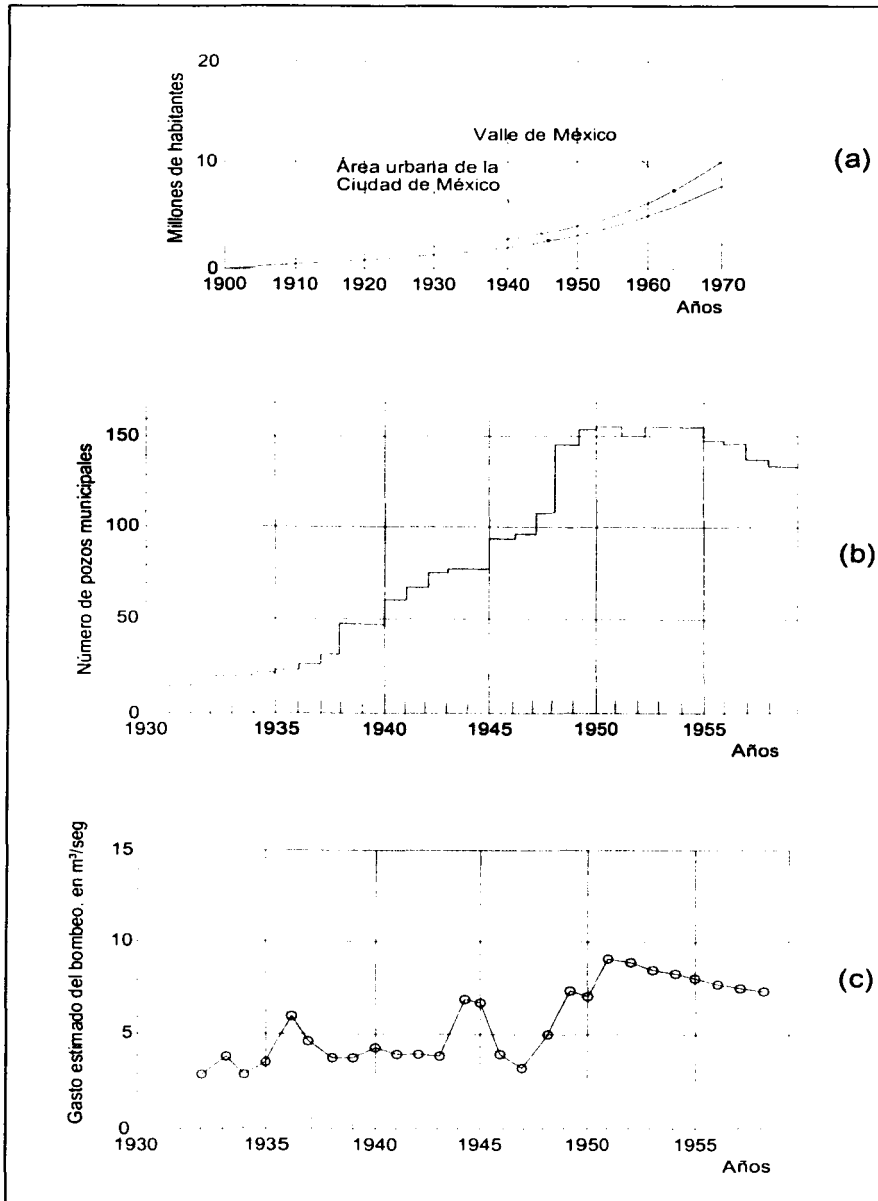
La unidad político administrativa que presentó la mayor tasa de crecimiento de la superficie urbanizada en la década de los 80 fue Chimalhuacán con el 19.4% anual, pero debemos considerar que este municipio creció más durante los 80, aunque figura dentro del AUCM desde 1960 y que, en los años 70, se le quitó una parte importante de su territorio para crear el municipio de Nezahualcóyotl. Es por esta razón que aparece con una tasa de crecimiento negativa en el periodo 1960-1980 y que en el último decenio de análisis aparece con una tasa bastante elevada. Cuautitlán Izcalli, Ecatepec y Nochimilco, fueron las unidades que siguieron en importancia con las tasas de crecimiento más altas (8.8%, 6.9% y 6.4% anual, respectivamente).

## **2.5. Bombeo de agua subterránea.**

Se sabe que por deficiencias de la red de distribución construida a principios de siglo, los propietarios de residencias perforaban pozos para su propio abastecimiento; el número y el caudal de agua que extraían son desconocidos. Desde 1930 se intensificó esta explotación, al poner el DDF en servicio pozos municipales, para suplir el déficit de la demanda de agua a medida que aumentaba el número de habitantes en la Ciudad. La figura 2.5 presenta en la gráfica (a) el crecimiento de la población de 1900 a 1970. La gráfica (b) es indicativa del desarrollo de pozos municipales a partir de 1930; es notorio el incremento en 1948, que se requirió para suplir los retrasos en la construcción del Acueducto de Lerma. La veda impuesta en 1953, al demostrarse que el bombeo es la causa principal del hundimiento, frena la explotación de los acuíferos dentro del área urbana.

El año de 1960 se puede marcar como la frontera en que se inició la supervisión y disminución de la extracción de agua en el centro de la ciudad y el inicio de la extracción de agua en el sur. (Nochimilco - Chalco).

En total se han perforado 959 pozos; de ellos, 588 están en operación y 371 no funcionan.



**Figura 2.5. Crecimiento de la población, pozos municipales y gastos de agua bombeada del subsuelo.**

No existen datos confiables sobre el caudal que se bombea del subsuelo y su evolución en el pasado. De los pozos particulares que existieron y los que actualmente operan, la información es aun más pobre. En 1954 se hizo un muestreo de los pozos municipales y mediante aforos se estimó que el caudal extraído era del orden de  $8 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Con objeto de conocer su variación en el periodo 1933-58, se estableció una correlación aproximada con los gastos de agua negra en el Gran Canal. Los resultados así obtenidos se grafican en la figura 2.5 (c), destacando el notable incremento en el lapso 1948-52.

En la actualidad es necesario conocer la variación de la profundidad de los niveles de agua, ya que estos presentan una constante modificación dependiendo del grado y forma de explotación a que se encuentran sujetos. El conocimiento de los niveles de agua ha permitido conocer la variación de los volúmenes almacenados, así como los efectos colaterales ocasionados por el bombeo de agua subterránea, principalmente los hundimientos del terreno. La DGCOTI programó la medición de los niveles para el año 2000, tanto en el Distrito Federal como en los valles de Chalco y Texcoco, estas mediciones son parte del balance geohidrológico del acuífero y también auxiliar para el estudio de los asentamientos del terreno. Una vez medida la profundidad al nivel estático en los pozos de la red piezométrica de la zona metropolitana de la ciudad de México fue comparada con la registrada en años anteriores. Se configuró la profundidad, la elevación y la evolución del nivel estático. Se efectuó un balance del agua subterránea para los tres sistemas de acuíferos denominados: Ciudad de México, Chalco y Texcoco.

Los resultados del balance indican que el drenado vertical de las arcillas que recarga al acuífero fue de  $1.78 \text{ m}^3/\text{seg}$  para el acuífero de la ciudad de México;  $2.46 \text{ m}^3/\text{seg}$  para el acuífero de Texcoco y;  $0.58 \text{ m}^3/\text{seg}$  para Chalco. La entrada por flujo subterráneo fue de  $9.41$ ,  $5.64$  y  $5.05 \text{ m}^3/\text{seg}$  respectivamente y la extracción por bombeo alcanzó  $11.73$ ,  $8.63$  y  $6.03 \text{ m}^3/\text{seg}$  para los tres sistemas antes mencionados. Se calculó la sobreexplotación a que se encuentra sujeto cada acuífero, la cual resultó de  $25\%$ ,  $53\%$  y  $19\%$ , para la ciudad de México, Texcoco y Chalco respectivamente.

En el año de 1985, el nivel del agua subterránea en Texcoco se encontraba a 5 m de profundidad, mientras que en el año 2000, se encuentra a casi 40 metros de profundidad. En el Aeropuerto Internacional de la ciudad de México, el nivel se encontraba a 20 m de profundidad en 1985 y a 45 m en el 2000.

En la figura 2.6 se muestra la evolución del nivel estático en el Distrito Federal en el periodo 1985-1996, en el cual en algunas zonas es de hasta 14 m en este periodo.

La evolución del nivel del agua subterránea para el periodo 1985-1996, muestra evoluciones negativas o abatimientos de hasta 10 m en el área de Iztapalapa. La mayor parte de la ciudad de México, entre el Centro Histórico y Coapa, los abatimientos han sido de entre 10 y 14 m. El abatimiento para el periodo considerado disminuye hacia el área de Azcapotzalco entre 2 y 8 m, ya que durante algunos años se manifestó un ascenso en los niveles debido a la suspensión del bombeo en la refinería de Azcapotzalco.

En la figura 2.7 se observa dicha recuperación del nivel estático en el periodo 1994-1996, además de los abatimientos que han sido mayores a 1 m en otros lados.



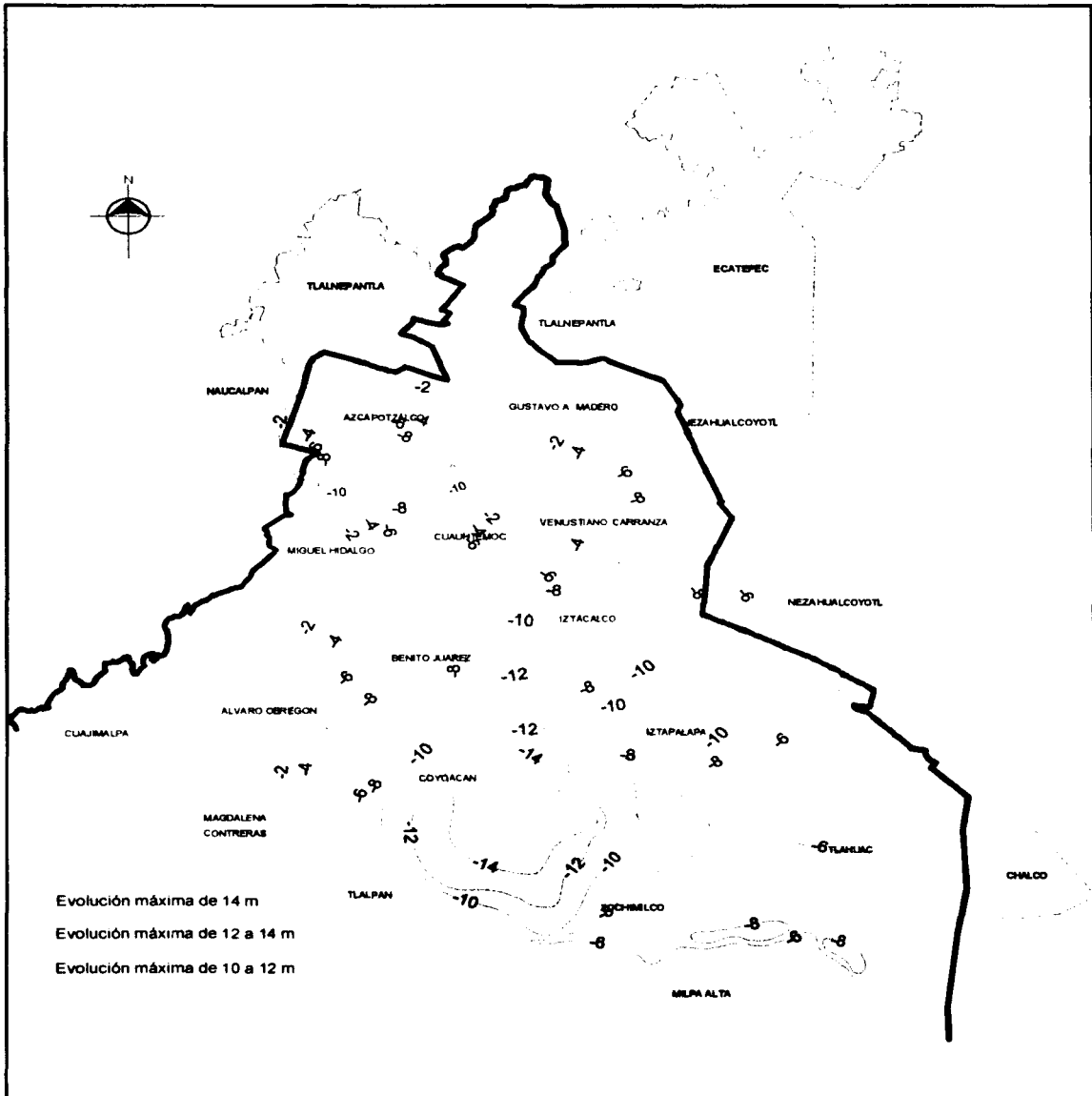


Figura 2.6. Evolución del nivel estático, periodo 1985-1996.

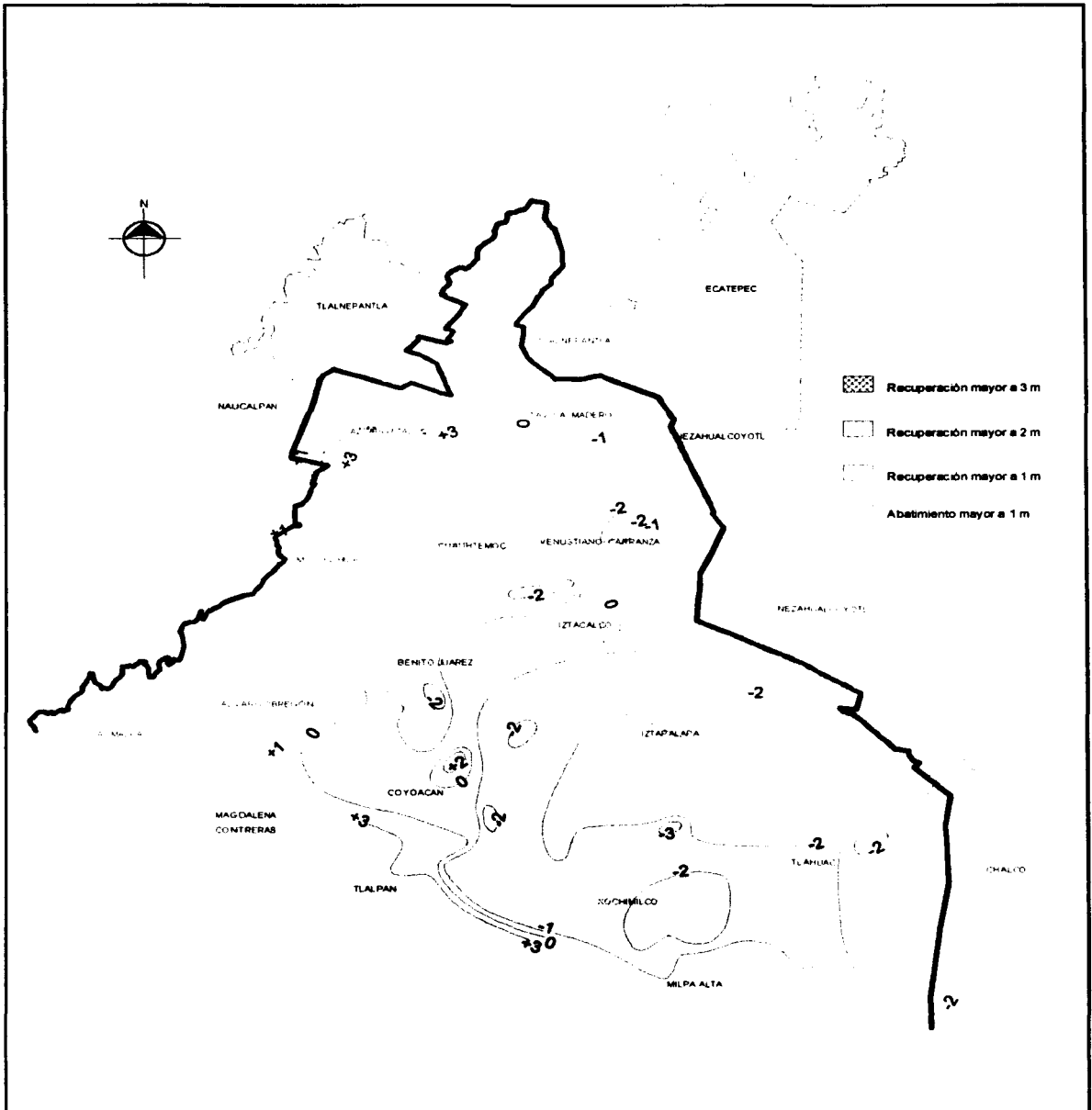


Figura 2.7. Evolución del nivel estático periodo 1994-1996.

### **3. MEDICIÓN DEL HUNDIMIENTO POR MEDIO DE BANCOS DE NIVEL EN LA ZONA SUR - PONIENTE.**

#### **3.1. Aspectos generales.**

Los edificios que se construyeron durante la época de la colonia y los primeros años del siglo pasado, no estuvieron referidos a un banco o plano de comparación único. Se sabe que en 1856, se convino en aprobar como referencia común un plano que pasaba 10 m debajo de la Tangente Inferior del Calendario Azteca (TICA), localizado entonces en la base de la torre oeste de Catedral. Al iniciarse la planeación de las obras de desagüe de la Capital, en 1876, levantaron un plano del lago de Texcoco, según el cual, su fondo tenía la cota 5.57 m respecto al banco TICA. Este dato es confirmado por la nivelación realizada en marzo de 1877, con una diferencia de  $\pm 2$  cm. De 1898 a 1905, a fin de facilitar los trabajos en el interior de la Ciudad, instalaron una serie de azulejos con acotaciones  $\pm 10$  y  $\pm 11$ , muchas de las cuales se conservan hasta el presente en edificios antiguos, como se observa en la figura 1.3. Se sabe que a fines del siglo pasado y con motivo de las obras del desagüe general, se estableció una referencia asentada sobre roca, en Atzacualco, a la cual correspondió la cota 12.35 m respecto al plano de comparación adoptado en 1856. La Dirección de Geografía tuvo que desplazar este banco a un punto cercano, construyendo un monumento de concreto como se muestra en la figura 3.3 ya que el antiguo estaba a punto de destruirse. El nuevo banco tuvo dos placas: la superior, 1.64 m arriba de la primitiva referencia de Atzacualco, y la inferior a 0.94 m. De acuerdo con nivelaciones respecto al mar, la dirección de Geografía asigna a cada una de ellas en 1937, las cotas 2244.39 y 2243.70 m, respectivamente; de modo que, el antiguo banco de Atzacualco estaba a la Elev. 2242.75 m.

La Comisión hidrográfica tenía otro banco fijo al pie del cerro de Chapultepec (CH), junto al monumento a los Niños Héroeos; su cota respecto al plano  $+ 10.00$  (TICA) era de 16.08 m, en 1898.

A raíz de la construcción del Palacio de las Bellas Artes, entre 1905 y 1911 se realizaron varias nivelaciones apoyadas en los bancos CH y TICA, lo cual ha permitido conocer los hundimientos de la Catedral en ese período. Posteriormente y hasta 1937, no existe ninguna información. A partir de 1937 la Dirección de Geografía niveló periódicamente circuitos de la Ciudad, tocando bancos instalados en cerros como el de Atzacualco, Chapultepec, La Estrella, etc.

Con objeto de reconstruir la historia del hundimiento, personal de los laboratorios de Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V., realizo en octubre de 1950, nivelaciones topográficas para ligar las referencias instaladas por la Comisión Hidrológica y por la Dirección de Geografía, resultando que la acotación +10.00 m del banco TICA, en 1898, tenía la Elev. 2240.40 m a partir de Chapultepec (cota 16.08 m) y la Elev. 2240.49 m, según el antiguo monumento de Atzacualco (cota 12.35 m). De los dos datos, se adoptó el primero, por la simple razón de que el error de la medición es probablemente menor; por otra parte, una diferencia de 9 cm no tiene mayor trascendencia dada la magnitud de los hundimientos registrados.

La tabla 3.1 muestra la información descrita anteriormente dividida en periodos típicos del fenómeno y la velocidad media respectiva. Es interesante destacar la notable aceleración del hundimiento en el lapso 1948 - 1957 y la disminución del proceso a partir de 1952, el cual ha variado paralelamente al crecimiento poblacional expuesto ya en el subcapítulo 2.3, y en la década de 1960 a 1970 ocurre a razón de 7.0 cm/año. El hundimiento medio en La Traza Central de 1891 a 1970 es de 6.26 m.

<i>Periodo de nivelación</i>	<i>Hundimiento medio, en m</i>	<i>Velocidad media en hundimiento, en cm/año</i>
1891 - 1938	2.12	4.5
1938 - 1948	0.76	7.6
1948 - 1950	0.88	44.0
1950 - 1951	0.46	46.0
1951 - 1952	0.15	15.0
1952 - 1953	0.26	26.0
1953 - 1957	0.68	17.0
1957 - 1959	0.24	12.0
1959 - 1963	0.22	5.5
1963 - 1966	0.21	7.0
1966 - 1970	0.28	7.0

Hundimiento total = 6.26 m

**Tabla 3.1. Velocidad del hundimiento en la traza.**

La importancia de tener un registro del hundimiento del subsuelo así como sus consecuencias y poder prever algunos problemas, marcó la necesidad para que la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica a partir de 1976 implementara una red de bancos de nivel que son puntos referidos al banco de nivel de Atzacualco considerando su elevación de 2248.0078 msnm.

Existen algunos bancos antiguos que se siguen nivelando y por ello se les llaman bancos característicos de los cuales se muestra su ubicación en la figura 3.1 y en la tabla 3.2 se muestran sus características de hundimiento.

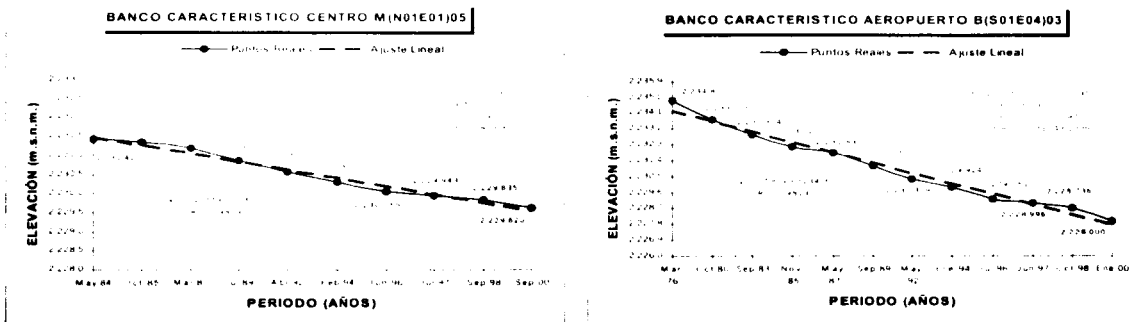


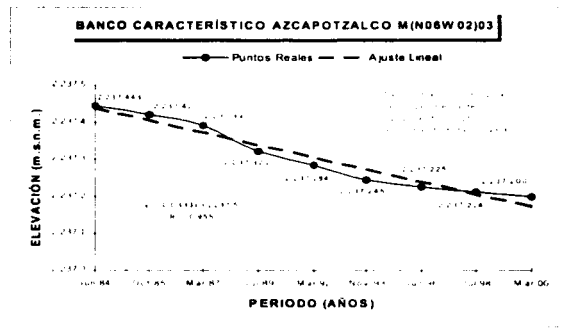
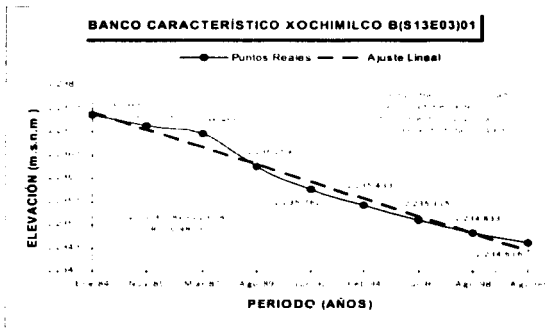
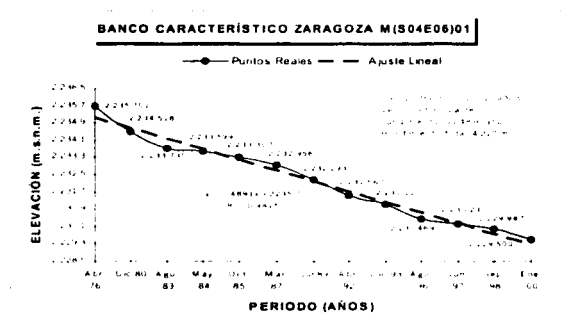
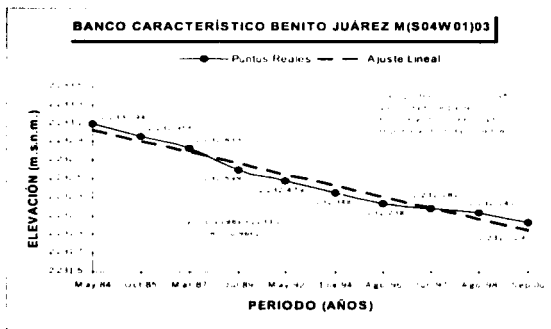
**Figura No. 3.1. Ubicación de bancos de nivel característicos de la ciudad de México**

RESUMEN DE HUNDIMIENTOS EN LOS BANCOS CARACTERÍSTICOS		
PERIODO 1983-2000		
ZONA	HUNDIMIENTO TOTAL (m)	HUNDIMIENTO MEDIO ANUAL (m/año)
1. AEROPUERTO	4.615	0.271
2. ZARAGOZA	4.212	0.248
3. NOCHIMILCO	2.749	0.172
4. CENTRO	1.803	0.113
5. BENITO JUÁREZ	1.065	0.066
6. AZCAPOTZALCO	0.243	0.015

Tabla 3.2. Hundimientos en los bancos característicos.

A continuación se presenta gráficamente el comportamiento de los bancos característicos de la ciudad de México, como se observa en las gráficas los hundimientos se comportan de acuerdo a sus espesores de arcilla los cuales se muestran en la figura 2.4, además las gráficas contienen una línea de tendencia, así se puede observar que las zonas del Oriente son las que presentan mayor hundimiento, en cambio la zona Poniente (Azcapotzalco) tiende a estabilizarse.





Desde 1983 cada dos años se han realizado nivelaciones en los bancos de la red implementados por la DGCOH, a partir de 1992 estas nivelaciones son diferenciales de alta precisión y de primer orden clase I, según las normas técnicas publicadas en el Diario Oficial el 29 de marzo de 1985, se llevó a cabo una depuración de bancos que se encontraban duplicados e incluso mal ubicados, con lo cual quedó actualizada la red de bancos. Actualmente la dependencia cuenta con una ficha técnica que corresponde a cada banco de nivel.

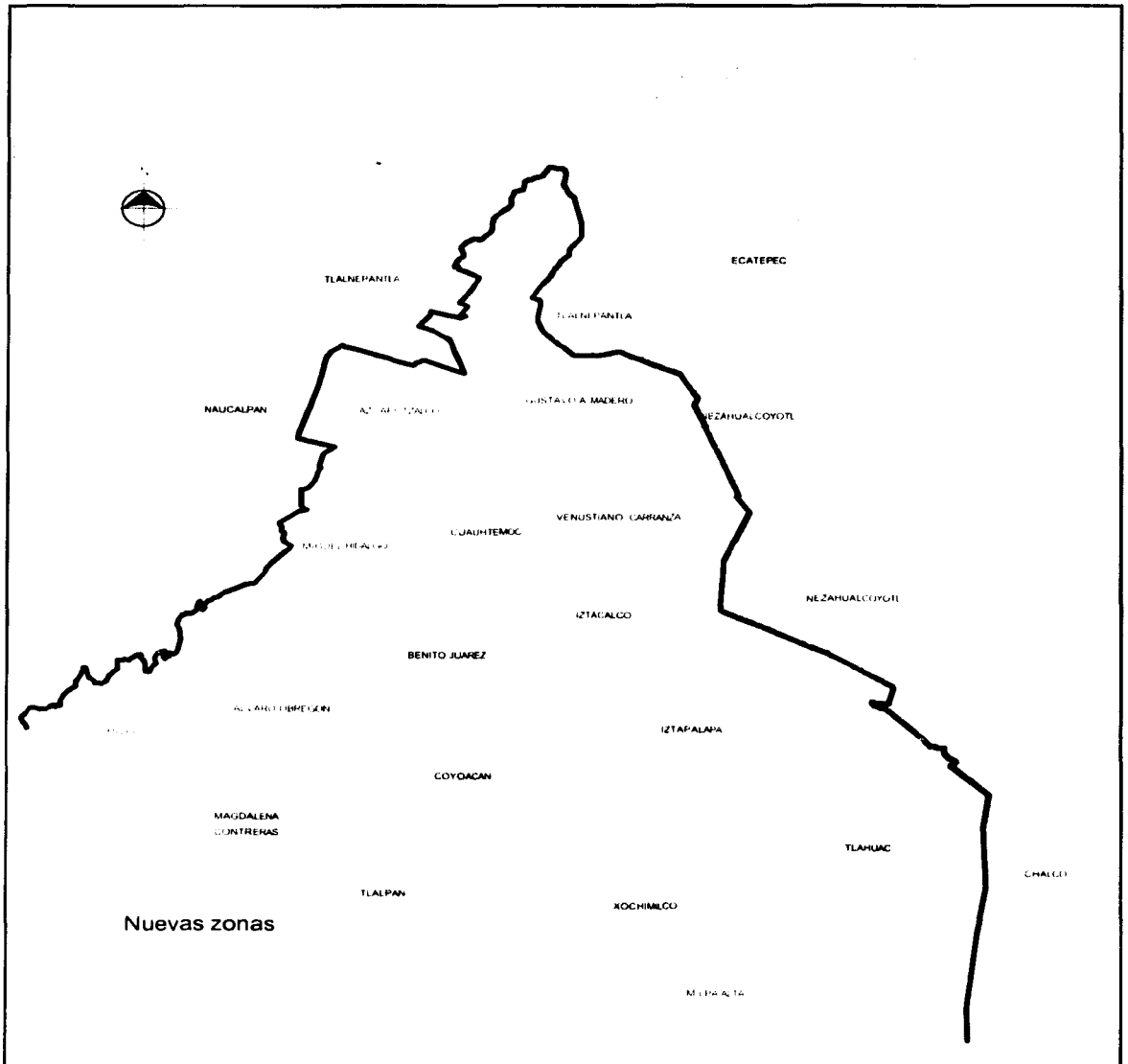
La red de bancos de nivel implantada por la DGCOH, actualmente está conformada por 1,502 km de recorrido aproximadamente en prácticamente todo el Distrito Federal y parte de la zona conurbada.



A partir de 1996 se incluyeron los bancos cercanos a los ejes de la red que nivela la Comisión Nacional del Agua (CNA), los cuales se encuentran dentro del Distrito Federal; asimismo se implementaron bancos en las zonas conurbanas de Chalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Nezahualcóyotl (figura 3.2), con la finalidad de observar el hundimiento del área próxima al D.F. y de gran parte de la zona susceptible a hundimiento. La red de bancos de nivel con que se cuenta actualmente en la DGCOH es de 2,174 puntos de referencia, los cuales se clasifican de acuerdo al punto donde se ubican y a la forma como se implantaron, así tenemos en la siguiente tabla su clasificación:

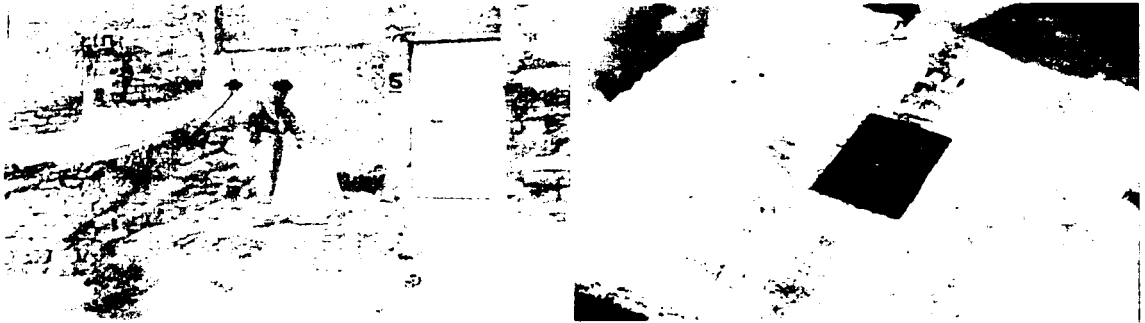
<b>TIPO DE BANCO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Bancos Fijos	10
Bancos Profundo	24
Bancos Ordinarios	1,094
Bancos Maestros	327
Bancos en Pozos	304
Bancos CNA	382
Mojoneras	33
<b>Total</b>	<b>2,174</b>

**Tabla 3.3. Resumen de los tipos de bancos de nivel existentes.**



*Figura 3.2. Zonas de implantación de nuevos bancos de nivel.*

Los bancos fijos son los que se ubican en formaciones geológicamente estables y se considera que no sufren de hundimientos.



*Figura 3.3 Vista Panorámica y de detalle del Banco de Nivel Atzacotalco.*

Los bancos profundos están sobre tubos hincados en formaciones más estables que las arcillas en las capas duras del subsuelo, por lo que sus hundimientos son menores que en los bancos superficiales.



*Figura 3.4 Vista Panorámica y de detalle de un banco profundo.*

Los bancos ordinarios son generalmente placas circulares de bronce, que se encuentran dispersas por las calles de la ciudad empotradas en las banquetas y niveladas a partir de los bancos maestros que se distribuyen a lo largo de los ejes maestros, dos de los cuales dividen en cuatro zonas al Distrito Federal, y van de norte a sur como de poniente a oriente.



**Figura 3.5 Placa de bronce de la DGCCH correspondiente a un banco ordinario.**

Los bancos de pozos son referencias que se hallan dentro de las instalaciones en pozos, ya sea como clavos o placas; los bancos de la Comisión Nacional del Agua, se adoptan y se encuentran distribuidos en calles del Distrito Federal, generalmente son placas rectangulares de aluminio. Las mojoneras son monumentos de concreto con una varilla al centro, los cuales se implementan en áreas donde se carece de traza urbana, como las zonas chinamperas de Nochimilco y Tláhuac.



**Figura 3.6 Vista de detalle de una Mojonera de concreto.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Debido al hundimiento del terreno es necesario que las nivelaciones se hagan en el menor tiempo posible con la finalidad de lograr que el hundimiento regional no afecte a los bancos de nivel ya que unos bancos son más susceptibles que otros al hundimiento, por esta razón la DGCOH dividió la red de bancos de nivel en cuatro zonas.

En general la forma de llevar a cabo las nivelaciones de acuerdo con la normatividad vigente, es la siguiente:

- 1) Primero se nivelan los ejes maestros poniente y oriente, partiendo con dos brigadas de topografía al mismo tiempo del banco de nivel Atzacualco que tiene la clave M(N05E03)2 y una elevación de 2,245.0078 m.s.n.m., teniendo que cerrar en el banco de Xochitepec con clave M(S14E01)3 y elevación de 2300.428 m.s.n.m. para así formar un circuito (ver figura 3.7) el cual debe cumplir con la normatividad al cierre.
- 2) Una vez cerrado dicho circuito se inician los trabajos de nivelación de las cuatro zonas en que se divide el Distrito Federal a un mismo tiempo para que al cierre de los circuitos de todas las zonas no sean afectadas por el hundimiento medio respecto al tiempo pues hay zonas muy compresibles que en periodos muy cortos cambian sus elevaciones.

La zona Sur Poniente del Distrito Federal a la que hace referencia el proyecto se ubica entre las coordenadas geográficas  $99^{\circ}10'$  y  $99^{\circ}22'$  longitud Este y los  $19^{\circ}6'$  y  $19^{\circ}22'$  latitud Norte; se caracteriza por ser la zona más alta del Distrito Federal. Esta zona presenta una topografía muy accidentada y de fuertes pendientes en sentido Nororiente.



### **3.2. Metodología de los trabajos.**

A continuación se describirán las principales actividades que se ejecutaron en los trabajos topográficos de nivelación de precisión en la zona Sur-Poniente del Distrito Federal, tanto en campo como en gabinete.

Con la finalidad de documentar el trabajo por realizar, se inició una búsqueda y análisis de la información que sirviera de referencia al estudio considerando los trabajos anteriormente ejecutados, durante dicha actividad se obtuvo los planos de recorrido de los bancos de nivel del año 1998, con ellos se realizó una relación de los bancos en cuestión para posteriormente presentarla en la oficina de la Unidad Departamental de Planes Maestros con el fin de obtener una copia fotostática de la ficha técnica de cada uno de los bancos, dicha ficha consta de cuatro hojas que se describen con detalle en el subcapítulo 4.5. y que son: croquis de localización, fotografía, datos estadísticos y gráfica de evolución de hundimientos.

El análisis de la información consistió en identificar en la hoja de datos estadísticos el sentido de los trabajos de la última nivelación y compararlo con el sentido de recorrido que se indica en los planos, y cuando se diera el caso de que no coincidieran se propuso al personal de la supervisión las modificaciones que se consideraran en el caso y que fueran aprobadas en su momento.

En los planos de recorrido se realizó el conteo de bancos y medición a escala de cada uno de los tramos que conforman los circuitos y las radiaciones, con la finalidad de verificar las cantidades a nivelar.

Antes de iniciar los trabajos de nivelación se realizan los recorridos para localización e identificación de los bancos de nivel, estos recorridos se hacen utilizando los planos previamente autorizados por la supervisión, paralelamente se va llenando el formato 1

descrito en el subcapítulo 3.4, donde se plasman las condiciones en que se encuentra el banco, además de que se sigue el sentido de recorrido indicado en el plano.

Como ya se mencionó anteriormente en algunos pozos existen bancos de nivel oficiales representados por una placa de bronce, mientras que en otros existe un clavo Hilti; por lo anterior se presentó una relación de bancos existentes dentro de pozos municipales y a los cuales no se tuvo acceso, esto con el propósito de que la supervisión tramitara el acceso.

La actividad que precede a los trabajos topográficos es la de reposición de placas de bancos de nivel, que consiste en colocar placas de bronce en los bancos que requieran reposición, se deben ubicar en el mismo sitio o próximo a este. En la tabla 3.4 se presenta la lista depurada de los bancos que requirieron reposición misma que se presentó mediante oficio a la supervisión para su autorización.

Antes de colocar las placas se grabó la clave agregando al final la leyenda "R-00", el grabado de las placas fue por medio de letras y números de golpe de 6 mm. Las placas se colocaron preferentemente en las guarniciones de las banquetas, fijándolas con una mezcla de cemento arena de resistencia  $f_c = 150 \text{ kg cm}^2$ , finalmente se tomaron las fotografías (figura 3.8) que serán integradas en las fichas técnicas correspondientes.



*Figura 3.8 Fotografías que integran las fichas técnicas de cada banco de nivel (panorámica y de detalle)*



No.	No. de Circuito	Clave del Banco	Observaciones
1	C-63	B(S05W09)3	Repuesta
2	C-63	B(S07W09)2	Repuesta
3	C-63	B(S05W08)4	Repuesta
4	C-58	B(S07W06)1	Repuesta
5	C-58	B(S09W10)2	Repuesta
6	C-58	B(S09W09)1	Repuesta
7	C-54	C(S08W05)2	Repuesta
8	C-54	M(S08W06)3	Repuesta
9	C-54	B(S08W06)1	Repuesta
10	C-56	B(S11W06)1	Repuesta
11	C-53	B(S13W05)2	Implantada
12	C-48	B(S11W03)3	Repuesta
13	C-37	P(S11E01)2	Repuesta
14	C-103	P(S09E01)26	Repuesta
15	C-104	P(S09E01)10	Repuesta
16	C-59	B(S07W07)2	Repuesta
17	C-50 y C-51	B(S16W02)3	Repuesta
18	C-51	B(S16W03)1	Repuesta
19	C-51	B(S16W03)3	Repuesta
20	C-11	C(S06W03)3	Repuesta
21	C-60	P(S04W04)4	Repuesta
22	C-7	P(S06E01)5	Repuesta
23	C-66	P(S06W03)1	Repuesta
24	C-66	B(S06W03)4	Repuesta
25	C-59	P(S06W04)1	Repuesta
26	C-66	P(S07W03)1	Repuesta
27	C-9 R-607	P(S07W03)2	Repuesta
28	C-9 R-605	P(S08W02)1	Repuesta
29	C-9 R-606	P(S08W04)1	Repuesta
30	C-54 R-627	P(S08W05)4	Repuesta
31	C-38	P(S09E01)27	Repuesta
32	C-103 R-533	P(S09E01)28	Repuesta
33	C-38	P(S09W01)1	Repuesta
34	C-37 R-624	P(S10W01)2	Repuesta
35	C-40 R-647	P(S09W02)1	Repuesta
36	C-39 R-601	P(S11E01)3	Repuesta
37	C-48	P(S11W03)2	Repuesta
38	C-52	P(S11W04)2	Repuesta
39	C-04-A	P(S12E01)1	Repuesta
40	C-48	P(S12W01)1	Repuesta
41	C-48	P(S12W02)2	Repuesta
42	Eje P. Pte. R-538'	P(S13W01)2	Repuesta
43	C-48	P(S13W03)2	Repuesta
44	C-50 R-1	P(S13W03)1	Repuesta

**Tabla 3.4. Relación de placas repuestas e implantadas en la zona sur poniente del D.F.**

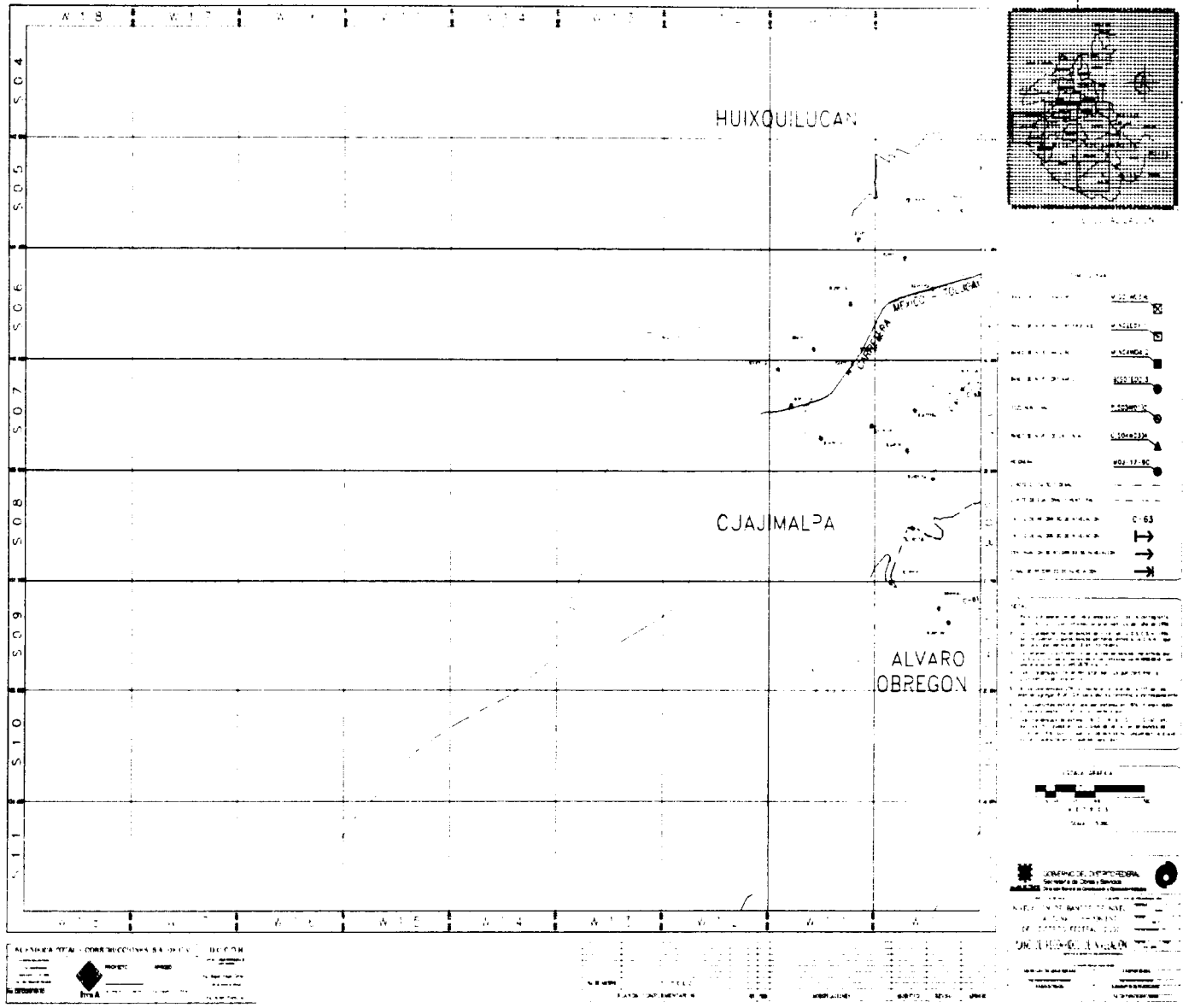
Posteriormente se procede a la actividad de Nivelación de Precisión la cual se describe con detalle en el subcapítulo 3.3.

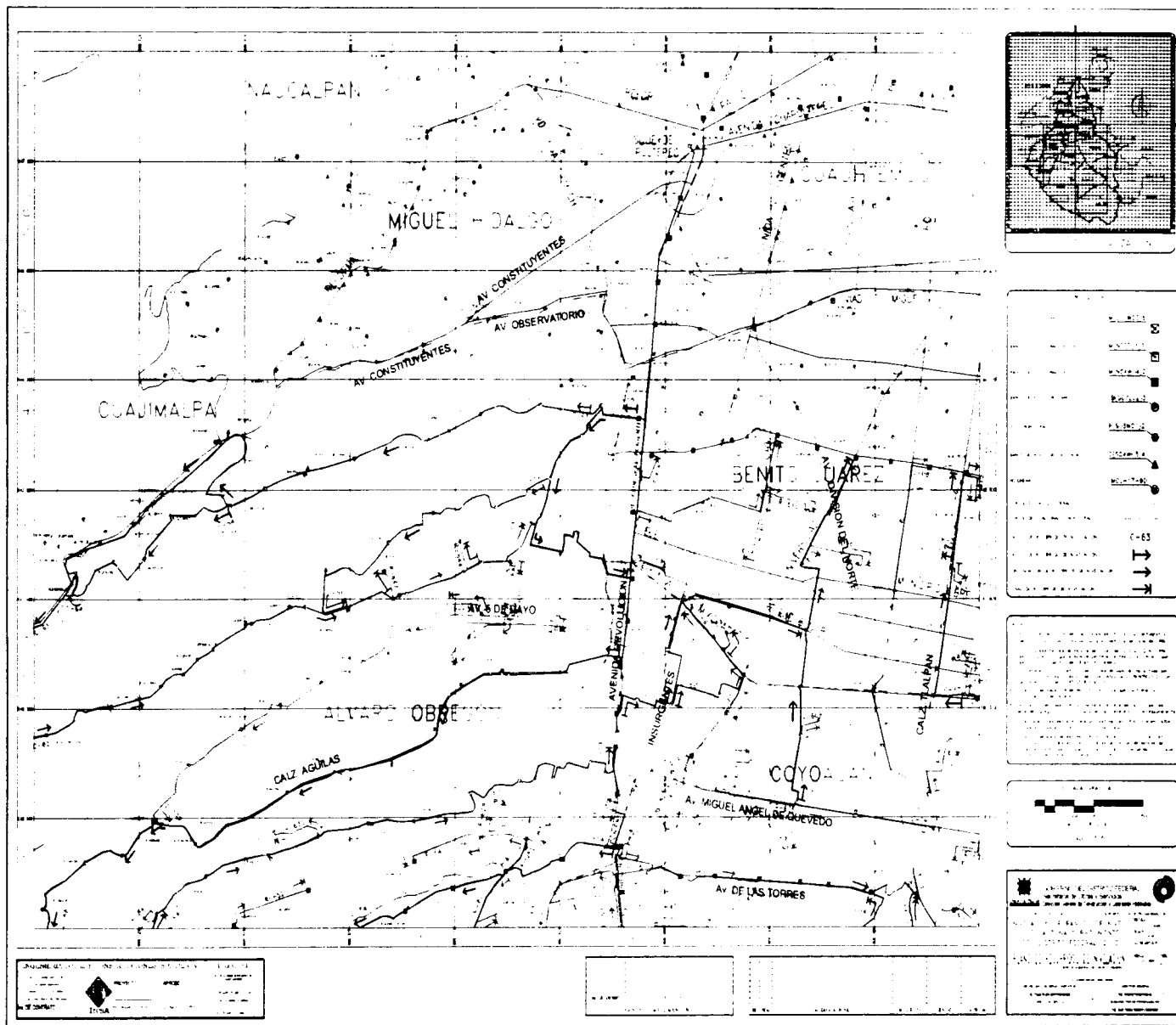
Durante los trabajos de nivelación fue necesario mantener informada de los avances a la supervisión por medio de reportes, haciendo un total de 8 informes semanales, 4 quincenales y 4 mensuales.

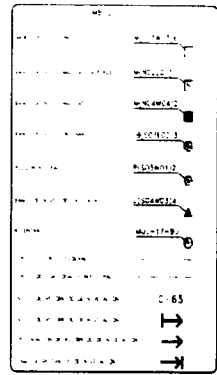
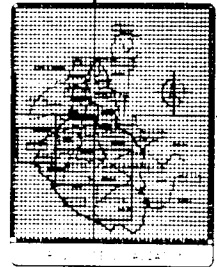
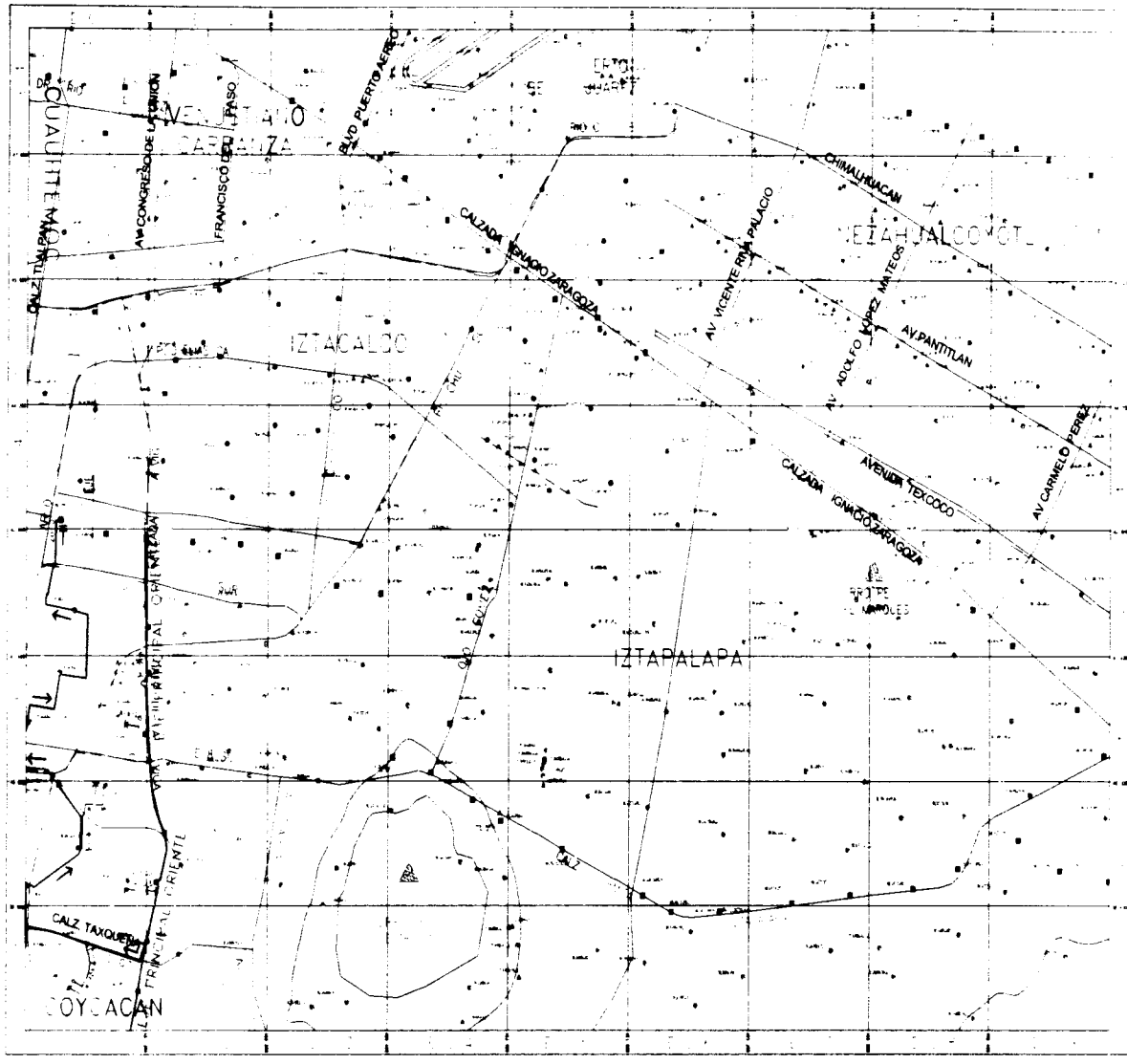
Parte importante de los trabajos de gabinete es la actividad de actualización de la base de datos y fichas técnicas, una vez obtenidas las elevaciones de los bancos, la supervisión nos hizo entrega de las cotas oficiales y aprobadas por la misma supervisión posteriormente se procede a la actualización de la base de datos, cabe mencionar que las cotas oficiales corresponden a los ejes principales nivelados con anterioridad.

Además de lo anteriormente descrito se elaboraron 10 tablas que integran la memoria de cálculo las cuales en el subcapítulo 3.4 se describen con mayor detalle.

Finalmente en gabinete se realizaron las modificaciones a los planos de recorridos en los tramos de circuitos previamente autorizados por la supervisión, a continuación se muestran los cinco planos que involucra la zona Sur-Poniente, que es la de nuestro estudio.







LEYENDA DE SIMBOLOS Y LINEAS

Este documento describe los símbolos y líneas utilizados en el plan de la red vial. Los símbolos representan diferentes tipos de vías y condiciones de tránsito, mientras que las líneas indican la geometría y características de cada vía.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA RED VIAL DEL CENTRO DE LA CIUDAD DE MEXICO

PLAN DE LA RED VIAL

Elaborado por: [Nombre del autor]  
Fecha: [Fecha de elaboración]

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA RED VIAL DEL CENTRO DE LA CIUDAD DE MEXICO

PLAN DE LA RED VIAL

Elaborado por: [Nombre del autor]  
Fecha: [Fecha de elaboración]

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA RED VIAL DEL CENTRO DE LA CIUDAD DE MEXICO

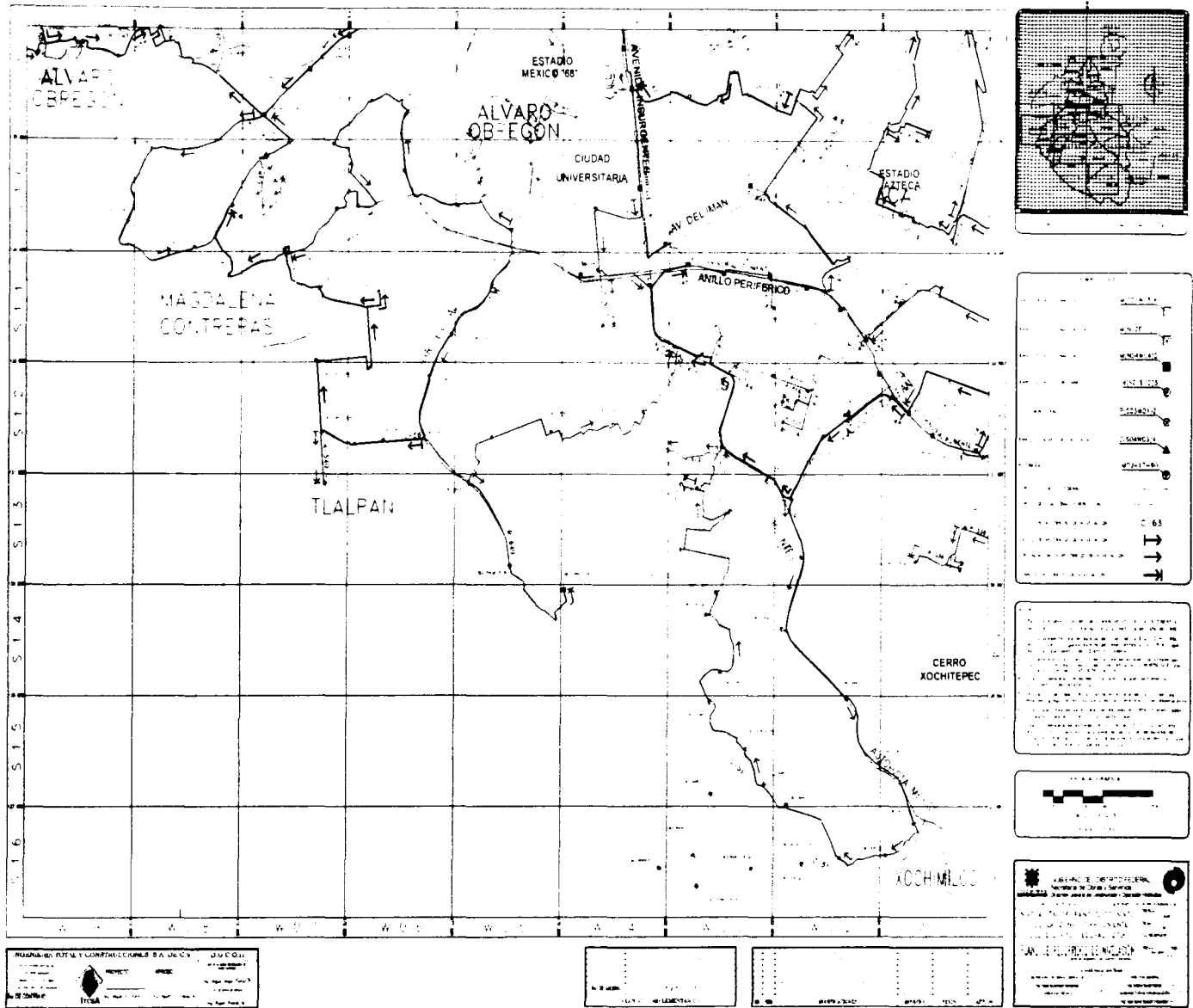
PLAN DE LA RED VIAL

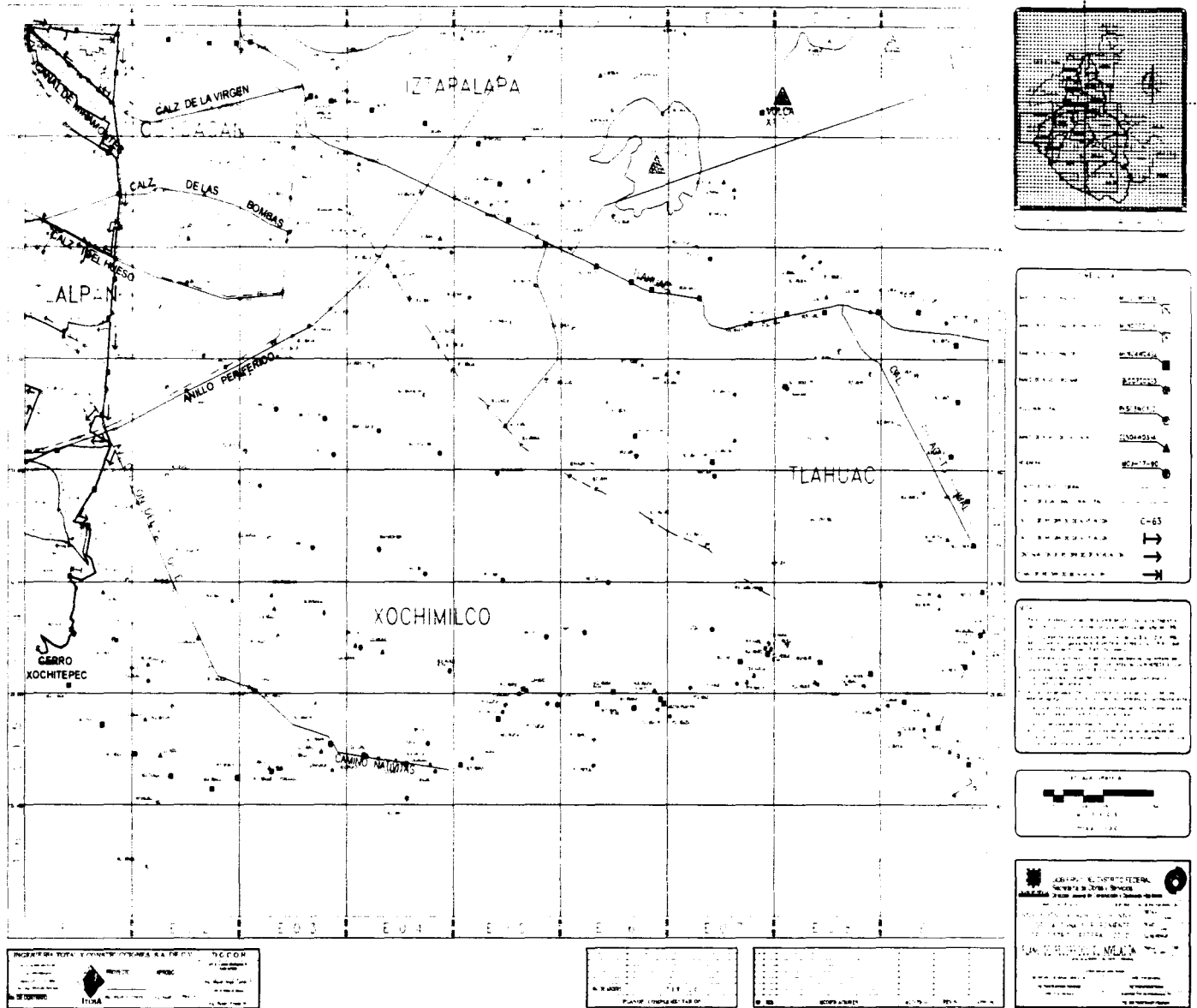
Elaborado por: [Nombre del autor]  
Fecha: [Fecha de elaboración]

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA RED VIAL DEL CENTRO DE LA CIUDAD DE MEXICO

PLAN DE LA RED VIAL

Elaborado por: [Nombre del autor]  
Fecha: [Fecha de elaboración]





### 3.3. Nivelación de bancos.

Antes de dar inicio a la actividad de nivelación de precisión y con la finalidad de garantizar la confiabilidad de los aparatos de nivelación como son niveles y miras, se debe mandar a revisión dichos aparatos al laboratorio topográfico, entregando al personal de la supervisión el certificado original que acredita el buen funcionamiento de todo el equipo a utilizar, así como un listado del mismo equipo indicando todas sus características, además del curriculum vitae del personal, indicando los puestos que ocupan cada uno de ellos, con la finalidad de que durante los trabajos de nivelación no exista improvisación de personal y así garantizar su confiabilidad de los mismos. Para ubicar correctamente las miras de nivelación invar es necesario una base metálica denominada "zapo" (figura 3.11), el cual está constituido por una placa de acero pesada con patas terminadas en punta que permiten la adecuada fijación al piso y en la parte superior de la placa un perno que permite el adecuado posicionamiento de la mira de nivelación invar, y que evita el posible error en las lecturas provocadas por las imperfecciones del suelo donde se realizan los trabajos de nivelación, por lo que cada estadalero deberá utilizar un zapo.

Con la finalidad de proteger al personal de campo durante la ejecución de los trabajos este porto equipo de seguridad como son transiconos, banderolas y chalecos con franjas fluorescentes.

Para que los trabajos se realizaran de forma adecuada, se requirió que estos no se desarrollaran durante las horas de mayor insolación, con la finalidad de evitar el efecto de reverberación, el tiempo que se considera en el que tiene una mayor repercusión este fenómeno es de la 12:00 a las 15:00 hrs, cuando el personal encargado de realizar estos trabajos tuviera la necesidad de efectuarlos dentro de este lapso de tiempo, debió contar con una sombrilla que protegiera totalmente al nivel y la mira, de tal forma que permitiera la realización de los trabajos, con la finalidad de que la reverberación no produzca lecturas erróneas, se evitaron las lecturas en la mira de nivelación invar de 2.0 m inferiores a 50 cm y mayores a 1.90 m, y para miras invar de 3.0 m mayores a 2.90 m, por lo que en caso de



presentarse este tipo de registros en las libretas, los tramos que presentaran estas anotaciones se rechazaban y deberá repetirse la nivelación.

Según la norma vigente antes de dar inicio a los trabajos se realiza una nivelación de chequeo de aparatos y una revisión de brigadas topográficas (figura 3.9) en el estacionamiento Velódromo de la DGC0H, lo anterior se realiza con el propósito de comprobar el estado y precisión de los aparatos, así como la experiencia del personal; este chequeo se realiza cada mes. La nivelación de chequeo consiste en obtener el error de cierre de la nivelación entre dos puntos, se nivela el aparato y se procede a la lectura de la mira de nivelación invar que se localiza en un punto denominado (A) a 20 m y después se obtiene la lectura de la mira de nivelación invar que se ubica en el punto (B) a 40 m en línea recta entre los dos puntos, posteriormente el nivel se cambia de sitio a 20 m del punto (B) y a 40 m del punto (A) en línea recta entre el punto (A) y el (B), se nivela el aparato y se efectúa la lectura de la mira de nivelación invar que se ubica en el punto (B) y posteriormente la mira que se localiza en el punto (A), al proceder con la suma de las lecturas positivas y negativas el error de cierre no será mayor de 20 centésimas de milímetro, esta tolerancia se aplica según DGC0H con la finalidad de determinar la precisión de los trabajos entre banco y banco en un kilómetro dividido a la mitad, en caso de que el error sea mayor que la tolerancia se procederá a efectuar otra nivelación y en caso de que el error persista el topógrafo procederá a ajustar el aparato y repetir los pasos de la nivelación de chequeo.



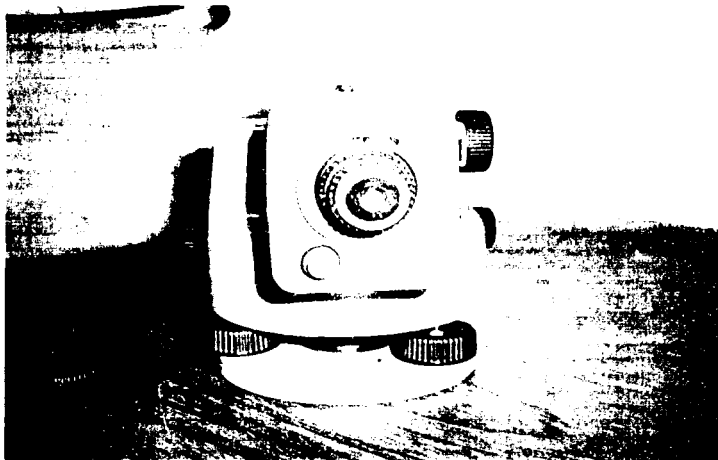
*Figura 3.9 Nivelación de chequeo de aparatos topográficos.*

Para realizar el ajuste del aparato se retira la tapa del ocular principal, en donde se encuentra un tornillo llamado de ajuste o calavera, como se observa en la figura 3.10, el cual se va a ajustar de acuerdo a la desviación que se tenga. Este desajuste del aparato puede ser debido al movimiento por el transporte del mismo.

En caso de que el aparato siga estando mal después de ajustarlo y de tres intentos deberá ser regresado al laboratorio topográfico para una revisión exhaustiva.

Todo lo descrito, durante el chequeo de aparatos es revisado y avalado por la supervisión a cargo, para tales efectos dicha supervisión utiliza los formatos A y B.

Cabe mencionar que antes de iniciar cada jornada de nivelación cada brigada de topografía realizó el chequeo de aparato, quedando registrado con tinta en las libretas autorizadas.



*Figura 3.10 Se observa en la zona del ocular principal el tornillo que sirve para el ajuste del aparato.*

**CONTROL DE EQUIPO TOPOGRÁFICO UTILIZADO EN LOS  
TRABAJOS DE NIVELACIÓN 2000, DE LOS BANCOS DE NIVEL  
IMPLANTADOS EN EL DISTRITO FEDERAL POR LA DGCOH Y  
CNA, EN LA ZONA \_\_\_\_\_**

**NIVELACIÓN DE CONTROL**

**DATOS GENERALES**

EMPRESA:

FECHA:

TOPOGRAFO:

NIVEL MARCA/MODELO:

No. DE SERIE:

PECISIÓN:

PLACA PLANO PARALELA MARCA:

No. DE SERIE:

PECISIÓN:

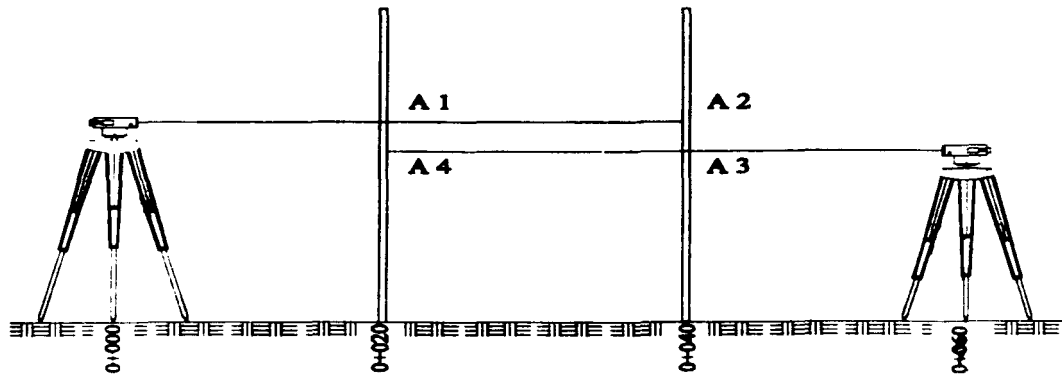
MIRAS DE NIVELACIÓN INVAR MARCA:

No. DE SERIE:

No. DE SERIE:

PRESENTO BASES METALICAS: SI ( ) NO ( )

**ESQUEMA**



$$A1 - A4 = A2 - A3$$

*Formato A. Formato usado por la supervisión para el chequeo de aparatos topográficos.*

**NIVELACIÓN DE CONTROL No. 1 DE \_\_\_\_\_**

LECTURA A1: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A4: \_\_\_\_\_  
 A1-A4: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A2: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A3: \_\_\_\_\_  
 A2-A3: \_\_\_\_\_

ERROR DE HORIZONTALIDAD

(A1-A4) - (A2-A3) = \_\_\_\_\_

**NIVELACIÓN DE CONTROL No. 2 DE \_\_\_\_\_**

LECTURA A1: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A4: \_\_\_\_\_  
 A1-A4: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A2: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A3: \_\_\_\_\_  
 A2-A3: \_\_\_\_\_

ERROR DE HORIZONTALIDAD

(A1-A4) - (A2-A3) = \_\_\_\_\_

**NIVELACIÓN DE CONTROL No. 3 DE \_\_\_\_\_**

LECTURA A1: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A4: \_\_\_\_\_  
 A1-A4: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A2: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A3: \_\_\_\_\_  
 A2-A3: \_\_\_\_\_

ERROR DE HORIZONTALIDAD

(A1-A4) - (A2-A3) = \_\_\_\_\_

**NIVELACIÓN DE CONTROL No. 4 DE \_\_\_\_\_**

LECTURA A1: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A4: \_\_\_\_\_  
 A1-A4: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A2: \_\_\_\_\_  
 LECTURA A3: \_\_\_\_\_  
 A2-A3: \_\_\_\_\_

ERROR DE HORIZONTALIDAD

(A1-A4) - (A2-A3) = \_\_\_\_\_

**TOLERANCIA =  $\pm$  0.0002 m**

**RESULTADO**

( ) El error de horizontalidad de la línea de puntería de nivel se encuentra dentro de la tolerancia especificada. Por lo que este aparato puede emplearse en la nivelación de bancos de nivel

( ) El error de horizontalidad de la línea de puntería de nivel NO se encuentra dentro de la tolerancia especificada. Por lo que este aparato NO puede emplearse en la nivelación de bancos de nivel

**OBSERVACIONES**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**REVISO**

**EMPRESA**

FIRMA  
 NOMBRE

FIRMA  
 NOMBRE

*Formato B. Formato usado por la supervisión para el chequeo de aparatos topográficos.*

La nivelación entre bancos se realiza considerando las rutas preestablecidas, en nivelaciones anteriores, ya que se requiere garantizar que los desniveles entre bancos no alteren los cierres de circuitos, los circuitos deben estar ligados a los ejes maestros o principales o a partir de bancos comunes a otras zonas con la finalidad de poder checar entre las diferentes zonas o ejes previamente avalados por la supervisión.

La nivelación para la zona Sur-Poniente es de 290 km, con 400 bancos y la nivelación diferencial es de primer orden clase I, que se aplicó a los tramos entre dos bancos tal como esta representado en los planos y además empleando el procedimiento de recorrido de ida y vuelta permitiendo una tolerancia de:

$$T = \pm 2\sqrt{k}$$

Donde:

$T$  esta expresada en milímetros

$k$  es el desarrollo de la nivelación expresada en kilómetros en un solo sentido

La nivelación se hace por tramo comprendido entre dos bancos, se calcula el error de cierre para cumplir con la tolerancia anterior. Continuando con los tramos hasta completar el circuito, se calcula el error de cierre de todo el circuito mediante la siguiente formula:

$$T = \pm 4\sqrt{k}$$

Donde:

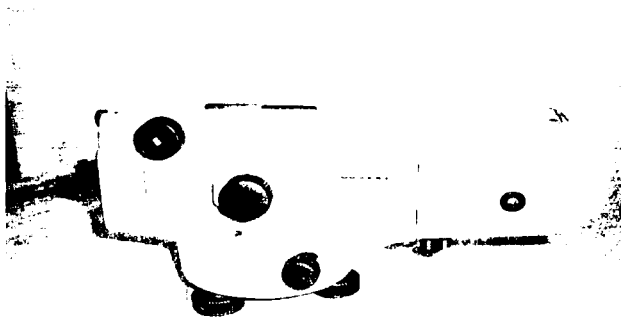
$T$  esta expresada en milímetros

$k$  es el desarrollo de la nivelación expresada en kilómetros en un solo sentido

Si el circuito entra en tolerancia el personal de la supervisión podrá proporcionar cotas oficiales.

Los cálculos anteriores se realizan en el formato 2 de la memoria de cálculo.

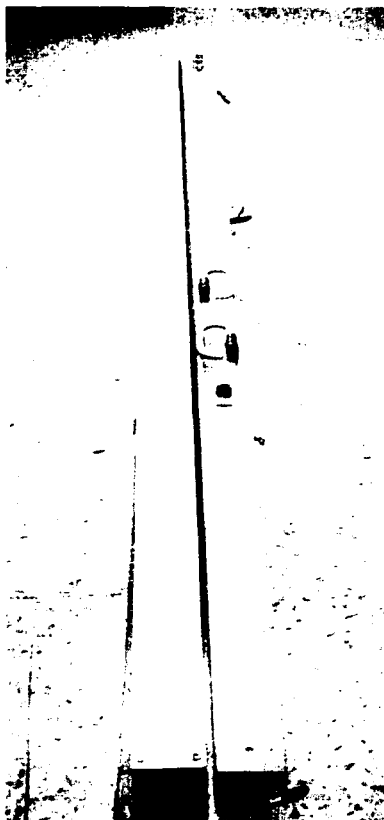
Para estos trabajos de nivelación de primer orden clase I, se requirió del empleo de equipo específico como es un nivel automático universal modelo NA2 marca Wild (figura 3.11), cuyas características de precisión es de  $\pm 0.7mm$  por kilómetro, además para obtener la precisión deseada se utiliza una placa plano paralela GPM3 (figura 3.11), con lo cual se logran lecturas directas a un décimo de milímetro y estimaciones a una centésima de milímetro en el micrómetro, para efectuar las lecturas anteriores se requirió de dos miras de nivelación invar (figura 3.13) con nivel esférico integrado; para ubicar correctamente las miras de nivelación invar es necesario una base metálica denominada “sapo” (figura 3.12).



*Figura 3.11 Nivel NA2 con placa plano paralela.*



*Figura 3.11 Parte inferior de una MIRA invar apoyada en un soporte (sapo).*



*Figura 3.13 Miras invar.*

### **3.4. Memoria de cálculo.**

Conforme al desarrollo de los trabajos de campo se fueron realizando en gabinete los formatos que conforman la memoria de cálculo y que se muestran posteriormente a las descripciones de ellos.

#### ***Formato 1 (Reporte de recorridos de reconocimiento).***

Esta tabla es una relación de bancos por circuitos donde el orden en que se muestran las claves de los bancos indica la dirección y sentido en que se realizará la nivelación y al mismo tiempo se reporta el estado físico en que se encuentran los bancos y sus principales anomalías.

#### ***Formato 2.***

Es una relación de bancos por circuitos muy importante ya que en ella se reportan los resultados de los trabajos de nivelación, como son: Distancias parciales entre banco y banco y acumuladas por circuito, desniveles de ida, regreso y promedio, las distancias sirven para obtener las tolerancias como lo señala el subcapítulo anterior, los desniveles de ida y regreso servirán para obtener el error de cierre, el cual se compara con la tolerancia y si es mayor que esta se acepta, posteriormente entonces la supervisión entrega la cota del banco de partida y el de llegada, siempre que estos pertenezcan a los ejes principales. En lo que respecta al desnivel promedio, este llevará siempre el signo del desnivel de ida, para después ser sumado o restado en la última columna ("Cota"), finalmente se hace la diferencia entre la cota de llegada proporcionada por la supervisión y la obtenida, si la diferencia es menor que la tolerancia, se dice que el circuito cerro y entonces queda aceptada la nivelación de este.



**Formato 3.**

Es un resumen del formato 2, ya que presenta además de la relación de bancos por circuitos en el orden que fueron nivelados, distancias parcial y total, el desnivel promedio, las claves y elevaciones de los bancos de partida y llegada, las nuevas elevaciones correspondientes al año 2000 y observaciones como el año en que fue repuesta la placa, si es el caso.

**Formato 4 (relación general de los bancos de los circuitos).**

En este formato se tiene una relación general ordenando alfabéticamente las claves de los bancos y agregando un número de folio proporcionado por personal de la supervisión, además se adiciona la cota 2000, fecha de nivelación del banco, número de circuito y de radiación si ese fuera el caso.

**Formato 5 (relación comparativa de los bancos DGCOH de las elevaciones 1998-2000)**

Tomando como base el formato 4, se hace esta tabla, agregándole las cotas y fechas de 1998 para obtener la diferencia entre dichos periodos de nivelación.

**Formato 6 (relación comparativa de los bancos CNA de las elevaciones 1998-2000).**

Este formato es igual al anterior solo que la comparación de elevaciones es entre los bancos pertenecientes a la Comisión Nacional del Agua (CNA) únicamente.

***Formato 7 (relación de bancos repuestos).***

En este formato se reporta una lista de los bancos de nivel en los que se repuso la placa debido a diferentes circunstancias ya analizadas en los capítulos anteriores, en ella se enumeran los negativos de las fotografías tomadas para la integración de las fichas técnicas que se describen en el subcapítulo 3.5.

***Formato 8 (relación de los bancos de nivel con sus cotas en cada periodo).***

En este formato se presenta en forma de resumen el historial de cada banco con el propósito de observar la evolución de los hundimientos en los diferentes periodos como son: 1984, 1986, 1987, 1989, 1992, 1994, 1996, 1998 y 2000.

Posteriormente se muestra este formato con todos los resultados obtenidos. Cabe señalar que todas las cotas que son mayores a 2,250 m.s.n.m. se consideran con hundimiento cero y las diferencias obtenidas se deben a errores humanos o de los aparatos, esto normalmente ocurre en bancos ubicados al Poniente del Distrito Federal.

***Formato 9.***

Como resultado del formato 8 se tiene este otro que muestra las diferencias entre cotas de los años mencionados contra el año de la última nivelación que es el año 2000. Este formato será el que permita hacer la configuración de las curvas de igual hundimiento.

***Formato 10.***

Este formato es un programa en el cual se muestran los avances en diferentes periodos de los trabajos, dicha formato se actualiza cada mes y se integra en los reportes mensuales como soporte para tramitar estimaciones.

## NIVELACIÓN DE BANCOS DEL NIVEL 2,000 DE LA ZONA SUR-PONIENTE

### REPORTE DE RECORRIDOS DE RECONOCIMIENTO

CIRCUITO No. 11

RADIACIÓN No.

SEMANA No. 1

PERIODO DEL 24 de junio al 01 de julio del 2000

CLAVE DEL BANCO	LOCALIZADO (1)		MAL UBICADO (2) CON RESPECTO A	CON CLAVE (1)		CLAVE (3) ERRÓNEA	PLACA (4) DUPLICADA	FECHA	OBSERVACIÓN
	SI	NO		SI	NO				
M(S07W04)1	X			X				30/06/00	placa circular de bronce
C(S07W04)2	X				X			30/06/00	placa rectangular de aluminio
C(S06W04)5	X				X			30/06/00	placa rectangular de aluminio
B(S07W03)1	X			X				30/06/00	placa circular de bronce
B(S06W03)3	X			X				30/06/00	placa circular de bronce
C(S06W03)3 R-00	X			X				30/06/00	placa circular de bronce repuesta frente al vips
B(S06W03)1	X				X			30/06/00	placa circular de bronce
B(S06W03)2	X			X				30/06/00	placa circular de bronce
B(S06W02)1	X				X			30/06/00	placa circular de bronce

NOTA:

(1) - EN ESTAS COLUMNAS SÓLO SE INDICARA CON UNA "X" UNA DE LAS DOS

(2) - ESPECIFICAR DONDE SE ENCUENTRA MAL UBICADO. CROQUIS GENERAL,

CROQUIS PARTICULAR FOTOGRAFÍA PLANO DE RECORRIDO O GUÍA ROJI

(3) - SE ESCRIBIRA LA CLAVE DEL BANCO QUE TIENE GRABADA LA PLACA Y

QUE NO CORRESPONDA A LA UBICACIÓN

(4) - SE INDICARA LA CLAVE DE LA PLACA QUE SE ENCUENTRE DUPLICADA.

PARA LOS BANCOS CON PROBLEMAS DE UBICACIÓN DEBERÁ AUMENTARSE EL REPORTE FOTOGRÁFICO CORRESPONDIENTE

NOMBRE DE LA COMPAÑIA *Ingenieria Total y Construcciones, S.A. De C.V.*

NOMBRE DEL RESPONSABLE *Ing. Miguel A. Palomo Leyva.*

FORMATO No. 1

FORMATO No 2  
Nivelación de BANCOS DE NIVEL DE LA ZONA SUR-PONIENTE

Información de la nivelación de los bancos de nivel										Banco de partida		Circuito			EPP					
No	Tramo	Banco			Distancia		Desnivel de ida (m)		Desnivel de regreso (m)		Desnivel de promedio (m)		Error de cierre		Tolerancia	Lib	Pag	Bng	Fecha	Cota
		Banco de partida	Banco de llegada	DGCOH	CNA	Parcial	Acumulada	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)						
1	M(S07W04)1	C(S07W04)2		1	39 0	39 0	1 17097	1 17083			1 17090		-0 00014	0 000395	7	31	2	28-Ago-00	2269 12790	
2	C(S07W04)2	C(S06W04)5		1	234 0	273 0	0 24810		0 24800	0 24805		0 00010	0 000967	7	32	2	28-Ago-00	2269 37595		
3	C(S06W04)5	Bi(S07W03)1		1	858 0	1 131 0	6 88981	6 88929			6 88955		-0 00052	0 001853	7	34	2	29-Ago-00	2262 48640	
4	Bi(S07W03)1	Bi(S06W03)3		1	875 0	2 006 0	1 41345		1 41261	1 41303		0 00084	0 001871	7	35	2	29-Ago-00	2263 89943		
5	Bi(S06W03)3	C(S06W03)3		1	31 0	2 037 0	2 86746	2 86727			2 86737		-0 00019	0 000352	7	36	2	29-Ago-00	2261 03207	
6	C(S06W03)3	Bi(S06W03)1		1	708 0	2 745 0	2 89218	2 89252			2 89235		0 00034	0 001683	7	37	2	29-Ago-00	2258 13972	
7	Bi(S06W03)1	Bi(S06W03)2		1	889 0	3 634 0	9 35524	9 35480			9 35502		-0 00044	0 001886	7	39	2	30-Ago-00	2248 78470	
8	Bi(S06W03)2	Bi(S06W02)1		1	1 037 0	4 671 0	5 20386	5 20533			5 20460		0 00147	0 002037	7	40	2	30-Ago-00	2243 58010	

Sumas	Bancos			Distancia	Desnivel de ida		Desnivel de regreso		Error de cierre		Banco de llegada
	DGCOH	CNA	TOTAL		(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	
	6	2	8 0	4 671 0	1 661 55	28 379 52	28 380 04	1 660 61	0 002 75	-0 001 29	Circuito: 10
					Diferencia de ida		Diferencia de regreso				Diferencia: 0 006 37
					26 71 797		26 71 943		Error de cierre	0 001 46	Tolerancia
					Nota:		Error de cierre	0 001 46			
					Tolerancia =				Dentro de tolerancia	Si X No	
					k = distancia total del circuito en un sentido en kilómetros				Diferencia < Tolerancia		Diferencia > Tolerancia

## FORMATO No. 3

CIRCUITO

11

ELEVACIÓN BANCO DE PARTIDA (CLAVE Y COTA) M(S07W04)1 2270.29880  
 ELEVACIÓN BANCO DE LLEGADA (CLAVE Y COTA) B(S06W02)1 2243.57373

BANCO DE PARTIDA	BANCO DE LLEGADA	DISTANCIA (metros)	DESNIVEL PROMEDIO	ELEVACIÓN 2.000	OBSERVACIONES
M(S07W04)1	C(S07W04)2	39.0	-1.17090	2269.12790	
C(S07W04)2	C(S06W04)5	234.0	0.24805	2269.37595	R-85
C(S06W04)5	B(S07W03)1	858.0	-6.88955	2262.48640	
B(S07W03)1	B(S06W03)3	875.0	1.41303	2263.89943	R-00
B(S06W03)3	C(S06W03)3	31.0	-2.86737	2261.03207	
C(S06W03)3	B(S06W03)1	708.0	-2.89235	2258.13972	R-85,92
B(S06W03)1	B(S06W03)2	889.0	-9.35502	2248.78470	
B(S06W03)2	B(S06W02)1	1,037.0	-5.20460	2243.58010	
<b>TOTAL</b>		<b>4,671.0</b>			

## NOTA:

SOLO LOS CIRCUITOS QUE ESTAN DENTRO DE TOLERANCIA Y PREVIAMENTE AUTORIZADOS POR LA SUPERVISIÓN, SE DARÁN COTAS OFICIALES.

TOLERANCIA =  
 ERROR DE CIERRE  
 ERROR < TOLERANCIA

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2 000

## FORMATO No. 4 RELACIÓN GENERAL DE BANCOS DE LOS CIRCUITOS

NÚMERO DE FOLIO	CLAVE DEL BANCO	COTA 2,000	FECHA	NÚMERO DE CIRCUITO	NÚMERO DE RADIACIÓN	OBSERVACIONES
593	B(S04 W01)02	2232 005	19-Sep-00	67		
596	B(S04W05)01	2360 616	28-Sep-00	63		
597	B(S04W05)02	2287 695	21-Sep-00	60		R-89,92
598	B(S04W06)01	2380 585	29-Sep-00	63		
599	B(S04W06)02	2405 054	29-Sep-00	63		R-92
603	B(S04W08)02	2499 069	04-Oct-00	63		
604	B(S05E01)03	2231 959	04-Sep-00	7		R-92,98
636	B(S05W01)01	2233 489	02-Ago-00	8		
637	B(S05W01)02	2236 771	02-Ago-00	8		
638	B(S05W01)03	2233 361	15-Sep-00	67		
639	B(S05W01)04	2232 200	15-Sep-00	67		
640	B(S05W02)01	2240 390	08-Ago-00	10		
641	B(S05W02)02	2242 753	07-Ago-00	10		
642	B(S05W03)01	2251 848	12-Sep-00	12		R-98
643	B(S05W03)02	2243 363	12-Sep-00	12		R-85
644	B(S05W04)01	2257 057	11-Sep-00	12		
645	B(S05W05)01	2319 721	25-Sep-00	62		R-85
646	B(S05W05)02	2311 338	21-Sep-00	60		R-85
647	B(S05W05)03	2364 692	23-Oct-00	63		
648	B(S05W05)04	2297 709	22-Sep-00	60		R-85
649	B(S05W06)01	2375 037	25-Sep-00	62		R-85,87,89
650	B(S05W06)02	2417 680	26-Sep-00	62		R-87
651	B(S05W07)01	2418 737	29-Sep-00	63		R-94
652	B(S05W07)02	2440 898	03-Oct-00	63		
653	B(S05W08)01	2529 117	04-Oct-00	63		R-87,89
654	B(S05W08)02	2464 595	02-Oct-00	63		
655	B(S05W08)03	2502 628	24-Oct-00	64		R-92
656	B(S05W08)04	2532 756	25-Oct-00	64		R-87,89,92,00
657	B(S05W08)05	2532 647	04-Oct-00	63		
658	B(S05W08)06	2545 169	04-Oct-00	63		R-94
661	B(S05W09)03	2560 516	05-Oct-00	63		R-98,00
664	B(S06E01)01	2233 398	04-Sep-00	7		
665	B(S06E01)03	2237 910	31-Ago-00	7		R-94
689	B(S06W01)01	2240 323	01-Ago-00	8		
690	B(S06W01)02	2236 557	31-Ago-00	7		
691	B(S06W01)03	2236 549	15-Sep-00	67		
692	B(S06W01)04	2235 183	15-Sep-00	67		
693	B(S06W01)05	2234 659	15-Sep-00	67		
694	B(S06W02)01	2243 573	30-Ago-00	10		
695	B(S06W02)02	2246 997	07-Ago-00	10		
696	B(S06W03)01	2258 139	29-Ago-00	11		R-85,92
697	B(S06W03)02	2248 784	30-Ago-00	11		
698	B(S06W03)03	2263 899	29-Ago-00	11		

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2 000

FORMATO No. 5 RELACIÓN COMPARATIVA DE LOS BANCOS D.G.C.O.H. DE  
LAS ELEVACIONES 1998-2000

NÚMERO DE FOLIO	BANCOS DE NIVEL	ELEVACIÓN 98	FECHA 98	ELEVACIÓN 2.000	FECHA 2.000	DIFERENCIA 1998-2.000	OBSERVACIONES PLACA REPUESTA EN 2.000
593	B(S04 W01)02	2232.066	22-Sep-98	2232.005	19-Sep-00	0.061	
596	B(S04W05)01	2360.646	03-Ago-98	2360.616	28-Sep-00	0.030	
597	B(S04W05)02	2287.723	13-Ago-98	2287.695	21-Sep-00	0.028	
598	B(S04W06)01	2380.617	03-Ago-98	2380.585	29-Sep-00	0.032	
599	B(S04W06)02	2405.087	03-Ago-98	2405.054	29-Sep-00	0.033	
603	B(S04W08)02	2499.116	04-Ago-98	2499.069	04-Oct-00	0.047	
604	B(S05E01)03	2232.051	11-Sep-98	2231.959	04-Sep-00	0.092	
636	B(S05W01)01	2233.571	17-Oct-98	2233.489	02-Ago-00	0.082	
637	B(S05W01)02	2236.828	16-Oct-98	2236.771	02-Ago-00	0.057	
638	B(S05W01)03	2233.402	12-Sep-98	2233.361	15-Sep-00	0.041	
639	B(S05W01)04	2232.255	12-Sep-98	2232.200	15-Sep-00	0.055	
640	B(S05W02)01	2240.452	19-Oct-98	2240.390	08-Ago-00	0.062	
641	B(S05W02)02	2242.799	19-Oct-98	2242.753	07-Ago-00	0.046	
642	B(S05W03)01	2251.891	20-Oct-98	2251.848	12-Sep-00	0.043	
643	B(S05W03)02	2243.416	20-Oct-98	2243.363	12-Sep-00	0.053	
644	B(S05W04)01	2257.096	20-Oct-98	2257.057	11-Sep-00	0.039	
645	B(S05W05)01	2319.749	15-Oct-98	2319.721	25-Sep-00	0.028	
646	B(S05W05)02	2311.374	13-Ago-98	2311.338	21-Sep-00	0.036	
647	B(S05W05)03	2364.739	12-Ago-98	2364.692	23-Oct-00	0.047	
648	B(S05W05)04	2297.732	13-Ago-98	2297.709	22-Sep-00	0.023	
649	B(S05W06)01	2375.040	27-Oct-98	2375.037	25-Sep-00	0.003	
650	B(S05W06)02	2417.714	25-Oct-98	2417.680	26-Sep-00	0.034	
651	B(S05W07)01	2418.772	03-Ago-98	2418.737	29-Sep-00	0.035	
652	B(S05W07)02	2440.937	04-Ago-98	2440.898	03-Oct-00	0.039	
653	B(S05W08)01	2529.168	04-Ago-98	2529.117	04-Oct-00	0.051	
654	B(S05W08)02	2464.640	04-Ago-98	2464.595	02-Oct-00	0.045	
655	B(S05W08)03	2502.674	28-Ago-98	2502.628	24-Oct-00	0.046	
656	B(S05W08)04	2537.075	26-Ago-98	2532.756	25-Oct-00	4.319	R-00
657	B(S05W08)05	2532.698	04-Ago-98	2532.647	04-Oct-00	0.051	
658	B(S05W08)06	2545.222	04-Ago-98	2545.169	04-Oct-00	0.053	

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2 000

FORMATO No. 6 RELACIÓN COMPARATIVA DE LOS BANCOS C.N.A. DE  
LAS ELEVACIONES 1998-2000

NÚMERO DE FOLIO	BANCOS DE NIVEL	ELEVACIÓN 98	FECHA 98	ELEVACIÓN 2.000	FECHA 2.000	DIFERENCIA 1998-2.000	OBSERVACIONES PLACA REPUESTA EN 2.000
2142	C(S04W04)02	2264.352	13-Ago-98	2264.321	20-Sep-00	0.031	
2146	C(S04W06)01	2377.637	03-Ago-98	2377.603	29-Sep-00	0.034	
2147	C(S04W07)03	2417.843	04-Ago-98	2417.809	02-Oct-00	0.034	
2149	C(S04W08)02	2484.685	04-Ago-98	2484.638	03-Oct-00	0.047	
2156	C(S05W03)04	2248.182	20-Oct-98	2248.142	12-Sep-00	0.040	
2158	C(S05W05)01	2370.634	12-Ago-98	2370.585	23-Oct-00	0.049	
2159	C(S05W05)04	2345.824	12-Ago-98	2345.779	23-Oct-00	0.045	
2160	C(S05W05)05	2367.924	12-Ago-98	2367.876	20-Oct-00	0.048	
2161	C(S05W05)06	2381.577	12-Ago-98	2381.527	20-Oct-00	0.050	
2162	C(S05W07)03	2451.331	25-Oct-98	2451.303	27-Sep-00	0.028	
2164	C(S05W08)02	2544.347	04-Ago-98	2544.294	04-Oct-00	0.053	
2168	C(S06W03)03	2263.846	19-Oct-98	2261.032	29-Ago-00	2.814	R-00
2170	C(S06W03)04	2256.95	20-Oct-98	2256.916	14-Sep-00	0.034	
2171	C(S06W03)05	2254.105	20-Oct-98	2254.069	14-Sep-00	0.036	
2173	C(S06W04)05	2269.408	27-Jul-98	2269.375	28-Ago-00	0.033	
2174	C(S06W05)01	2348.714	03-Sep-98	2348.678	31-Oct-00	0.036	
2175	C(S06W05)02	2348.393	04-Sep-98	2348.353	24-Oct-00	0.040	
2176	C(S06W05)05	2357.261	03-Sep-98	2357.220	31-Oct-00	0.041	
2177	C(S06W06)01	2431.158	12-Ago-98	2431.106	20-Oct-00	0.052	
2178	C(S06W06)02	2425.648	02-Sep-98	2425.611	28-Oct-00	0.037	
2179	C(S06W06)05	2432.369	12-Ago-98	2432.318	20-Oct-00	0.051	
2180	C(S06W07)01	2489.101	11-Ago-98	2489.045	19-Oct-00	0.056	
2181	C(S06W07)02	2505.816	11-Ago-98	2505.758	18-Oct-00	0.058	
2182	C(S06W08)01	2541.657	11-Ago-98	2541.593	17-Oct-00	0.064	
2183	C(S06W08)02	2525.047	11-Ago-98	2524.989	18-Oct-00	0.058	
2185	C(S07W04)01	2277.358	06-Oct-98	2277.311	18-Oct-00	0.047	
2188	C(S07W04)02	2269.161	19-Oct-98	2269.127	28-Ago-00	0.034	
2190	C(S07W04)07	2263.893	16-Oct-98	2263.858	03-Ago-00	0.035	
2191	C(S07W04)08	2266.521	16-Oct-98	2266.488	03-Ago-00	0.033	
2192	C(S07W07)01	2512.717	05-Sep-98	2512.675	26-Oct-00	0.042	
2197	C(S08W04)05	2306.613	02-Oct-98	2306.582	26-Jul-00	0.031	



## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 7 RELACIÓN DE BANCOS REPUESTOS

FOLIO DEL BANCO	CLAVE BANCO	No. NEGATIVO		No. HOJA
		DETALLE	CONJUNTO	
	656 B(S05W08)04	35A	34A	8062
	661 B(S05W09)03	37A	36A	8062
	699 B(S06W03)04		20A	8062
	751 B(S07W06)01	29A	30A	S-100
	755 B(S07W07)02	31A	30A	8062
	760 B(S07W09)02	33A	32A	8062
	789 B(S08W06)01	35A	24A	8062/S-100
	829 B(S09W09)01	27A	28A	S-100
	833 B(S09W10)02	36A	26A	8062/S-100
	919 B(S11W03)03	25A	18A	8062/S-100
	923 B(S11W06)01	32A	22A	8062/S-100
	2305 B(S13W05)02	31A	21A	8062/S-100
	1116 B(S16W02)03	29A	5A	8062/8062
	1118 B(S16W03)01	27A	36A	8062/910
	1120 B(S16W03)03	28A	3A	8062/8062
	2168 C(S06W03)03	4A	2A	8062/S-100
	2202 C(S08W05)02	29A	28A	8062
	1425 M(S08W06)03	27A	26A	8062
	1666 P(S04W04)04	1A	0A	8062
	1694 P(S06E01)05	25A	24A	8062
	1709 P(S06W03)01	23A	22A	8062
	1711 P(S06W04)01	3A	2A	8062
	1721 P(S07W03)01	18A	17A	8062
	1722 P(S07W03)02	7A	4A	8062/S-100
	1734 P(S08W02)01	11A	5A	8062/S-100
	1738 P(S08W04)01	6A	3A	8062/S-100
	1743 P(S08W05)04	34A	24A	8062/S-100
	1754 P(S09E01)10	16A	10A	8062/S-100
	1767 P(S09E01)26	17A	11A	8062/S-100
	1768 P(S09E01)27	13A	7A	8062/S-100
	1769 P(S09E01)28	18A	12A	8062/S-100
	1777 P(S09W01)01	15A	9A	8062/S-100
	1779 P(S09W02)01	12A	6A	8062/S-100
	1795 P(S10W01)02	14A	8A	8062/S-100
	1800 P(S11E01)02	19A	13A	8062/S-100
	1801 P(S11E01)03	10A	9A	8062
	1813 P(S11W03)02	26A	31A	8062/S-100
	1815 P(S11W04)02	24A	17A	8062/S-100
	1816 P(S12E01)01	20A	14A	8062/S-100
	1822 P(S12W01)01	16A	15A	8062
	1824 P(S12W02)02	14A	13A	8062
	1829 P(S13W01)02	23A	15A	8062/S-100
	1831 P(S13W02)02	12A	11A	8062
	1832 P(S13W03)01	30A	20A	8062/S-100

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 8 RELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NÚMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA #4	COTA #5	COTA #7	COTA #9	COTA #2	COTA #4	COTA #6	COTA #8	COTA #10	OBSERVACIONES
593	B(S04 W01)02	85 330	42 855					2232 373	2232 229	2232 157	2232 066	2232 005	
596	B(S04W05)01	77 979	43 770	2360 061	2360 649	2360 669	2360 648	2360 694	2360 650	2360 655	2360 646	2360 616	
597	B(S04W05)02	79 028	42 880	2287 530	2287 485	2287 495	2287 754	2287 752	2287 723	2287 730	2287 723	2287 695	R-89.92
598	B(S04W06)01	77 191	43 402	2380 641	2380 597	2380 615	2380 596	2380 647	2380 612	2380 623	2380 617	2380 585	
599	B(S04W06)02	75 966	43 126	2405 132	2405 059	2405 074	2405 058	2405 117	2405 082	2405 092	2405 087	2405 054	R-92
603	B(S04W08)02	74 013	43 371	2499 327	2499 079	2499 095	2499 079	2499 112	2499 102	2499 115	2499 116	2499 069	
604	B(S05E01)03	86 202	41 929	2233 281	2233 083	2232 936	2232 631	2232 484	2232 315	2232 211	2232 051	2231 959	R-92.98
636	B(S05W01)01	84 511	42 390		2234 109	2234 030	2233 873	2233 802	2233 681	2233 643	2233 571	2233 489	
637	B(S05W01)02	84 277	41 439		2237 101	2237 069	2236 95	2236 942	2236 865	2236 866	2236 828	2236 771	
638	B(S05W01)03	85 18	41 795					2233 652	2233 535	2233 481	2233 402	2233 361	
639	B(S05W01)04	85 165	42 315					2232 587	2232 438	2232 351	2232 255	2232 200	
640	B(S05W02)01	83 257	42 512		2240 697	2240 653	2240 560	2240 572	2240 517	2240 490	2240 452	2240 390	
641	B(S05W02)02	82 878	41 868	2242 966	2242 920	2242 926	2242 843	2242 869	2242 834	2242 821	2242 799	2242 753	
642	B(S05W03)01	81 536	42 758	2251 639	2251 384	2251 362	2251 295	2251 331	2251 295	2251 289	2251 891	2251 848	R-98
643	B(S05W03)02	82 324	42 758		2243 594	2243 559	2243 481	2243 503	2243 457	2243 441	2243 416	2243 363	R-85
644	B(S05W04)01	80 749	42 390	2257 184	2257 173	2257 162	2257 111	2257 145	2257 109	2257 108	2257 096	2257 057	
645	B(S05W05)01	78 329	42 635	2298 977	2319 770	2319 774	2319 768	2319 776	2319 740	2319 756	2319 749	2319 721	R-85
646	B(S05W05)02	78 766	42 328	2311 263	2311 444	2311 447	2311 442	2311 427	2311 393	2311 389	2311 374	2311 338	R-85
647	B(S05W05)03	78 037	41 868		2364 756	2364 750	2364 755	2364 756	2364 703	2364 746	2364 739	2364 692	
648	B(S05W05)04	79 232	41 960		2297 746	2297 744	2297 744	2297 752	2297 725	2297 732	2297 732	2297 709	R-85
649	B(S05W06)01	77 308	42 543	2376 641	2376 706	2376 851	2374 985	2375 072	2375 028	2375 044	2375 040	2375 037	R-85,87,89
650	B(S05W06)02	76 666	42 144	2417 784	2417 612	2417 734	2417 612	2417 743	2417 699	2417 718	2417 714	2417 680	R-87
651	B(S05W07)01	75 354	42 972	2418 786	2418 702	2418 728	2418 700	2418 784	2418 762	2418 774	2418 772	2418 737	R-94
652	B(S05W07)02	74 742	42 819	2440 986	2440 891	2440 918	2440 890	2440 966	2440 928	2440 941	2440 937	2440 898	
653	B(S05W08)01	73 167	42 696	2529 399	2532 656	2529 144	2529 124	2529 192	2529 155	2529 167	2529 168	2529 117	R-87,89
654	B(S05W08)02	74 188	42 547	2464 673	2464 584	2464 614	2464 584	2464 665	2464 627	2464 639	2464 640	2464 595	
655	B(S05W08)03	73 663	42 512	2502 511	2502 415	2502 466	2502 414	2502 702	2502 663	2502 674	2502 674	2502 628	R-92
656	B(S05W08)04	73 167	42 144	2551 838	2552 139	2551 054	2563 967	2537 140	2537 088	2537 084	2537 075	2532 756	R-87,89,92,00
657	B(S05W08)05	73 164	42 596					2532 701	2532 685	2532 697	2532 698	2532 647	
658	B(S05W08)06	72 850	42 485						2545 207	2545 221	2545 222	2545 169	R-94
661	B(S05W09)03	71 738	41 960		2569 992	2570 012	2569 992	2570 051	2570 009	2570 022	2567 420	2560 516	R-98,00
664	B(S06E01)01	86 027	41 224	2234 274	2234 164	2234 059	2233 854	2233 741	2233 600	2233 538	2233 452	2233 398	
665	B(S06E01)03	85 939	40 027	2238 452	2238 394	2238 339	2238 173	2238 119	2238 036	2238 001	2237 938	2237 910	R-94
689	B(S06W01)01	84 161	40 303		2240 610	2240 597	2240 497	2240 506	2240 424	2240 417	2240 379	2240 323	
690	B(S06W01)02	85 327	40 181		2237 102	2237 029	2236 859	2236 801	2236 690	2236 652	2236 586	2236 557	
691	B(S06W01)03	84 855	40 120					2236 726	2236 635	2236 615	2236 566	2236 549	

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 8 RELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NÚMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 84	COTA 85	COTA 87	COTA 89	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2,000	OBSERVACIONES
692	B(S06W01)04	84 960	40 495					2235 358	2235 267	2235 251	2235 201	2235 183	
693	B(S06W01)05	85 060	41 075					2234 835	2234 749	2234 726	2234 677	2234 659	
694	B(S06W02)01	82 936	40 948	2243 783	2243 772	2243 757	2243 689	2243 710	2243 663	2243 647	2243 623	2243 573	
695	B(S06W02)02	82 149	40 027	2247 270	2247 235	2247 207	2247 139	2247 147	2247 099	2247 073	2247 048	2246 997	
696	B(S06W03)01	81 070	41 439	2258 502	2258 224	2258 227	2258 182	2258 221	2258 193	2258 195	2258 181	2258 139	R-85.92
697	B(S06W03)02	81 974	41 254		2248 921	2248 913	2248 853	2248 888	2248 856	2248 853	2248 828	2248 784	
698	B(S06W03)03	80 807	40 733	2263 984	2262 963	2263 968	2263 931	2263 937	2263 937	2263 941	2263 930	2263 899	
699	B(S06W03)04	81 675	40 735					2252 979	2252 954	2252 950	2252 918	2252 910	R-00
700	B(S06W03)05	81 960	40 345					2253 298	2253 267	2253 263	2253 244	2253 207	
701	B(S06W04)02	79 320	40 518	2309 862	2308 949	2308 966	2308 909	2308 962	2308 935	2308 942	2308 936	2308 903	R-85
702	B(S06W05)01	78 416	40 426	2346 121	2346 030	2346 048	2346 001	2346 050	2346 018	2346 026	2346 023	2345 988	
703	B(S06W05)02	77 687	40 242	2374 835	2373 901	2373 922	2373 880	2373 926	2373 893	2373 910	2373 924	2373 886	
704	B(S06W05)03	79 203	41 193		2317 270	2316 662	2316 606	2316 663	2316 633	2316 642	2316 633	2316 600	R-85
705	B(S06W05)04	78 008	41 193		2370 493	2370 465	2370 423	2370 478	2370 444	2370 458	2370 450	2370 415	R-85
706	B(S06W06)01	76 870	41 439	2423 938	2423 884	2423 913	2423 906	2423 900	2423 845	2423 887	2423 883	2423 831	
707	B(S06W06)02	76 025	41 254	2454 297	2454 244	2454 273	2454 267	2454 261	2454 201	2454 246	2454 244	2454 208	
708	B(S06W06)03	76 900	40 948		2426 121	2426 163	2426 116	2426 167	2426 132	2426 148	2426 143	2426 100	
709	B(S06W06)04	76 229	40 579	2438 689	2438 693	2438 656	2438 615	2438 643	2438 605	2438 623	2438 621	2438 579	R-92
710	B(S06W07)01	75 267	41 254	2464 642	2464 590	2464 616	2464 613	2464 611	2464 553	2464 603	2464 615	2464 568	
711	B(S06W07)02	74 538	40 070	2503 340	2503 275	2503 305	2503 307	2503 295	2503 236	2503 277	2503 277	2503 220	
712	B(S06W07)03	75 617	40 303	2477 570	2477 640	2477 552	2477 499	2477 549	2477 514	2477 532	2477 531	2477 511	
713	B(S06W08)01	73 721	40 641	2539 690	2539 633	2539 674	2539 675	2539 657	2539 599	2539 636	2539 637	2539 576	
714	B(S06W09)01	72 001	40 856					2528 205	2528 292	2528 288	2528 299	2528 249	R-94
715	B(S06W09)02	71 709	41 469		2638 730	2638 884	2638 740	2638 815	2639 355	2639 373	2639 383	2639 318	R-94
716	B(S06W09)03	72 409	41 899				2484 162	2484 250	2484 209	2484 215	2484 213	2484 167	R-89
718	B(S06W10)02	70 484	40886	2667 728	2667 712	2667 767	2667 740	2667 703	2667 637	2667 656	2667 659	2667 596	
721	B(S07E01)01	85 152	39 659	2235 692	2235 620	2235 531	2235 346	2235 277	2235 171	2235 125	2235 055	2235 024	
722	B(S07E01)02	86 931	38 892	2235 439	2235 371	2235 298	2235 132	2235 070	2234 973	2234 929	2234 862	2234 834	
723	B(S07E01)03	85 648	38 861	2236 096	2236 059	2236 024	2235 887	2235 834	2235 745	2235 710	2235 650	2235 624	R-85
741	B(S07W01)01	84 132	39 536	2240 933	2240 775	2240 900	2240 798	2240 808	2240 730	2240 733	2240 699	2240 648	
742	B(S07W01)02	84 744	38 954	2237 361	2237 185	2237 293	2237 175	2237 159	2237 078	2237 064	2237 048	2236 978	R-88
743	B(S07W01)03	85 105	39 450					2235 614	2235 536	2235 519	2235 467	2235 400	
744	B(S07W02)01	82 761	38 831	2245 897	2245 888	2245 879	2245 677	2245 694	2245 644	2245 633	2245 772	2245 724	R-89.98
745	B(S07W02)02	83 665	38 708	2241 830	2241 815	2241 798	2241 719	2241 720	2241 669	2241 658	2241 624	2241 568	
746	B(S07W02)03	82 878	39 659		2246 648	2246 660	2246 566	2246 581	2246 532	2246 517	2246 491	2246 443	R-85
747	B(S07W03)01	80 895	40 058	2262 404	2262 406	2262 409	2262 522	2262 554	2262 526	2262 530	2262 518	2262 486	

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 8 RELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NÚMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 84	COTA 85	COTA 87	COTA 88	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2.000	OBSERVACIONES
748	B(S07W03)02	81 595	38 984		2253 189	2253 192	2253 127	2253 154	2253 121	2253 129	2253 110	2253 072	R-85
749	B(S07W05)01	78 591	39 107	2322 811	2322 754	2322 745	2322 673	2322 735	2322 676	2322 722	2322 715	2322 674	
750	B(S07W05)02	77 454	38 708	2331 780	2331 785	2331 729	2331 648	2331 709	2331 651	2331 696	2331 690	2331 650	
751	B(S07W06)01	77 366	39 935	2397 906	2398 565	2398 596	2398 562	2398 610	2398 573	2398 589	2398 589	2397 760	R-00
752	B(S07W06)02	76 608	38 616	2443 628	2435 487	2435 525	2435 492	2435 529	2435 491	2435 510	2435 504	2435 465	R-85
753	B(S07W06)03	75 879	39 138	2484 058	2484 225	2484 248	2484 235	2484 268	2484 228	2484 251	2484 242	2484 201	R-85
754	B(S07W07)01	79 946	40 027	2515 098	2515 147	2515 084	2515 029	2515 151	2515 111	2515 128	2515 124	2515 078	R-92
755	B(S07W07)02	74 304	39 720	2546 858	2546 970	2546 848	2546 798	2546 853	2546 810	2546 833	2546 831	2547 249	R-00
756	B(S07W07)03	75 033	38 892	2518 259	2519 217	2519 242	2519 247	2519 266	2519 220	2519 249	2519 241	2519 198	R-85
757	B(S07W08)01	73 109	40 273	2554 166	2554 106	2554 152	2554 147	2554 126	2554 067	2554 102	2554 104	2554 042	
758	B(S07W08)02	73 517	39 260		2555 210	2555 221	2555 180	2555 237	2555 195	2555 218	2555 218	2555 169	R-85
759	B(S07W09)01	71 417	39 659		2628 630	2628 656	2617 234	2617 218	2616 399	2616 429	2616 430	2616 363	R-85,89,94,96
760	B(S07W09)02	72 263	39 997	2600 512	2600 482	2600 511	2600 518	2600 498	2600 436	2600 471	2600 473	2596 025	R-85,00
761	B(S07W10)01	69 755	40 242	2712 477	2712 479	2712 497	2712 480	2712 449	2712 384	2712 407	2712 411	2712 343	
762	B(S07W10)02	70 922	39 628	2666 459	2666 435	2666 432	2666 426	2666 405	2666 345	2666 368	2666 366	2666 291	
763	B(S07W10)03	70 251	39 414	2692 625	2692 619	2692 611	2692 603	2692 577	2692 512	2692 588	2692 588	2692 519	R-96
764	B(S07W10)04	70 543	39 659	2726 839	2726 867	2726 843	2726 980	2726 948	2726 881	2726 912	2726 852	2726 782	R-89,98
766	B(S07W11)02	68 997	39 659	2737 178	2737 160	2737 164	2737 152	2737 120	2737 055	2737 078	2737 081	2737 014	
768	B(S07W11)04	68 297	39 168		2773 008	2772 978	2772 985	2772 954	2772 889	2772 914	2773 189	2773 118	R-98
769	B(S07W11)05	68 676	38 739	2756 473	2756 492	2756 471	2756 375	2756 339	2756 262	2756 276	2756 274	2756 211	R-89
770	B(S08E01)01	85 560	38 371	2237 278	2237 203	2237 180	2237 048	2236 986	2236 900	2236 874	2236 812	2236 796	R-96
771	B(S08E01)02	86 406	38 187		2236 967	2236 957	2236 755	2236 662	2236 561	2236 516	2236 453	2236 424	
788	B(S08W01)01	84 890	38 493		2239 394	2239 386	2239 279	2239 269	2239 210	2239 181	2239 142	2239 080	
789	B(S08W06)01	76 841	38 524		2403 237	2403 177	2403 105	2403 157	2403 094	2403 134	2403 125	2403 140	R-00
790	B(S08W06)02	76 316	38 524	2446 989	2446 941	2446 890	2446 834	2446 879	2446 817	2446 862	2446 857	2446 807	
791	B(S08W07)01	74 129	38 542	2515 294	2514 867	2514 885	2514 888	2514 905	2514 858	2514 886	2514 875	2514 832	R-85
792	B(S08W07)02	74 771	38 094		2514 309	2514 216	2514 176	2514 208	2514 154	2516 042	2514 179	2514 128	R-85,96
793	B(S08W07)03	75 529	38 401		2478 010	2477 940	2477 886	2477 927	2477 864	2477 904	2477 904	2477 852	R-85
794	B(S08W08)01	73 021	38 493	2566 944	2574 708	2567 534	2567 522	2567 566	2567 525	2567 545	2567 537	2567 515	R-85
795	B(S08W08)02	73 663	38 309	2521 063	2520 643	2520 670	2520 644	2520 695	2520 702	2520 729	2520 718	2520 677	R-94
796	B(S08W08)03	74 333	38 094	2600 528	2600 435	2600 279	2600 263	2600 286	2600 237	2600 262	2600 263	2600 214	
798	B(S08W08)04	74 042	38 002		2565 153	2565 036	2565 012	2565 039	2564 985	2565 020	2565 024	2564 976	R-85
799	B(S08W09)01	72 555	38 064				2607 199	2607 435	2607 379	2607 416	2607 409	2607 385	
800	B(S08W09)02	71 33	37 450	2683 558	2692 269	2692 090	2692 081	2692 092	2692 034	2692 069	2692 064	2692 038	R-85
801	B(S08W09)03	71 825	37 900						2654 563	2654 595	2654 588	2654 565	R-94
802	B(S08W10)01	70 601	38 769	2617 132	2617 111	2617 162	2617 070	2617 106	2617 047	2617 075	2617 079	2617 007	

## NIVELACION DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 8 RELACION DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NÚMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 84	COTA 85	COTA 87	COTA 89	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2.000	OBSERVACIONES
803	B(S08W10)02	70 464	38 493	2674 722	2674 715	2674 736	2674 871	2674 891	2674 828	2674 858	2674 862	2674 789	R-89
804	B(S08W10)03	70 193	37 880	2728 371	2728 418	2728 374	2728 304	2728 431	2728 366	2728 397	2728 412	2728 331	R-92
806	B(S09E01)03	86 260	32 235		2238 778	2238 772	2238 635	2238 617	2238 503	2238 495	2238 458	2238 449	R-94
817	B(S09W01)01	84 423	36 898	2246 132	2245 814	2245 811	2245 700	2245 702	2245 645	2245 635	2245 600	2245 599	R-85
818	B(S09W01)02	85 415	36 591		2240 633	2240 626	2240 528	2240 516	2240 448	2240 446	2240 406	2240 399	
819	B(S09W01)03	84 132	36 070	2264 826	2264 744	2264 762	2264 571	2264 459	2264 351	2264 312	2264 265	2264 259	
820	B(S09W02)01	83 315	37 021	2257 016	2256 963	2256 950	2256 851	2256 847	2256 785	2256 778	2256 753	2256 710	
822	B(S09W02)02	82 732	36 376	2270 458	2270 398	2270 402	2270 367	2270 374	2270 314	2270 312	2270 289	2270 250	
823	B(S09W03)01	81 944	36 990			2266 026	2265 958	2265 984	2265 942	2265 943	2265 934	2265 898	R-89
824	B(S09W03)02	81 944	36 438			2269 938	2269 839	2269 852	2269 797	2269 815	2269 796	2269 760	
825	B(S09W03)03	81 274	36 376	2285 679	2284 533	2284 536	2284 443	2284 470	2284 408	2284 432	2284 417	2284 384	
826	B(S09W04)03	78 970	36 284	2323 507	2323 474	2323 318	2323 404	2323 451	2323 424	2323 434	2323 430	2323 402	
827	B(S09W05)01	78 358	36 346	2350 500	2350 411	2350 414	2350 362	2350 406	2350 383	2350 389	2350 386	2350 355	R-85
828	B(S09W06)03	76 316	36 284	2397 614	2397 614	2397 976	2397 907	2397 955	2397 930	2397 935	2397 932	2397 897	R-84
829	B(S09W09)01	71 884	37 051		2633 111	2632 952	2632 933	2632 951	2632 893	2632 926	2632 918	2633 741	R-00
830	B(S09W09)02	71 738	36 837				2653 494	2653 502	2653 440	2653 471	2653 489	2653 402	R-89
831	B(S09W09)03	71 447	36 837			2589 629	2589 610	2589 628	2589 585	2589 609	2589 595	2589 574	
832	B(S09W10)01	69 901	37 113	2775 641	2775 693	2775 566	2775 552	2774 864	2774 792	2774 825	2774 841	2774 755	R-85,92
833	B(S09W10)02	70 543	36 714			2747 426	2747 419	2603 410	2603 351	2603 381	2603 372	2600 643	R-92,00
834	B(S09W10)03	70 700	36 700						2741 104	2741 138	2741 154	2741 067	R-94
835	B(S09W10)04	70 500	36 825						2753 201	2753 239	2753 257	2753 171	R-94
836	B(S10E01)03	85 910	34 843		2239 722	2239 715	2239 575	2239 590	2239 525	2239 517	2239 478	2239 472	
854	B(S10W01)01	84 277	36 775	2251 764	2251 737	2251 755	2251 621	2251 605	2251 542	2251 537	2251 550	2251 555	R-98
855	B(S10W01)02	85 094	34 843	2242 959	2243 028	2243 023	2242 914	2242 905	2242 838	2242 830	2242 795	2242 791	R-85,98
856	B(S10W01)03	85 060	35 555					2242 455	2242 396	2242 400	2242 365	2242 365	
857	B(S10W02)01	83 811	26 283	2266 124	2266 069	2266 053	2265 872	2266 210	2266 130	2266 112	2266 075	2266 076	R-92
858	B(S10W02)02	82 848	34 720	2277 729	2277 653	2277 597	2277 403	2277 425	2277 361	2277 365	2277 346	2277 301	
859	B(S10W02)03	82 761	35 794				2280 753	2280 682	2280 594	2280 579	2280 552	2280 510	R-89
860	B(S10W03)01	82 207	35 180		2294 439	2294 357	2294 234	2294 172	2294 106	2294 094	2294 072	2294 038	R-85
861	B(S10W04)03	79 699	34 996	2320 243	2320 176	2319 933	2320 000	2320 101	2320 053	2320 056	2320 045	2320 010	
862	B(S10W05)01	78 708	35 548	2356 022	2354 043	2354 008	2353 987	2354 033	2354 011	2354 015	2354 013	2353 980	R-85
863	B(S10W05)02	78 416	34 689	2366 810	2366 767	2366 694	2366 704	2366 754	2366 738	2366 741	2366 738	2366 706	R-85
864	B(S10W05)03	77 599	34 996				2381 651	2381 547	2381 529	2381 533	2381 530	2381 495	R-89
865	B(S10W05)04	76 876	35 199						2396 556	2396 554	2396 554	2396 516	R-94
866	B(S10W06)01	76 200	34 965	2421 714	2421 439	2421 550	2421 552	2421 601	2421 578	2421 571	2421 576	2421 539	
867	B(S10W07)01	74 683	35 702	2497 308	2496 960	2497 111	2497 113	2497 150	2497 110	2497 143	2497 247	2497 190	R-98

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 8 RELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NÚMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 84	COTA 85	COTA 87	COTA 89	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2.000	OBSERVACIONES
868	B(S10W07)02	74 304	35 027	2532 601	2532 250	2532 388	2532 405	2532 429	2532 395	2532 421	2532 609	2532 546	R-98
869	B(S10W07)03	75 792	34 843	2436 710	2436 428	2436 551	2436 551	2436 602	2436 578	2436 578	2436 580	2436 545	
870	B(S10W07)04	75 062	34 413		2482 010	2482 114	2482 121		2482 140	2482 151	2482 166	2482 116	R-85
876	B(S10W07)05	75 792	35 732				2426 123	2426 166	2426 141	2426 144	2426 144	2426 107	R-89
877	B(S10W08)01	73 954	35 732	2553 275	2554 324	2554 113	2554 119	2554 162	2554 115	2554 144	2554 138	2554 092	R-85
878	B(S10W08)02	73 050	35 671	2665 714	2656 379	2666 703	2666 739	2666 767	2666 717	2666 748	2666 749	2666 685	R-85
879	B(S10W08)03	73 351	34 904	2672 820	2673 016	2672 326	2672 354	2672 380	2672 333	2672 362	2672 358	2672 296	R-85
880	B(S10W08)04	73 875	34 540						2563 608	2563 638	2563 640	2563 568	R-94
881	B(S11E01)02	85 619	33 585	2239 465	2239 422	2239 388	2239 223	2239 199	2239 199	2239 102	2239 067	2239 053	
882	B(S11E01)04	85 667	33 646		2237 323	2237 276	2237 092	2237 053	2236 971	2236 945	2236 904	2236 888	
916	B(S11W01)01	84 890	33 953	2242 687	2242 647	2242 634	2242 506	2242 497	2242 423	2242 409	2242 379	2242 368	
917	B(S11W02)01	83 490	34 382	2259 974	2259 931	2259 910	2259 749	2259 729	2259 665	2259 674	2259 653	2259 620	
918	B(S11W02)05	82 330	33 630	2265 173	2265 116	2265 148	2265 035	2265 015	2265 346	2265 364	2265 354	2265 329	R-92,94
919	B(S11W03)03	80 865	33 247	2292 423	2292 394	2292 419	2292 370	2292 392	2292 365	2292 391	2292 386	2292 365	R-00
920	B(S11W04)01	79 757	34 198				2313 152	2313 190	2313 153	2313 171	2313 165	2313 131	R-89
921	B(S11W05)01	78 329	33 922	2391 926	2379 768	2379 698	2379 707	2379 745	2379 785	2379 786	2379 786	2379 753	R-85,94
922	B(S11W05)02	77 425	33 217	2435 813	2435 703	2435 733	2435 756	2435 802	2435 786	2435 787	2435 796	2435 753	
923	B(S11W06)01	76 462	33 861	2452 640	2452 292	2452 610	2452 580	2452 793	2452 764	2452 774	2452 789	2453 088	R-92,00
924	B(S11W07)01	75 442	33 984	2465 793	2465 454	2465 763	2465 743	2465 794	2465 763	2465 772	2465 789	2465 738	
925	B(S11W08)01	74 217	34 106		2514 160	2514 293	2514 304	2514 348	2514 316	2514 325	2514 337	2514 286	
927	B(S12E01)02	85 823	32 695	2238 518	2238 438	2238 394	2238 181	2238 150	2238 079	2238 036	2237 995	2237 946	
979	B(S12W01)01	85 035	32 848	2241 972	2241 909	2241 888	2241 698	2241 702	2241 641	2241 622	2241 600	2241 557	
980	B(S12W02)01	82 382	32 879	2264 093	2264 061	2264 067	2264 000	2264 043	2264 003	2264 026	2264 013	2263 988	
981	B(S12W02)02	82 907	32 695		2260 017	2260 026	2259 952	2260 000	2259 963	2259 984	2259 892	2259 865	R-98
982	B(S12W02)03	83 519	32 450	2252 074	2252 067	2252 072	2251 988	2252 035	2251 993	2252 009	2252 000	2251 970	
983	B(S12W02)04	82 878	31 959	2276 116	2276 121	2276 117	2276 045	2276 088	2276 056	2276 072	2276 062	2276 031	
984	B(S12W03)01	81 769	32 910		227 006	2277 006	2276 939	2276 979	2276 955	2276 974	2276 970	2276 941	
985	B(S12W03)02	81 653	31 959	2305 738	2305 711	2305 705	2305 645	2305 671	2305 648	2305 670	2305 706	2305 681	R-98
986	B(S12W03)03	81 895	31 448						2331 304	2331 325	2331 320	2331 292	
987	B(S12W04)01	80 428	32 419	2339 189	2339 141	2339 146	2339 135	2339 329	2339 286	2339 326	2339 342	2339 275	R-92
988	B(S12W04)02	79 991	32 265	2378 456	2378 420	2378 418	2378 420	2378 426	2378 380	2378 421	2378 315	2378 255	R-98
989	B(S12W04)03	79 028	32 143	2419 117	2419 088	2419 072	2419 096	2419 103	2419 061	2419 092	2419 103	2419 044	
990	B(S12W05)01	78 124	32 112	2465 753	2465 697	2465 675	2465 720	2465 716	2465 695	2465 699	2465 710	2465 658	
991	B(S12W06)01	76 346	32 971	2505 029	2504 966	2505 001	2504 996	2505 039	2505 013	2505 017	2505 033	2504 987	
992	B(S12W06)02	77 191	32 879	2470 558	2470 611		2470 671	2470 72	2470 697	2470 698	2470 713	2470 665	R-85
993	B(S12W06)03	77 133	32 081	2495 143	2495 085	2495 082	2495 114	2495 156	2495 134	2495 140	2495 160	2495 113	

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 8 RELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NÚMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 84	COTA 85	COTA 87	COTA 89	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2.000	OBSERVACIONES
994	B(S12W06)04	76 550	32 020	2531 636	2531 556	2531 556	2531 585	2531 629	2531 605	2531 604	2531 617	2531 570	
995	B(S12W07)01	75 529	33 063			2515 234	2515 199	2515 241	2515 215	2514 969	2514 981	2514 935	R-96
996	B(S12W07)02	75 587	32 143			2543 158	2542 286	2543 152	2543 126	2544 142	2544 154	2544 106	R-89,92,96
1031	B(S13W01)01	85 240	31 008	2282 867	2282 849	2282 834	2282 756	2282 778	2282 725	2282 740	2282 721	2282 725	
1032	B(S13W02)01	82 848	30 640	2313 211	2326 743	2326 713	2326 655	2326 699	2326 664	2326 683	2326 674	2326 651	
1033	B(S13W03)01	81 711	30 916	2327 385	2327 368	2327 349	2327 292	2327 315	2327 293	2327 314	2327 300	2327 271	
1034	B(S13W03)02	81 128	30 670	2361 098	2361 087	2361 068	2361 007	2361 027	2360 999	2361 019	2361 013	2360 982	
1035	B(S13W05)01	77 833	31 529	2532 606	2532 577	2532 528	2532 585	2532 554	2532 526	2532 493	2532 489	2532 433	
2305	B(S13W05)02											2588 537	NUEVA -00
1036	B(S13W07)01	75 704	31 468				2576 798	2576 832	2576 814	2576 766	2576 784	2576 737	R-89,96
1074	B(S14W02)01	82 673	29 474	2338 291	2352 586	2352 526	2352 484	2352 526	2352 491	2352 509	2352 500	2352 478	
1075	B(S14W02)02	83 461	28 952	2374 138	2387 701	2387 619	2387 585	2387 623	2387 589	2387 605	2387 596	2387 572	
1076	B(S14W03)01	81 536	30 118	2354 332	2367 855	2367 836	2367 777	2367 795	2367 769	2367 791	2367 785	2367 755	
1077	B(S14W03)02	81 361	29 873	2364 023	2377 551	2377 526	2377 472	2377 078	2377 060	2377 080	2377 076	2377 049	R-92,94
1078	B(S14W03)03	81 653	29 136	2406 405	2419 967	2419 919	2419 877	2420 362	2420 334	2420 352	2420 349	2420 325	R-92,96
1094	B(S15W01)01	84 306	27 756	2429 237	2433 904	2433 856	2433 823	2433 860	2433 826	2433 841	2433 833	2433 807	R-85
1095	B(S15W03)01	82 149	27 725	2458 156	2471 855	2471 791	2471 761	2457 916	2457 880	2457 899	2457 973	2457 951	R-98
1096	B(S15W03)02	81 974	28 185	2492 424	2506 142	2506 069	2506 045	2506 029	2505 747	2504 197	2504 196	2504 155	R-94,96
1112	B(S16W01)01	84 834	27 152	2426 094	2439 665	2439 560	2439 513	2439 550	2445 235	2445 245	2445 237	2445 208	R-94
1113	B(S16W01)02	83 972	27 544						2531 916	2531 874	2531 866	2531 847	
1114	B(S16W02)01	82 499	27 510	2540 467	2554 211	2554 119	2554 107	2553 926	2553 904	2553 645	2553 640	2553 600	R-92,96
1115	B(S16W02)02	82 907	26 682	2696 741	2696 862	2696 712	2696 503	2696 661	2696 627	2696 629	2696 625	2696 595	
1116	B(S16W02)03	83 490	26 774	2625 921	2640 033	2639 904	2639 903	2639 862	2639 830	2639 832	2639 832	2640 522	R-00
1117	B(S16W02)04	83 238	27 527						2602 826	2602 825	2604 208	2604 175	R-98
1118	B(S16W03)01	82 382	26 559	2685 947	2700 073	2699 916	2699 719	2699 882	2699 834	2699 837	2699 836	2699 958	R-94,00
1119	B(S16W03)02	80 865	26 559				2724 738	2724 905	2724 870	2724 880	2724 880	2724 851	R-89
1120	B(S16W03)03	81 420	26 375				2705 557	2705 728	2705 695	2705 704	2705 694	2705 278	R-00
1121	B(S16W03)04	81 152	26 873						2659 488	2659 481	2659 473	2659 437	
1122	B(S16W03)05	81 294	27 560						2580 200	2580 195	2580 182	2580 152	
2142	C(S04W04)02	80 078	43 801		2264 355					2264 359		2264 321	R-85
2146	C(S04W06)01	77 483	43 586			2377 499				2377 641		2377 603	
2147	C(S04W07)03	74 975	43 893			2417 813				2417 845		2417 809	
2149	C(S04W08)02	74 392	43 555			2484 671				2484 684		2484 638	
2156	C(S05W03)04	81 390	42 604			2248 270				2248 196		2248 142	
2158	C(S05W05)01	77 756	41 981							2370 642		2370 585	R-96
2159	C(S05W05)04	78 562	41 899			2332 083				2345 833		2345 779	R-96

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 8 RELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NÚMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 84	COTA 85	COTA 87	COTA 89	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2.000	OBSERVACIONES
2160	C(S05W05)05	77 862	41 929			2367 953				2367 931		2367 876	R-87
2161	C(S05W05)06	77 658	41 837			2381 596				2381 582		2381 527	
2162	C(S05W07)03	75 617	41 837			2451 377				2451 336		2451 303	
2164	C(S05W08)02	72 817	42 512			2544 370				2544 347		2544 294	R-87
2168	C(S06W03)03	80 895	40 948		2263 989					2263 857		2261 032	R-00
2170	C(S06W03)04	81 274	41 316		2257 020					2256 966		2256 916	
2171	C(S06W03)05	81 536	41 040		2254 197					2254 122		2254 069	R-85
2173	C(S06W04)05	80 166	40 211		2269 424					2269 418	2269 408	2269 375	R-85
2174	C(S06W05)01	78 329	41 899			2348 695				2348 722		2348 678	
2175	C(S06W05)02	78 358	40 518			2348 418				2348 392		2348 353	
2176	C(S06W05)05	77 804	40 948			2357 295				2357 269		2357 220	
2177	C(S06W06)01	76 754	41 377			2431 174				2431 161		2431 106	
2178	C(S06W06)02	76 978	40 917			2425 674				2425 652		2425 611	
2179	C(S06W06)05	76 637	41 377			2432 405				2432 375		2432 318	
2180	C(S06W07)01	75 170	41 217							2489 102		2489 045	R-96
2181	C(S06W07)02	74 596	41 009			2505 889				2505 815		2505 758	
2182	C(S06W08)01	73 459	40 426			2541 732				2541 741		2541 593	R-87
2183	C(S06W08)02	74 088	40 729							2525 045		2524 989	R-96
2185	C(S07W04)01	79 932	39 322			2277 388				2277 369		2277 311	R-87
2188	C(S07W04)02	80 166	39 997		2269 198					2269 171		2269 127	
2190	C(S07W04)07	80 603	39 291		2263 961					2263 904		2263 858	
2191	C(S07W04)08	80 486	39 076		2266 571					2266 532		2266 488	
2192	C(S07W07)01	75 208	38 923			2512 810				2512 726		2512 675	
2197	C(S08W04)05	79 232	37 910		2306 628					2306 618		2306 582	R-85
2198	C(S08W04)06	79 932	37 849		2289 012					2288 976	2288 968	2288 941	
2199	C(S08W04)07	79 991	37 726		2286 923					2286 893		2286 857	
2200	C(S08W04)09	79 641	37 941		2299 350					2299 338		2299 302	R-85
2202	C(S08W05)02	78 474	38 432			2320 571				2320 532		2320 486	R-87,00
2203	C(S08W06)01	76 287	38 401			2446 650				2446 718		2446 664	
2204	C(S08W06)02	76 929	37 450			2382 592				2382 590		2382 546	
2205	C(S09E01)03	86 377	36 561	2238 736						2238 487		2238 450	
2211	C(S09W07)01	75 646	36 867			2436 078				2436 078		2436 034	
2212	C(S09W07)02	74 742	36 223			2486 575				2486 557		2486 506	
2213	C(S10E01)01	85 980	34 784			2239 918				2239 809		2239 768	R-87
2214	C(S10E01)03	86 114	34 658		2237 825					2237 576		2237 526	
2215	C(S10E01)04	86 494	34 597		2236 200					2235 925		2235 870	



## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 8 RELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NÚMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 84	COTA 85	COTA 87	COTA 89	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2.000	OBSERVACIONES
2228	C(S10W06)01	76 054	35 517		2442 992					2442 951		2442 917	R-85
2229	C(S10W06)02	76 110	35 105							2430 499		2430 464	R-96
2231	C(S10W07)02	75 150	35 732		2470 288					2470 297		2470 236	R-85
2233	C(S10W07)05	75 063	40 729							2490 516		2490 445	R-96
2234	C(S11E01)01	85 969	34 843		2237 969					2236 539		2236 476	
2246	C(S11W05)01	78 533	34 382		2367 194					2367 127		2367 089	
2247	C(S11W07)01	75 296	34 413		2482 218					2482 178		2482 142	
2258	C(S12W02)01	83 577	32 450		2252 110					2252 039		2252 005	
2259	C(S12W02)02	83 140	32 112		2259 635					2259 573		2259 534	
2260	C(S12W02)03	82 761	32 634		2268 938					2268 887		2268 845	
2261	C(S12W02)04	82 615	32 664		2272 205					2272 137		2272 098	
2262	C(S12W02)05	82 586	32 542		2273 756					2273 723		2273 684	
2263	C(S12W06)02	76 754	33 554							2557 283		2557 247	
1367	M(S05W06)01	76 667	41 562							2443 358	2443 355	2443 303	R-96
1368	M(S06E01)01	86 015	39 960				2239 629	2239 516		2239 496	2239 444	2239 431	R-92
1400	M(S07W03)01		81 269	39 331						2260 275	2260 257	2260 357	
1405	M(S08E01)04	85 706	37 266	2239 201	2239 150	2239 138	2239 025	2239 002	2239 929	2238 922	2238 883	2238 827	
1406	M(S08E01)05	86 348	37 174	2237 016	2236 952	2236 934	2236 803	2236 777	2236 700	2236 684	2236 640	2236 577	
1411	M(S08W01)02	84 627	37 604	2240 716	2240 676	2240 676	2240 572	2240 572	2240 497	2240 496	2240 464	2240 409	
1412	M(S08W01)03	84 102	37 665	2241 222	2241 181	2241 148	2241 020	2241 013	2240 937	2240 938	2240 906	2240 849	
1413	M(S08W01)04	85 240	37 358	2239 857	2240 002	2239 987	2239 874	2239 857	2239 783	2239 770	2239 745	2239 684	R-98
1414	M(S08W02)01	82 878	37 788	2250 632	2250 593	2250 582	2250 508	2250 541	2250 478	2250 497	2250 476	2250 434	
1415	M(S08W02)02	83 315	37 788	2250 358	2250 323	2250 316	2250 277	2250 243	2250 178	2250 194	2250 174	2250 130	R-94
1416	M(S08W03)01	81 565	37 880	2260 088	2260 056	2260 067	2260 001	2260 036	2259 985	2260 008	2259 990	2259 955	
1417	M(S08W03)02	82 207	37 849	2254 607	2254 573	2254 576	2254 502	2254 535	2254 473	2254 492	2254 473	2254 432	
1418	M(S08W03)03	81 070	37 849	2265 213	2265 250	2265 266	2265 200	2265 249	2265 203	2265 231	2265 219	2265 186	
1420	M(S08W04)02	79 291	38 125	2303 697	2303 642	2303 642	2303 612	2303 655	2303 628	2303 640	2303 632	2303 593	R-89
1422	M(S08W05)01	78 329	37 910	2319 918	2319 849	2319 841	2319 803	2319 835	2319 808	2319 810	2319 810	2319 774	
1423	M(S08W05)02	77 512	37 726	2361 911	2361 832	2361 813	2361 785	2361 818	2361 788	2361 804	2361 798	2361 761	
1424	M(S08W06)01	77 074	37 950							2408 088	2408 082	2408 041	R-96
1425	M(S08W06)03	76 870	37 420			2383 981	2383 965	2383 999	2383 968	2383 985	2383 981	2383 135	R-87,89,00
1426	M(S08W07)01	75 551	37 186							2470 922	2470 919	2470 862	R-96
1427	M(S08W08)01	74 360	37 186							2540 907	2540 905	2540 856	R-96
1428	M(S08W09)01	73 149	38 506							2585 094	2585 086	2585 063	R-96
1448	M(S09W06)01	76 025	37 143			2419 835	2419 830	2419 865	2419 829	2419 850	2419 847	2419 807	R-87
1449	M(S09W07)01	75 383	36 683			2442 112	2442 138	2442 791	2442 317	2442 718	2442 714	2442 672	R-87,89,92,94

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 8 RELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NUMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 84	COTA 85	COTA 87	COTA 89	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2.000	OBSERVACIONES
1450	M(S09W07)02	74 713	36 162			2486 143	2486 139	2486 181	2486 136	2486 159	2486 155	2486 110	R-87,89,92,94
1451	M(S09W08)02	74 100	36 714			2538 422	2538 420	2538 467	2538 419	2538 448	2538 446	2538 398	R-87
1466	M(S10W03)01	82 115	35 218							2293 907	2293 888	2293 855	
1494	M(S11W04)01	79 446	34 118							2336 854	2336 844	2336 815	R-96
1497	M(S12E01)04	86 056	31 928	2240 479	2240 408	2240 385	2240 178	2240 163	2240 079	2240 051		2239 992	
1528	M(S14W04)01	79 617	30 020							2540 278	2540 284	2540 237	R-96
1664	P(S04W04)02	79 787	43 801		2284 409	2284 433		2284 428	2284 392	2284 403	2284 395	2284 365	
1666	P(S04W04)04	79 524	43 525		2300 710	2300 576		2300 576	2300 546	2300 556	2300 548	2301 503	R-00
1667	P(S04W04)05	80 370	43 064		2263 768	2263 764			2263 575	2263 214	2263 200	2263 163	R-94,96
1669	P(S04W05)02	78 883	43 862		2334 405	2334 420		2335 312	2335 273	2335 021	2335 016	2334 996	R-92,96
1680	P(S05W01)01	85 444	42 635		2232 253	2232 087	2231 790		2231 486	2231 357	2231 247	2231 171	
1681	P(S05W01)02	85 065	42 083		2233 410	2233 193	2233 130		2232 918	2232 653	2232 570	2232 518	R-87,89,96
1682	P(S05W01)03	85 298	41 623		2234 487	2233 864	2234 146		2234 536	2234 348	2234 432	2234 404	R-87,94
1683	P(S05W02)01	82 936	42 574		2238 789	2238 743	2238 649		2238 593	2238 749	2238 711		
1684	P(S05W02)02	83 782	41 868		2238 566	2238 578	2238 489		2238 447			2237 744	R-00
1685	P(S05W03)01	82 032	42 021		2246 104	2246 119	2246 027		2246 025	2246 015	2245 997	2245 954	
1686	P(S05W03)02	80 720	41 807		2260 322	2260 330			2260 281	2260 262	2260 261	2260 227	R-96,98
1687	P(S05W04)01	79 407	42 205		2288 914	2288 912			2288 867	2288 873	2288 868	2288 839	R-94
1688	P(S05W05)01	78 387	41 715		2346 279	2345 901			2345 704	2345 750	2345 740	2345 694	
1690	P(S06E01)01	86 931	41 377		2233 763	2233 577	2233 208		2233 789	2233 567	2233 411	2233 300	R-94
1692	P(S06E01)03	86 814	40 856		2233 770	2233 721			2233 239	2233 162	2233 065	2232 990	R-94
1693	P(S06E01)04	87 106	40 733		2233 792	2233 722	2233 505		2233 502	2233 434	2233 351	2233 319	R-94
1694	P(S06E01)05	85 648	40 641		2234 973	2234 887	2234 740	2234 700	2234 589	2234 553	2234 496	2234 444	R-87,00
1707	P(S06W01)01	84 627	40 917		2235 214	2235 182			2234 959	2234 946	2234 851	2234 796	R-98
1708	P(S06W01)02	85 152	40 641		2235 690	2235 659			2235 403	2235 378	2235 322	2235 287	R-87
1709	P(S06W03)01	81 740	40 948		2252 284	2252 328	2252 243		2252 272	2252 274	2252 258	2252 283	R-87,00
1710	P(S06W03)02	81 624	40 150		2254 361	2254 367	2254 288	2254 338	2253 961	2253 962	2254 242	2254 208	R-98
1711	P(S06W04)01	79 757	41 193		2292 399	2292 408		2292 399	2292 359	2292 378	2292 367	2292 371	R-87,00
1712	P(S06W04)02	79 116	40 978		2310 865	2310 883			2310 585	2310 595	2310 584	2310 552	R-94
1713	P(S06W05)01	79 437	41 193		2335 566	2335 580			2335 544	2335 558	2335 550	2335 510	
1714	P(S06W05)02	78 474	41 162		2343 154	2343 172		2343 393	2343 360	2343 367	2343 358	2343 325	
1715	P(S06W05)03	78 474	41 285		2343 155	2341 165			2341 143	2341 154	2341 146	2341 111	
1716	P(S06W05)04	77 833	40 794		2322 845	2322 862			2322 837	2322 852	2322 845	2322 808	
1717	P(S07E01)01	86 668	39 966		2235 127	2235 216	2235 423		2234 925	2234 879	2234 816	2234 782	R-85,87,89,94
1719	P(S07W01)01	85 152	39 659	2235 808	2235 792	2235 558		2235 634	2235 981	2235 964	2235 916	2235 848	R-94
1720	P(S07W02)01	83 140	39 874	2244 371	2244 167	2244 278			2244 173	2244 129	2244 132	2244 078	R-87,94,98

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 8 RELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NÚMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 84	COTA 85	COTA 87	COTA 89	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2.000	OBSERVACIONES
1721	P(S07W03)01	81 769	39 843		2254 581	2254 562	2254 473		2254 483	2254 483	2254 465	2236 157	R-00
1722	P(S07W03)02	82 149	37 972	2251 212	2251 197	2251 021			2251 084	2251 087	2251 231	2251 217	R-94,00
1723	P(S07W03)03	80 895	39 138		2261 018	2261 022	2260 938	2260 986	2261 007	2261 009	2260 612	2260 575	R-94,98
1724	P(S07W04)01	79 670	39 322	2278 982	2278 978	2279 075		2279 476	2279 413	2279 464	2279 454	2279 408	R-87,92
1725	P(S07W04)02	79 874	38 769	2288 434	2288 393	2288 409			2288 372	2288 388	2288 377	2288 341	R-87,94
1726	P(S07W05)01	79 028	39 168	2313 222	2313 228	2313 209		2313 202	2313 145	2313 192	2313 182	2313 142	
1727	P(S08E01)01	86 202	37 785			2236 631			2236 452	2236 456	2236 426	2236 427	
1728	P(S08E01)03	85 969	37 205	2237 63	2237 572	2237 548		2237 391	2237 313	2237 303	2237 265	2237 205	R-92
1732	P(S08W01)01	85 327	38 064		2237 880	2237 868			2237 838	2237 828	2237 790	2237 782	R-94
1733	P(S08W01)02	85 298	37 420	2238 981	2239 592	2239 584		2239 658	2239 501	2239 573	2239 480	2239 437	R-85,98
1734	P(S08W02)01	82 732	38 156	2244 810	2244 831	2244 809			2244 738	2244 729	2244 714	2244 656	R-00
1735	P(S08W03)01	82 061	38 432	2250 131	2250 114	2250 132			2250 069	2250 068	2250 052	2250 015	R-87
1736	P(S08W03)02	80 895	39 138		2261 018	2261 022	2260 938	2260 986	2261 007	2261 009	2261 089	2261 053	R-85,94,98
1737	P(S08W03)03	80 545	37 910	2273 064	2273 256	2272 768		2272 752	2272 706	2272 735	2272 722	2272 691	R-85
1738	P(S08W04)01	80 720	38 739	2267 398	2267 388	2267 402			2267 346	2267 343	2267 332	2266 848	R-00
1739	P(S08W04)02	79 991	37 941		2302 770	2302 756			2302 736	2309 031	2309 028	2308 999	R-94,96
1740	P(S08W05)01	78 212	38 677	2347 943	2347 915	2347 475			2347 434	2347 446	2347 437	2347 398	R-85
1741	P(S08W05)02	78 912	38 401	2318 585	2318 494	2318 488			2318 448	2318 459	2318 449	2318 411	R-85
1742	P(S08W05)03	78 270	38 340	2362 905	2362 857	2362 850			2362 808	2362 819	2362 810	2362 773	R-85,94
1743	P(S08W05)04	78 066	37 297	2326 566	2323 108	2323 118			2323 087	2323 098	2323 090	2326 580	R-00
1744	P(S08W07)01	74 888	38 401		2454 429	2454 382			2454 311	2454 352	2454 351	2454 299	
1745	P(S09E01)01	86 173	37 051	2237 017	2236 936	2236 904		2236 831	2237 352	2237 363	2237 342	2237 298	R-94
1747	P(S09E01)02	86 406	36 867	2235 935	2235 898	2235 890			2235 680	2235 678	2235 643	2235 638	R-94
1748	P(S09E01)03	86 494	36 867	2236 817	2236 193	2236 191			2235 799	2235 804	2235 776	2235 775	R-94
1749	P(S09E01)05	86 727	36 929			2237 221			2237 013	2237 004	2235 099	2235 083	R-98
1751	P(S09E01)08	85 706	37 113	2239 409	2239 361	2239 350		2239 216	2239 143	2239 137	2239 106	2239 047	
1752	P(S09E01)09	85 881	36 990			2239 715			2239 520	2239 513	2239 479	2239 477	
1754	P(S09E01)10	86 056	36 837	2240 076	2240 042	2240 014			2239 814	2239 809	2239 965	2239 710	R-98,00
1755	P(S09E01)11	86 231	36 714	2240 097	2240 055	2240 032			2239 843	2239 834	2239 802	2239 795	
1756	P(S09E01)12	86 406	35 591	2239 726	2239 695	2239 669			2239 490	2239 484	2239 450	2239 444	R-94
1757	P(S09E01)13	86 523	36 591			2239 314			2239 064	2239 048	2239 377	2239 357	R-98
1758	P(S09E01)14	86 727	36 376			2238 919			2238 669	2238 649	2238 607	2238 596	
1761	P(S09E01)17	85 560	37 021	2239 601	2239 558	2239 570			2239 698	2239 704	2239 682	2239 687	R-94
1762	P(S09E01)18	85 735	36 929	2239 502	2239 458	2239 456			2239 273	2239 271	2239 239	2239 239	
1763	P(S09E01)19	85 881	36 745	2238 439	2238 395	2238 385			2239 554	2238 298	2238 276	2238 277	R-94
1764	P(S09E01)20	86 214	36 459	2238 511	2238 466	2238 449			2238 258	2238 250	2238 221	2238 216	R-94

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

## FORMATO No. 8 RELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NÚMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 84	COTA 85	COTA 87	COTA 89	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2.000	OBSERVACIONES
1765	P(S09E01)21	86 308	36 422	2238 187	2238 144	2238 120			2237 931	2237 920	2237 893	2237 885	R-94
1766	P(S09E01)22	86 260	36 407	2237 915	2237 870	2237 847			2237 720	2237 708	2237 678	2237 671	R-94
1767	P(S09E01)26	86 727	36 670			2238 168			2237 285	2237 277	2237 236	2237 223	R-00
1768	P(S09E01)27	85 531	36 100	2242 522	2242 471	2242 483		2242 334	2242 268	2242 264	2242 224	2242 163	R-00
1769	P(S09E01)28	82 703	35 978	2238 730	2238 675	2238 662			2238 424	2238 411	2238 374	2238 366	R-00
1777	P(S09W01)01	85 415	37 113			2239 983		2239 869	2239 803	2239 799	2239 760	2239 711	R-00
1778	P(S09W01)02	84 744	36 070			2243 308			2243 109	2243 102	2243 066	2243 065	
1779	P(S09W02)01	83 315	36 039	2264 649	2264 559	2264 537			2264 190	2264 182	2264 150	2263 714	R-00
1780	P(S09W04)01	79 407	36 400	2324 707	2324 700	2324 373			2324 435	2324 439	2324 434	2324 404	
1781	P(S09W06)01	76 754	36 346			2387 853		2387 781	2387 757	2387 762	2387 758	2387 724	
1782	P(S09W09)01	71 796	37 082	2653 656	2653 492	2653 337		2653 471	2653 407	2653 436	2653 453	2653 366	R-92,96
1794	P(S10W01)01	85 298	35 579	2242 191	2242 141	2242 151		2242 010	2241 947	2241 945	2241 906	2242 010	
1795	P(S10W01)02	85 109	34 563			2243 159			2242 952	2242 949	2242 918	2242 827	R-00
1798	P(S10W05)02	77 862	35 671		2366 906	2366 906	2366 852		2367 250	2367 451	2367 450	2367 422	R-94
1799	P(S11E01)01	86 464	34 321	2236 914	2236 829	2236 710		2236 435	2236 352	2236 267	2236 192	2236 187	
1800	P(S11E01)02	85 910	34 413			2238 900			2238 570	2238 554	2238 520	2238 384	R-00
1801	P(S11E01)03	86 464	33 217		2236 163	2236 113			2236 032	2235 978	2235 945	2236 573	R-94,00
1809	P(S11W01)01	84 306	33 830	2244 266	2244 221	2244 207		2243 952	2244 002	2243 981	2243 952	2243 939	R-94
1811	P(S11W02)02	83 140	33 247			2252 471			2252 520	2252 541	2251 925	2252 499	R-94
1812	P(S11W03)01	81 641	33 290	2270 185	2270 167	2270 186			2270 134	2270 156	2270 148	2269 986	R-00
1813	P(S11W03)02	81 303	33 155	2279 850	2279 827	2279 845		2279 822	2279 799	2279 820	2279 813	2279 997	R-00
1814	P(S11W04)01	80 516	34 045		2294 088	2294 098		2294 381	2294 361	2294 376	2294 370	2294 343	
1815	P(S11W04)02	79 816	33 493	2304 210	2304 165	2304 177			2304 096	2304 113	2304 103	2303 717	R-00
1816	P(S12E01)01	86 581	32 235	2236 937	2236 840	2236 740		2236 572	2236 321	2236 274	2236 145	2236 178	R-00
1822	P(S12W01)01	84 248	32 818	2245 640	2245 625	2245 622		2245 681	2245 633	2245 653	2245 639	2245 529	R-92,00
1823	P(S12W02)01	82 586	32 327	2276 889	2276 741	2276 914			2276 842	2276 863	2276 851	2276 824	
1824	P(S12W02)02	83 548	32 327	2253 982	2253 977	2253 976		2253 922	2253 887	2253 896	2253 884	2253 699	R-00
1825	P(S12W03)01	80 807	32 910	2308 134	2308 106	2308 127		2308 108	2308 070	2308 105	2308 123	2308 052	R-92
1826	P(S12W03)02	81 099	32 265	2316 329	2316 339	2316 340			2316 274	2316 295	2316 293	2316 254	
1828	P(S13W01)01	85 006	30 916		2286 160	2286 163			2286 069	2286 079	2286 058	2286 011	R-94

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2,000

### FORMATO No. 8 RELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL CON SUS COTAS EN CADA PERIODO

NÚMERO DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 84	COTA 85	COTA 87	COTA 89	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2.000	OBSERVACIONES
1829	P(S13W01)02	84 919	30 946		2289 377		2289 382		2289 292	2289 308	2289 291	2292 730	R-00
1830	P(S13W02)01	82 324	31 560	2285 218	2285 224	2285 206		2285 184	2285 158	2285 179	2285 171	2285 224	R-00
1831	P(S13W02)02	82 644	31 130	2291 332	2291 337	2291 311		2291 308	2291 277	2291 295	2291 28	2291 993	R-92.00
1832	P(S13W03)01	81 040	31 529	2339 914	2339 916	2339 919			2339 863	2339 885	2339 880	2340 120	R-00

#### NOTAS

\* EN LA COLUMNA DE OBSERVACIONES, INDICAR LAS REPOSICIONES QUE HA TENIDO LOS BANCOS EJ R-94, R-96, ETC

\* LAS COTAS UTM QUE SE DEBEN CONSIDERAR, SON LAS CONSIDERADAS EN LOS PLANOS DE INFO-GUIA 99 CON LA UBICACIÓN CORRESPONDIENTE DE CADA BANCO DE NIVEL.

## NIVELACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL 2.000

FORMATO No. 9 RELACIÓN DE BANCOS DE NIVEL PARA CONFIGURAR  
LAS CURVAS DE IGUAL HUNDIMIENTO. (DIFERENCIAS)

NÚMERO DE FOLIO	CLAVE DEL BANCO	HUNDIMIENTO 84-2.000	HUNDIMIENTO 85-2.000	HUNDIMIENTO 87-2.000	HUNDIMIENTO 89-2.000	HUNDIMIENTO 92-2.000	HUNDIMIENTO 94-2.000	HUNDIMIENTO 96-2.000	HUNDIMIENTO 98-2.000	OBSERVACIONES
593	B(S04 W01)02					0.368	0.224	0.152	0.061	
596	B(S04W05)01	-0.555	0.033	0.053	0.032	0.078	0.034	0.039	0.030	
597	B(S04W05)02					0.057	0.028	0.035	0.028	R-89,92
598	B(S04W06)01	0.056	0.012	0.030	0.011	0.062	0.027	0.038	0.032	
599	B(S04W06)02					0.063	0.028	0.038	0.033	R-92
603	B(S04W08)02	0.258	0.010	0.026	0.010	0.043	0.033	0.046	0.047	
604	B(S05E01)03									0.092 R-92,98
636	B(S05W01)01		0.620	0.541	0.384	0.313	0.192	0.154	0.082	
637	B(S05W01)02		0.330	0.298	0.179	0.171	0.094	0.095	0.057	
538	B(S05W01)03					0.291	0.174	0.120	0.041	
639	B(S05W01)04					0.387	0.238	0.151	0.055	
640	B(S05W02)01		0.307	0.263	0.170	0.182	0.127	0.100	0.062	
641	B(S05W02)02	0.213	0.167	0.173	0.090	0.116	0.081	0.068	0.046	
642	B(S05W03)01									0.043 R-98
643	B(S05W03)02		0.231	0.196	0.118	0.140	0.094	0.078	0.053	R-85
644	B(S05W04)01	0.127	0.116	0.105	0.054	0.088	0.052	0.051	0.039	
645	B(S05W05)01		0.049	0.053	0.047	0.055	0.019	0.035	0.028	R-85
646	B(S05W05)02		0.106	0.109	0.104	0.089	0.055	0.051	0.036	R-85
647	B(S05W05)03		0.064	0.058	0.063	0.064	0.011	0.054	0.047	
648	B(S05W05)04		0.037	0.035	0.035	0.043	0.016	0.023	0.023	R-85
649	B(S05W06)01				-0.052	0.035	-0.009	0.007	0.003	R-85,87,89
650	B(S05W06)02			0.054	-0.068	0.063	0.019	0.038	0.034	R-87
651	B(S05W07)01						0.025	0.037	0.035	R-94
652	B(S05W07)02	0.088	-0.007	0.020	-0.008	0.068	0.030	0.043	0.039	
653	B(S05W08)01				0.007	0.075	0.038	0.050	0.051	R-87,89
654	B(S05W08)02	0.078	-0.011	0.019	-0.011	0.070	0.032	0.044	0.045	
655	B(S05W08)03					0.074	0.035	0.046	0.046	R-92
656	B(S05W08)04									R-87,89,92,00
657	B(S05W08)05					0.054	0.038	0.050	0.051	
658	B(S05W08)06						0.038	0.052	0.053	R-94
661	B(S05W09)03									R-98,00
664	B(S06E01)01	0.876	0.766	0.661	0.456	0.343	0.202	0.140	0.054	
665	B(S06E01)03						0.126	0.091	0.028	R-94
689	B(S06W01)01		0.287	0.274	0.174	0.183	0.101	0.094	0.056	
690	B(S06W01)02		0.545	0.472	0.302	0.244	0.133	0.095	0.029	
691	B(S06W01)03					0.177	0.086	0.066	0.017	
692	B(S06W01)04					0.175	0.084	0.068	0.018	
693	B(S06W01)05					0.176	0.090	0.067	0.018	
694	B(S06W02)01	0.210	0.199	0.184	0.116	0.137	0.090	0.074	0.050	
695	B(S06W02)02	0.273	0.238	0.210	0.142	0.150	0.102	0.076	0.051	
696	B(S06W03)01					0.082	0.054	0.056	0.042	R-85,92
697	B(S06W03)02		0.137	0.129	0.069	0.104	0.072	0.069	0.044	
698	B(S06W03)03	0.085	-0.936	0.069	0.032	0.038	0.038	0.042	0.031	

FORMATO No. 10

Programa de actividades  
de nivelación de los bancos de nivel 2000  
implantados por la DGCOH y CNA.

Fecha: 26 de Julio de 2001

Actividades	Avance	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6
		del 24-Jul-2000 al 23-Jul-2000	del 24-Jul-2000 al 23-Ago-2000	del 24-Ago-2000 al 23-Sep-2000	del 24-Sep-2000 al 23-Oct-2000	del 24-Oct-2000 al 23-Nov-2000	del 24-Nov-2000 al 19-Dic-2000
1.- Recopilación y análisis de la información	Programado (%) Real (%)	100.00% 100.00%					
2.- Recorridos de reconocimiento para la ubicación de los bancos	Programado (%) Real (%)	50.00% 100.00%	50.00%				
3.- Reposición de placas de bancos de nivel	Programado (%) Real (%)	50.00% 100.00%	50.00%				
4.- Trabajos topográficos de nivelación de precisión de bancos de nivel	Programado (%) Real (%)		25.00%	25.00%	50.00%		
5.- Actualización de la base de datos y fichas de los bancos de nivel	Programado (%) Real (%)			25.00%	25.00%	50.00%	
6.- Actualización de planos de recorrido	Programado (%) Real (%)				75.00%	50.00%	50.00%
8.- Informe final	Programado (%) Real (%)						100.00%

(GRIS)

Programado:

(VERDE)

Avance Real:

(AMARILLO)

ADELANTADO

(ROJO)

DENTRO DE  
PROGRAMA

ATRAZADO

**Nota.**

\* Al llenar esta tabla, en los parentesis, indicar los valores respectivos a la fecha de corte, estos reportes deberán ser por lo menos uno al mes

\* esta tabla deberá ser a color tal como se indica en cada una de las leyendas

### 3.5. Elaboración de fichas técnicas.

La DGCOH actualmente cuenta con 2,174 fichas técnicas actualizadas hasta el año 2000, cada ficha se compone de cuatro hojas que son: croquis de localización de la zona, hoja de fotografías, hoja de datos estadísticos y hoja de gráfica de evolución de hundimiento. El croquis de localización se compone de dos partes, uno relacionado a la zona general en el cual se ubica y otro de detalle en el cual se indica donde está ubicado el banco y una nota descriptiva de las referencias para localizar el banco con facilidad, en la hoja de fotografías existe una fotografía panorámica en la cual se aprecian algunas referencias para facilitar su ubicación en campo y otra fotografía de detalle en la cual se observa con claridad la placa del banco, la hoja de datos estadísticos es en la cual se tiene el registro de la evolución de los trabajos de nivelación realizados en los diferentes periodos, ahí aparecen las elevaciones con sus fechas en las cuales fueron nivelados, tanto el banco de partida como el banco de llegada, este último es al que hace referencia la ficha del banco, y por último la hoja cuatro contiene la gráfica de evolución de hundimiento misma que se forma indicando en el eje de las abscisas el tiempo en el que se han desarrollado las nivelaciones y en el eje de las ordenadas se ubica el valor de la cota correspondiente, además de una línea de tendencia que muestra el comportamiento de la evolución del hundimiento a futuro haciendo extrapolaciones con la ecuación en donde "y" está en función de "x", además del número de aproximaciones que se observa en la gráfica, entre más se acerque a 1, la línea de tendencia está más cercana a la línea real de evolución del hundimiento. Otra utilidad de la línea de tendencia es que en la forma que se encuentra la línea dentro de la curva tiene que ver con la consolidación de las arcillas y se puede prever cuando se dejará de hundir.

Para la actualización de la base de datos correspondiente a la zona Sur-Poniente del Distrito Federal fue proporcionada la de 1998 por personal de la Unidad de Planes Maestros de la DGCOH y así dejar registradas las elevaciones del año 2000.



En aquellos bancos donde existió una reposición de placa, se generó hoja de croquis de localización de detalle y croquis general de la zona incluyendo nota descriptiva de las referencias para la ubicación del banco de nivel; hoja de fotografías panorámica y de detalle, colocando en ambas fotografías una pizarra con la clave del banco de nivel y la fecha de nivelación del mismo. Para todos aquellos bancos nivelados y que no fueron repuestos solo se actualizó la hoja de datos estadísticos y la hoja de la gráfica de evolución del hundimiento.

Para las gráficas de evolución de hundimiento de los bancos en donde existiera placa repuesta se tomaron las siguientes consideraciones:

- ❖ Cuando es placa nueva, aparecerá la gráfica indicando con un punto la cota y la fecha correspondiente.
- ❖ Placa repuesta en 2000, la curva se elaborará uniendo todos los datos hasta uno antes del actual, el cual será indicado sólo con un punto.
- ❖ Si la placa aparece repuesta en una o más fechas anteriores al presente año, se unirán los puntos anteriores a la reposición que será la primera curva y posteriormente considerar los siguientes puntos para la segunda curva hasta antes de que este banco sea repuesto, si hay más reposiciones, se continuará haciendo el mismo procedimiento para las curvas.
- ❖ Si la placa fue implantada en una única fecha anterior, la gráfica se hará considerando a esta y a la elevación de 2000; se unirán los dos puntos y se elaborará la curva.

A continuación se muestra un ejemplo de las cuatro hojas o formatos que forman una ficha técnica de un banco de nivel.

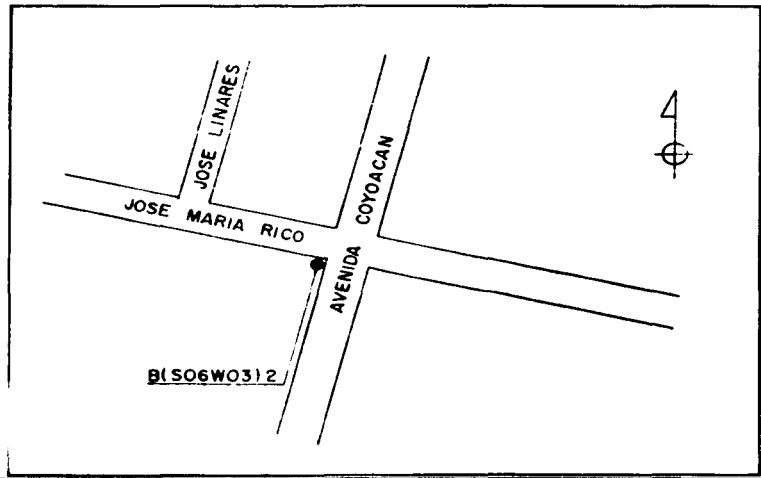
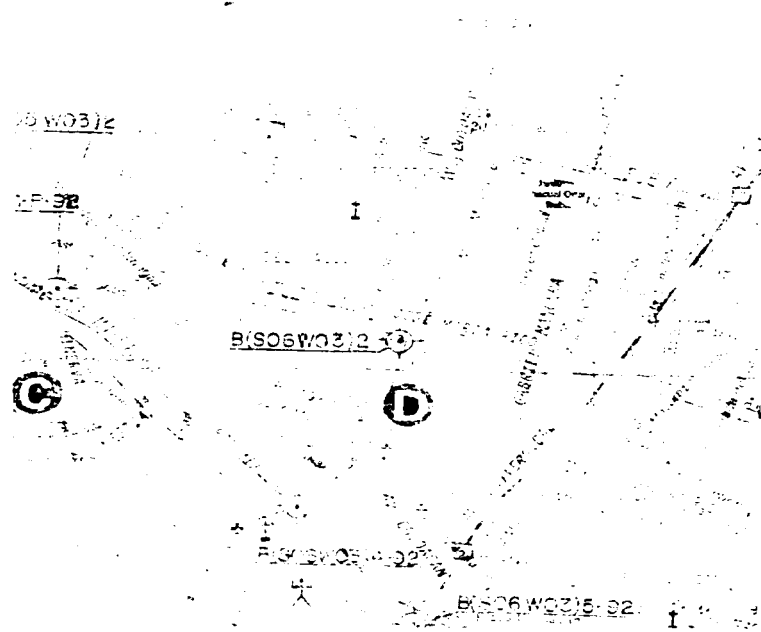


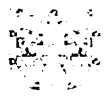
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
 SECRETARÍA GENERAL DE OBRAS  
 DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACION HIDRAULICA



DELEGACION BENITO JUAREZ

BANCO DE NIVEL CROQUIS DE LOCALIZACION	H(S06W03)02	COORDENADAS GEOGRAFICAS 99°10'18"-19°21'59"
	X: 81.974 Y: 41.254	





DELEGACION BENITO JUAREZ

AN	R(S06W03)02
X: 01.974 Y: 01.204	



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL**  
**Secretaría de Obras y Servicios**  
 Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica



		B/S06W0312	BENITO JUAREZ		
		+ 4' 054	+ 4' 054	39' 10' 18"	+ 19' 21' 53"
		ELEVACION	ELEVACION	ELEVACION	ELEVACION
PROYECTO	SECCION	ESTACION	PROYECTA	ELEVACION	OTRAS FUNCIONES
...	B/S06W0312	2 258 191	...	2 248 194	
...	B/S06W0312	2 258 194	...	2 248 197	
...	B/S06W0312	2 258 207	...	2 248 193	
...	B/S06W0312	...	...	2 248 153	
...	B/S06W0312	2 258 221	28 15 91	2 248 155	
...	B/S06W0312	2 258 192	4 02 94	2 248 156	
...	B/S06W0312	2 258 195	21 06 96	2 248 153	
...	B/S06W0312	2 255 161	20 10 96	2 248 128	
...	B/S06W0312	2 258 139	30 08 00	2 248 174	



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

**GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL**  
**Secretaría de Obras y Servicios**  
**Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica**



**BANCO DE NIVEL**

**B(S06W03)2**

DELEGACIÓN

**BENITO JUAREZ**

**CURVA DE HUNDIMIENTO**

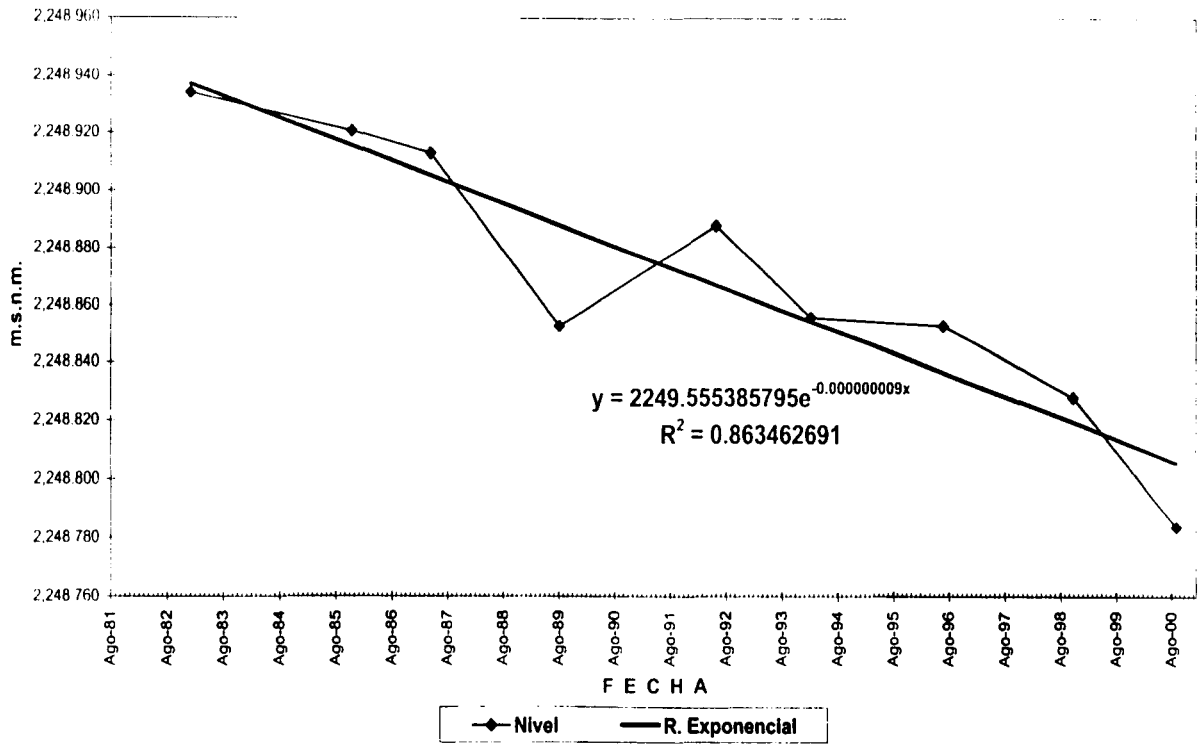
COORDENADAS UTM

**X:81.974**

COORDENADAS GEOGRAFICAS

**Y:41.254**

**99° 10'18" - 19° 21' 59"**



### **3.6. Curvas de igual hundimiento.**

La importancia de la nivelación se ve reflejada cuando se hace una interpretación de la misma, por esta razón se realizó una configuración del hundimiento que se ha presentado en todos los bancos del Distrito Federal.

Con la finalidad de determinar el hundimiento en el Distrito Federal se llevó a cabo la configuración diferencial de las cotas entre los años 1983 a 1998, ya que este periodo es el que comprende el mayor número de años del historial de nivelaciones realizadas por la DGCOH, en la figura 3.14 se muestra el hundimiento total en el periodo considerado y en la figura 3.15 el hundimiento promedio anual también en dicho periodo.

Para lo anterior, se ubicaron en una planimetría de INEGI los bancos del nivel con que cuenta la DGCOH, incluyendo los ubicados en el Estado de México, ya que estos últimos ayudarán a interpolar el hundimiento en los límites con el Distrito Federal el número de bancos ubicados en este último es de 1448, mismo que se encuentran uniformemente distribuidos en toda la zona con una separación entre ellos de 1,500 m como máximo.

Después de su ubicación en planos, se procedió a dar valores de hundimientos a cada uno de los bancos, se decidió considerar que el periodo que se configurara fuera el de 1983 a 1998 ya que este es el lapso más representativo del hundimiento, pues comprende un historial de 15 años, ya que para los objetivos de este hundimiento total, el periodo más largo es el más representativo del efecto que pudiesen tener los colectores.

Antes de iniciar la configuración fue necesario delimitar las zonas que no presentan hundimientos, como son las Sierras del Sur y Poniente así como la Sierra de Santa Catarina en el Oriente y Guadalupe al Norte, además de todos los cerros como son: el de la Estrella, El Peñón Viejo, Peñón de los Baños, etc. se delimitó la curva topográfica 2250 m.s.n.m. como curva cero o límite de la zona susceptible a hundimientos (zona plana) y zona que no se hunde (zona de sierras). Cabe mencionar que debido a la decisión de tomar como periodo considerado para el análisis de hundimiento 1983 y 1998, el número de bancos que

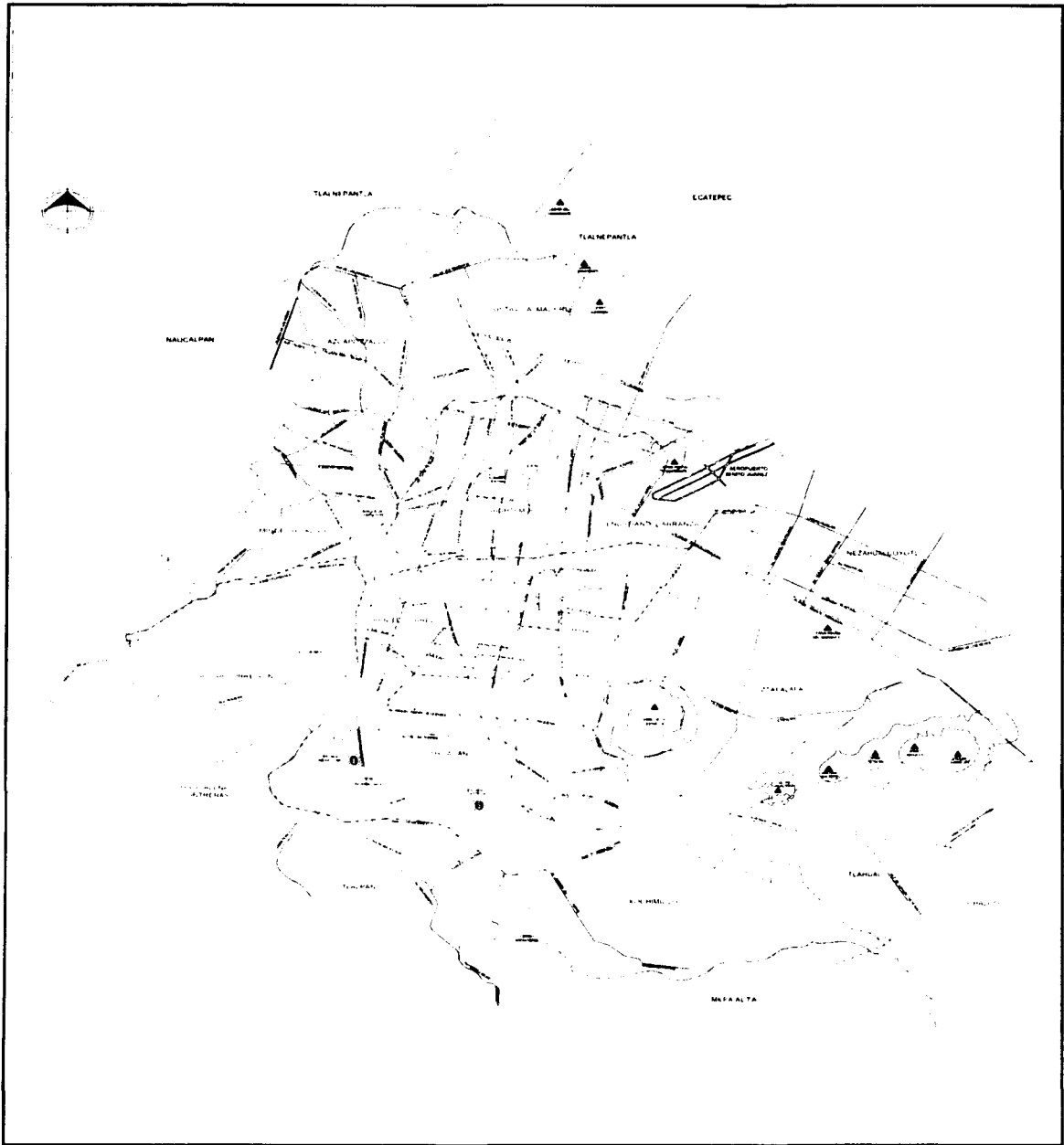
se consideraron para la configuración de los hundimientos se redujo, pues el número de bancos que se tenían en el año de 1983 es menor al de 1998 por lo cual el análisis se hizo con los bancos que fueron implementados en 1983 y aún se conservan en el 1998, posteriormente los bancos de nivel ubicados por arriba de la cota 2,250 m.s.n.m. quedaron fuera de este análisis por considerarse con hundimientos mínimos que dando como número final un total de 497 bancos.

Finalmente la configuración de curvas de igual hundimiento se elabora interpolando el hundimiento entre bancos por métodos computacionales; al observar los resultados de dicha configuración se determina que el periodo elegido (1983-1998) configura el hundimiento muy aproximado ya que la escasez de bancos de nivel en este periodo hace que las curvas sean interpoladas entre banco y banco a una distancia muy grande, pero da idea del comportamiento regional de los hundimientos presentados en la Ciudad como se observa en las figuras 3.14 y 3.15.

Estas configuraciones son de gran utilidad para el desarrollo de diversos estudios, que involucren el hundimiento, así como el comportamiento de la infraestructura de drenaje y agua potable, por medio de estos estudios es posible identificar, las zonas con mayor problemática de encharcamientos, agrietamientos y fugas de agua principalmente.







*Figura 3.15. Hundimiento promedio anual, periodo 1983-1998, dimensiones en centímetros.*

## **4. PROBLEMAS INDUCIDOS AL SISTEMA DE DRENAJE.**

### **4.1. Aspectos Generales.**

El drenaje en la ciudad de México funciona mediante un sistema combinado, es decir, en los mismos ductos se transportan las aguas residuales y las pluviales. Su estructura comienza en las redes secundarias y primarias, continua en el sistema general del desagüe y el drenaje profundo, hasta desembocar en el río El Salto a través del Portal de Salida. Posteriormente, el agua es conducida a la presa Requena donde sigue su trayecto hasta el río Tula y la presa Endó. El río Tula es efluente del Moctezuma y éste, a su vez, del Pánuco que descarga en el Golfo de México.

En 1930 se terminó la primera red de drenaje por gravedad, consistente en un sistema de tuberías que descargaban al Gran Canal y en el lago de Texcoco.

Desde principios de siglo hasta 1936, los hundimientos de la ciudad de México se mantuvieron en el orden de cinco centímetros por año. Al aumentar la demanda de agua, se inició la perforación de pozos profundos, y entre 1938 y 1948, el hundimiento en el centro del Distrito Federal se incrementó a 18 centímetros por año, para llegar después a 30 y 50 centímetros anuales. Como consecuencia, el drenaje proyectado para trabajar por gravedad requirió de bombeo para elevar las aguas hasta el nivel del Gran Canal, con un gran incremento en los costos de operación y mantenimiento. En 1960 se construyeron el Interceptor y el Emisor del Poniente, con objeto de recibir y desalojar las aguas del oeste de la cuenca, descargándolas a través del tajo de Nochistongo.

No obstante, el desmesurado crecimiento de la Ciudad volvió insuficientes las capacidades de operación como drenaje, del Gran Canal de desagüe y del Emisor del Poniente, para 1970 el hundimiento había sido tal que el nivel del lago de Texcoco, que en 1910 se hallaba 1.90 m por debajo del centro de la Ciudad, ahora se encontraba 5.50 m por arriba, de tal forma que se requería de un sistema de drenaje que no fuera afectado por los asentamientos del terreno, que no necesitara bombeo y que expulsara las aguas por una cuarta salida artificial, por lo que era necesario construir el Sistema de Drenaje Profundo de la ciudad de México. Actualmente dicho sistema es la columna vertebral del drenaje de la Ciudad y se han construido cerca de 164 km, abasteciendo del servicio a las zonas más alejadas respecto a las salidas con que cuenta dicho sistema, a pesar de esto este sistema presenta problemas de capacidad en su desalojo durante tormentas de mediana intensidad, pues los conductos que le ayudaban al desalojo de las aguas han perdido su capacidad de conducción como se mencionó anteriormente (Gran canal del Desagüe), otro de los problemas que presenta este sistema es que en las zonas más alejadas como son La parte Oriente y Sur de la Ciudad, los colectores que descargan a él no son aliviados completamente ya que por sus bajas pendientes y sus grandes longitudes estos no alcanzan a desfogar sus aguas hacia este sistema aunque su descarga sea libre, por lo cual se provocan encharcamientos en sus zonas de influencia.

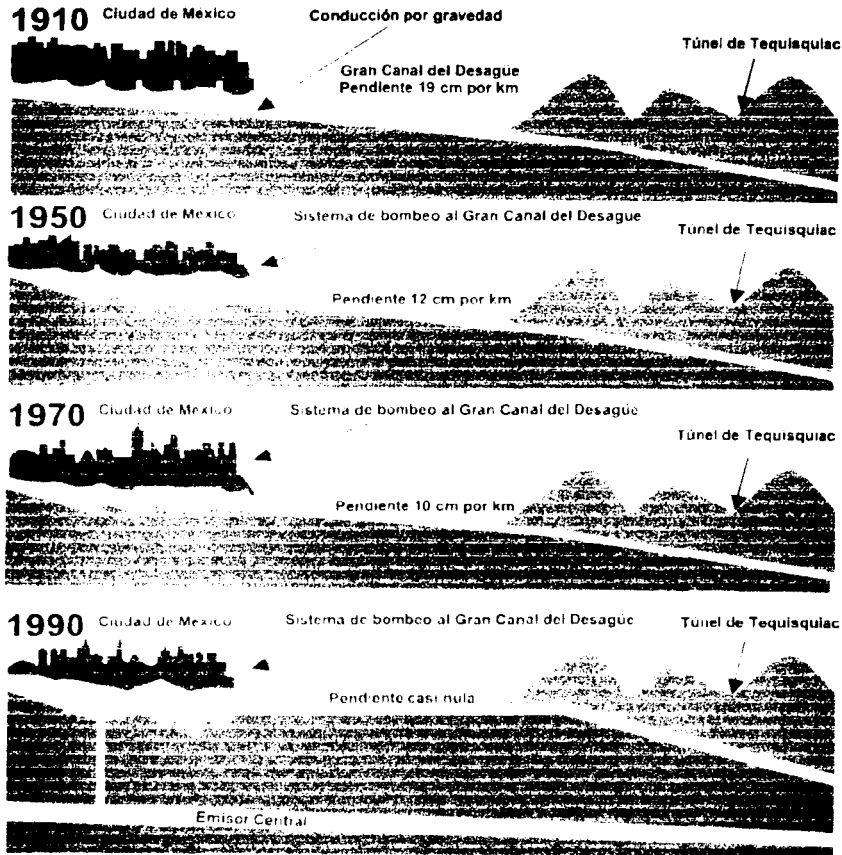


Figura No. 4.1. El hundimiento de la ciudad de México.

## 4.2. Encharcamientos.

Con la finalidad de contrarrestar estos efectos producidos por los encharcamientos, en un periodo de 8 años se implementaron 29 plantas de bombeo y a la fecha se cuenta con 85 plantas de bombeo y 91 plantas en pasos a desnivel. El desarrollo de la red secundaria (10,237 km) y primaria (2,036 km) de drenaje fue de los más grandes, así mismo se entubaron rios y canales importantes que eran focos de infección como son Churubusco (21 km), La Piedad (11.3 km), Consulado (10.4 km) y Gran Canal (6.6 km).

El crecimiento urbano continuo de la misma forma que los encharcamientos, a pesar de la infraestructura construida, los encharcamientos siguieron presentándose, por esta razón en 1954 se creó la Dirección General de Obras Hidráulicas, la cual propuso un plan general para detener el hundimiento de la Ciudad, el cual consistió en abastecer a esta de agua potable con dotacion suficiente y disponer de un sistema de drenaje adecuado.

Dentro de las medidas tomadas se tiene la suspension de pozos sobre todo en las zonas con mayor hundimiento, en lo que respecta al sistema de drenaje se propuso un nuevo sistema el cual no fuera afectado por los hundimientos y funcionara por gravedad evitando con esto la captacion de las aguas que se llevara a cabo por medio del costoso bombeo. Este sistema es el que actualmente conocemos como Drenaje Profundo, la primera etapa de este sistema se concluyó en 1975 y actualmente su desarrollo alcanza 154.1 km de tunel.

A pesar de los enormes esfuerzos realizados para mejorar el servicio de drenaje, aún se siguen presentando algunas zonas con problemas de encharcamientos, como se observa en la figura 4.2, que se deben a multiples causas, pero sobre todo al hundimiento de la Ciudad pues los daños que produce este sobre la infraestructura del sistema hidráulico son irreversibles.

Para clasificar los encharcamientos es necesario recurrir a su origen o causa. Inicialmente se puede comentar que de acuerdo con las estadísticas, se consideran diversos tipos de encharcamientos entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

*Coladera obstruida.* Este tipo de encharcamientos se presenta más frecuentemente y es causado por el taponamiento de las coladeras debido a la gran cantidad de basura que se deposita en las calles, que es arrastrada por las lluvias bloqueando parcial o totalmente las coladeras, su solución es sencilla ya que consiste en limpiar esta para que el agua ingrese.

*Atarjea obstruida.* La basura que logra entrar por las coladeras se deposita en las atarjeas que son los tubos que conectan a la coladera con la red municipal; estos tubos al estar azolvados no permiten la entrada del agua de las calles provocando encharcamientos, la limpieza es más complicada que la anterior y se requiere en ocasiones de equipo especial, como son los equipos hidroneumáticos

*Falta de bombeo.* Cuando se presentan las lluvias y los sistemas de drenaje depende de un equipo de bombeo para evacuar sus aguas y este sufre anomalías en su funcionamiento (falta de energía eléctrica, descomposturas en el equipo, etc.) se presentan encharcamientos en las calles, debido a la falta de bombeo para la evacuación de las aguas, la duración de los encharcamientos dependerá del tiempo de reparación de la anomalía presentada.

*Falta de drenaje.* Se suscita cuando en algunas zonas se presenta una tormenta y no hay infraestructura de drenaje para evacuar las aguas, por lo cual, los encharcamientos duraran hasta que el agua se evapore, o se infiltre.

*Filtraciones.* Esta falla se presenta raras veces y es debida a que en zonas bajas o deprimidas se acumula agua producto de filtraciones de la red municipal o de las aguas que se infiltran en zonas permeables y aflora en estas depresiones.

*Hundimiento de terreno.* Son encharcamientos que se presentan en depresiones del terreno causados por el fenómeno de hundimiento que al presentarse las lluvias se almacena el agua temporalmente en dichas depresiones, la solución consiste en proveer la infraestructura más eficiente a estos sitios para lograr una rápida evacuación.

*Insuficiencia de atarjeas.* Las atarjeas por ser tubos de diámetro relativamente pequeño, cuando las lluvias rebasan su capacidad de conducción son insuficientes para desalojar las mismas provocando encharcamientos.

*Insuficiencia de grieta.* Este tipo de encharcamiento es frecuente en zonas donde el drenaje se realiza por medio de conductos que descargan directamente a grietas naturales, conformadas por materiales permeables, estas se vuelven insuficientes para desalojar las aguas de las lluvias debido a que se colmatan no permitiendo el acceso del agua.

*Insuficiencia de colector.* Este problema se caracteriza por ser propiciado por mayores gastos que se aportan a los colectores debido al crecimiento del área urbana que incrementan dichos gastos de aportación, haciendo insuficiente al colector, otra causa muy importante que motiva esta insuficiencia son los hundimientos del terreno, ya que provocan contra pendientes en las tuberías haciéndolas insuficientes ante tormentas de diseño.

*Insuficiencia de pozos de absorción.* Este tipo de encharcamiento es producido por la insuficiencia que presentan los pozos de absorción que se ubican en zonas permeables del Distrito Federal, y es debido a que por las características de diseño, muchas veces el pozo no es bien calculado debido a que la permeabilidad de los materiales en la que se construye el pozo no es capaz de absorber el gasto aportado por la cuenca o bien, esta última es demasiado grande para la capacidad de absorción, por lo que el agua que no es absorbida por el terreno, otra razón es que el pozo se colmate provocando insuficiencia en su capacidad de absorción y se provoque el encharcamiento. Cualquiera de las dos causas provoca encharcamientos que permanezcan un tiempo considerable de acuerdo al grado de permeabilidad de la formación existente en la zona.

*Bajada de aguas broncas.* Este problema es común en zonas ubicadas al pie de los cerros o sierras en los cuales el grado de urbanización ubicado en ellos provoca que las aguas de lluvia no se infiltren y escurran hacia las partes bajas rápidamente, estas no pueden ser desalojadas con la infraestructura existente ni en el tiempo requerido, provocando el encharcamiento.



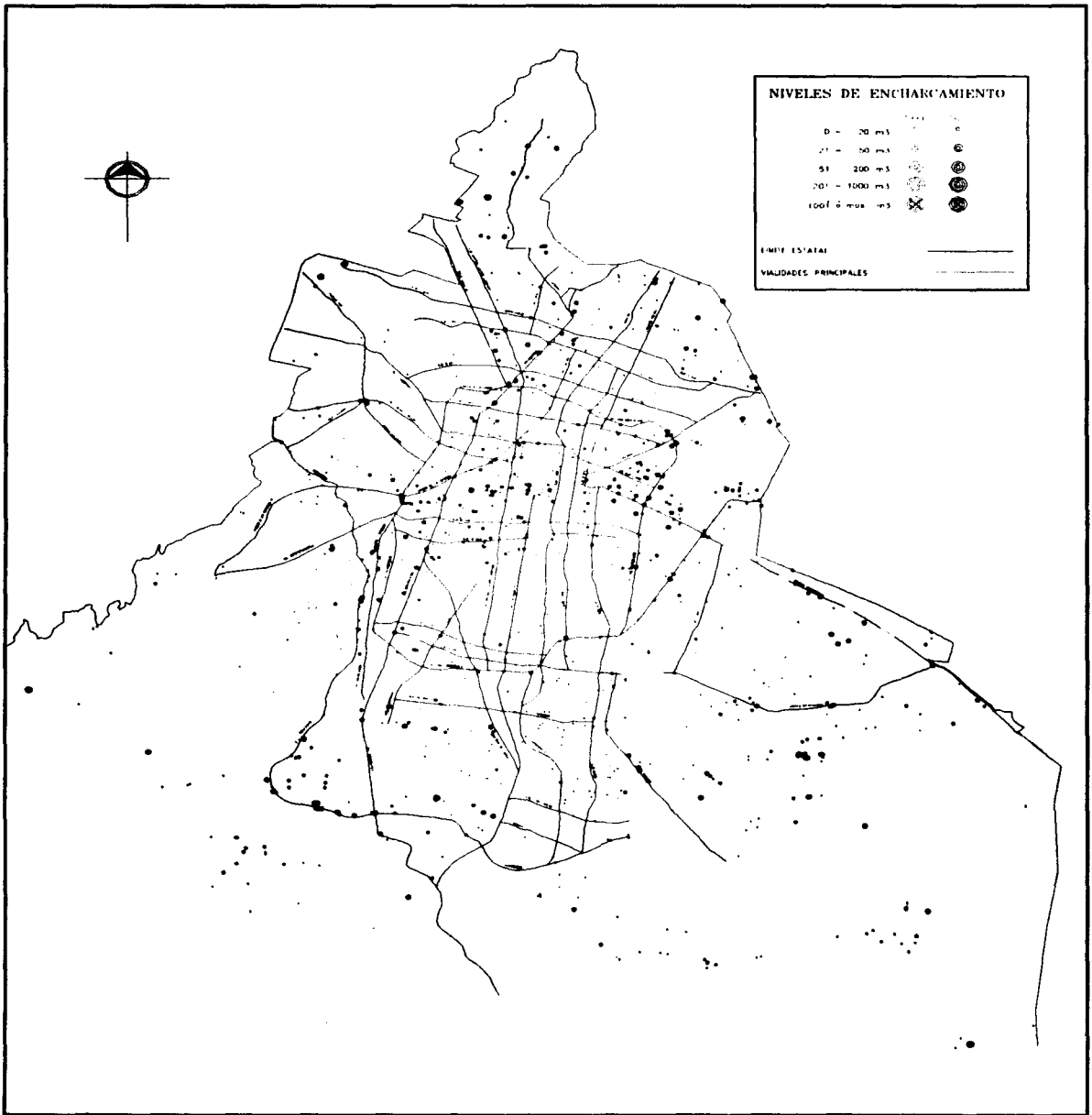


Figura 4.2. Encharcamientos en los años 1999 y 2000, en la ciudad de México.

Como se describió anteriormente, la diversidad de causas de los encharcamientos es variada y corresponde a la problemática que se tiene en el Distrito Federal: sobrepoblación, crecimiento urbano incontrolable, falta de servicios, variación en la composición estratigráfica del terreno, topografía y características en la precipitación; en esta última se tiene especial énfasis ya que se precipitan grandes cantidades de agua en lapsos cortos de tiempo lo que provoca que la operación de los sistemas de drenaje sean más vulnerables. (ver gráfica 4.1 y tabla 4.1)

Muchos de los encharcamientos que son reportados en la estadística por coladera obstruida dejan duda sobre el origen de los mismos, debido a que en las mismas fechas ante la misma tormenta en el reporte se presentan otros muy cercanos, pero por causa de insuficiencia de atarjea y colector, por lo que se considera que otro factor para que se clasifiquen los encharcamientos debe ser la frecuencia con que se presentan dichos encharcamientos en el mismo lugar y en diferentes fechas, lo anterior nos da idea de que al presentarse encharcamientos con las condiciones anteriores su clasificación se deberá seguramente a insuficiencia de colector o atarjea

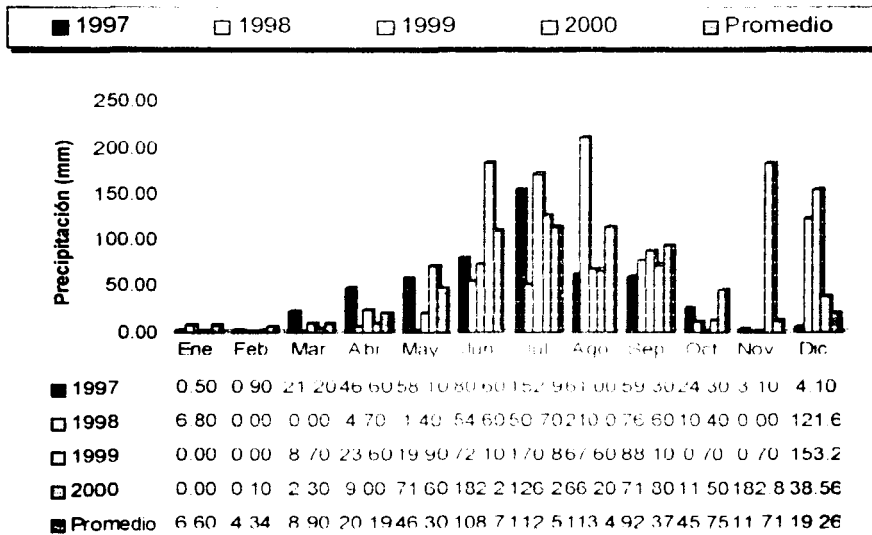
Asimismo, cuando los encharcamientos son muy aislados y no se repiten ni en el mismo lugar ni en la misma fecha y por lo general su magnitud es pequeña, se puede hablar de encharcamientos por coladera obstruida, este es el número de casos que más se presenta.

En el valle de México la precipitación media anual es de 700 mm, pues cada año, de mayo a octubre, se presentan lluvias que se caracterizan por su gran intensidad y corta duración. Además, durante este periodo se acumulan grandes cantidades de azolve en los componentes del sistema de drenaje, por lo que, la temporada de estiaje, es necesario llevar a cabo su limpieza para recuperar la capacidad de conducción y regulación, y dejar en condiciones óptimas de operación el sistema para la siguiente temporada de lluvias.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1988	0 10	3 70	41 90	9 70	54 00	100 80	104 00	92 00	74 30	7 90	7 90	0 00	496 30
1989	0 20	1 50	1 10	7 50	17 00	124 90	70 40	119 10	85 00	14 10	1 20	16 90	458 90
1990	9 20	6 80	8 50	20 80	66 50	129 60	141 40	123 60	89 60	86 20	0 10	0 40	682 70
1991	4 30	0 20	0 00	8 30	101 10	181 30	185 20	61 60	100 60	121 60	2 50	11 00	777 70
1992	21 40	15 70	4 80	13 30	83 50	47 50	88 50	171 90	127 70	92 90	45 10	3 20	715 50
1993	5 30	9 90	4 90	42 00	13 60	159 70	124 40	63 30	87 10	26 00	13 20	0 00	549 40
1994	2 90	0 30	3 10	38 40	18 60	135 50	124 50	94 00	132 90	47 70	3 90	3 70	610 50
1995	21 90	6 50	9 10	8 20	74 30	97 10	109 20	166 80	46 30	24 90	50 70	36 80	651 80
1996	0 00	2 20	3 30	22 60	21 20	84 30	86 70	79 10	136 70	47 30	1 10	14 20	498 70
1997	0 50	0 90	21 20	46 60	58 10	80 60	152 90	61 00	59 30	24 30	3 10	4 10	512 60
1998	6 80	0 00	0 00	4 70	1 40	54 60	50 70	210 00	76 60	10 40	0 00	121 60	536 80
1999	0 00	0 00	8 70	23 60	19 90	72 10	170 80	67 60	88 10	0 70	0 70	153 20	605 40
2000	0 00	0 10	2 30	9 00	71 60	182 20	126 20	66 20	71 80	11 50	182 80	38 56	762 26
Promedio	6 60	4 34	8 90	20 19	46 30	108 72	112 54	113 40	92 37	45 75	11 71	19 26	590 08

Tabla 4.1. Precipitación promedio anual en la ciudad de México.

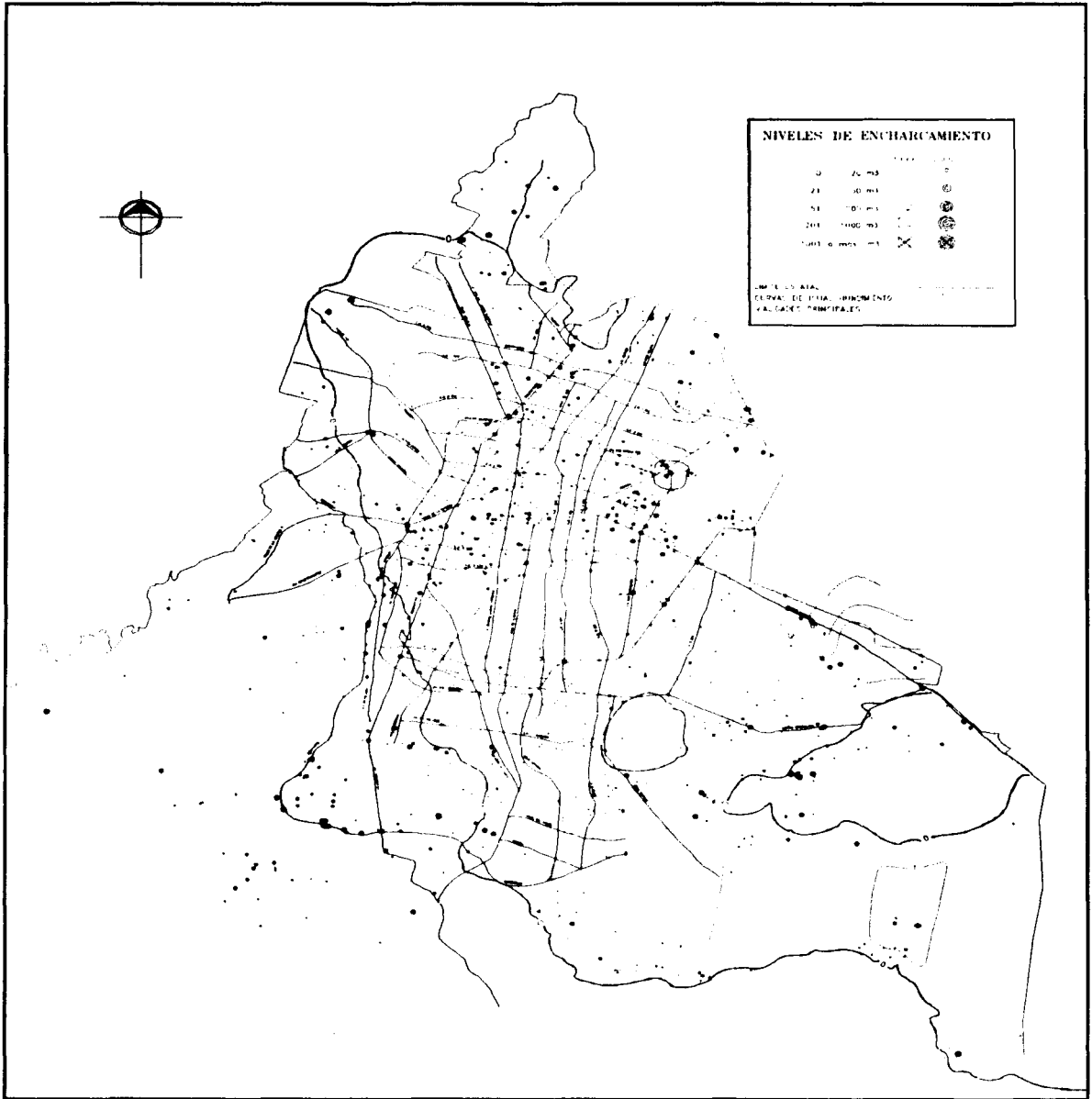
## PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL



Gráfica 4.1. Precipitación promedio anual en la ciudad de México.

Una de las utilidades de la configuración de curvas de igual hundimiento para el presente trabajo es la de poder sobreponer dicha configuración en los planos de la infraestructura de drenaje y considerando las contrapendientes que se presentan en los conductos y ubicando los encharcamientos se procede al análisis de los mismos, con la finalidad de determinar los efectos de los hundimientos sobre los colectores, este ejemplo se muestra en la figura 4.3.

Así mismo se puede determinar que en las zonas donde el hundimiento es mínimo los encharcamientos son nulos y conforme van incrementando el valor de las curvas de igual hundimiento la densidad de encharcamientos es mayor, como se observa en la figura 4.3, donde se sobrepuso los encharcamientos para los años 1999 y 2000, con las curvas de igual hundimiento totales en metros, en el periodo de 1983 a 1998, representadas en metros.



**Figura 4.3. Relación de encharcamientos y hundimientos, en la ciudad de México.**

### **4.3. Daños a la red primaria de drenaje.**

Parte primordial del sistema de drenaje combinado de la ciudad de México es la red primaria de colectores, la cual se define como la red de conductos con diámetros desde 0.61 m hasta 4.00 m y que son los que reciben las aguas negras y pluviales de la red secundaria y las conducen a los interceptores y emisores del Sistema General de Desagüe, para su evacuación fuera del Valle de Mexico, descargando a ellos por gravedad o con la ayuda de bombeo.

A pesar de que este trabajo se desarrolló con la finalidad de estudiar los hundimientos en la zona sur poniente así como sus efectos a la infraestructura de drenaje, se ha considerado la infraestructura de del Distrito Federal en general ya que los problemas más fuertes se tienen en el centro de la Ciudad.

La red primaria se puede clasificar en 110 subsistemas de colectores dentro del Distrito Federal, agrupados de acuerdo a sus descargas de la siguiente forma:

- Sistema Miramontes que comprende 22 subsistemas.
- Sistema río la Piedad, con 10 subsistemas.
- Sistema río Churubusco, con 13 subsistemas.
- Sistema San Buenaventura, con 3 subsistemas.
- Sistema Centro, con 45 subsistemas.
- Sistema Sur Oriente, con 17 subsistemas.

Con la finalidad de comprobar la problemática de la infraestructura primaria de drenaje que se presenta a causa de los hundimientos más adelante se explicaran algunos ejemplos del efecto de los hundimientos sobre la red primaria de drenaje y para esto se recopiló la información de los levantamientos topográficos de la infraestructura donde se presentan problemas. así tenemos que el levantamiento más completo con que cuenta la DGCOH es el del levantamiento de catastro realizado en el año de 1976, el cual cuenta con información detallada de cada colector, entre la información que se puede utilizar tenemos a los pozos de visita, que cuentan con la cota del brocal y las cotas de las diferentes plantillas de los conductos que llegan a él, esta información fue complementada con el levantamiento físico de redes del año de 1992 por la Comisión de Aguas del D.F. en cuanto al trazo de la infraestructura únicamente.

Con el fin de tener un más amplio conocimiento de los colectores que conforman el sistema y considerando su sitio de descarga de cada uno de los subsistemas, se describen a continuación únicamente los colectores que presentan problemas más fuertes y que su origen se debe a causa de los hundimientos. En dicha descripción se resumen las principales características de los sistemas mencionados, estudiando además la correlación del hundimiento del subsuelo y la problemática del Sistema de Drenaje, e identificando los colectores que presentan derrames a causa del hundimiento.

### ***Sistema Miramontes.***

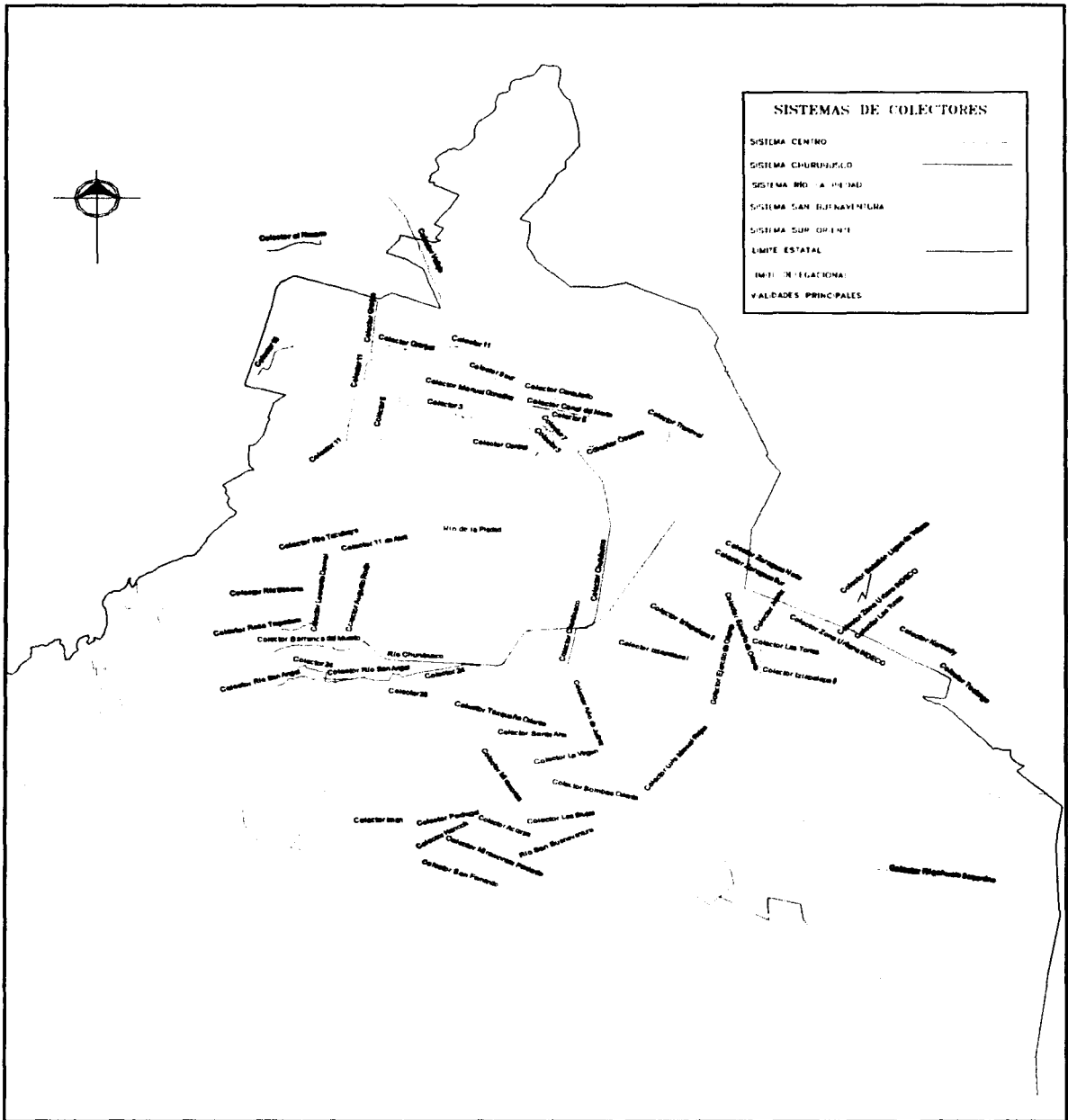
Este sistema drena las zonas sur y sur-oriente de la ciudad de México. Su cuenca está definida por los límites siguientes: al sur por el Periférico, al poniente por la avenida Insurgentes (C.U.) al norte por río Churubusco y al oriente por Canal Nacional-Canal de Chalco.

El sistema Miramontes drena un área total de 28 km<sup>2</sup> de la cual 26.49 km<sup>2</sup> y 1.51 km<sup>2</sup> corresponden a las áreas urbana y no urbana, respectivamente.

Como se observa en la figura 4-4 este sistema cuenta con dos conductos principales, el colector Miramontes, que tiene una capacidad de 20 m<sup>3</sup>/s, su longitud es de 8.7 km y su diámetro varía de 2.5 a 3.15 m y el colector Miramontes Poniente, su longitud es de 2.8 km y su diámetro de 1.83 m; en algunos tramos se tiene doble tubería y en el km 1.4 cambia a una sección cajón de 3 m x 2.2 m.

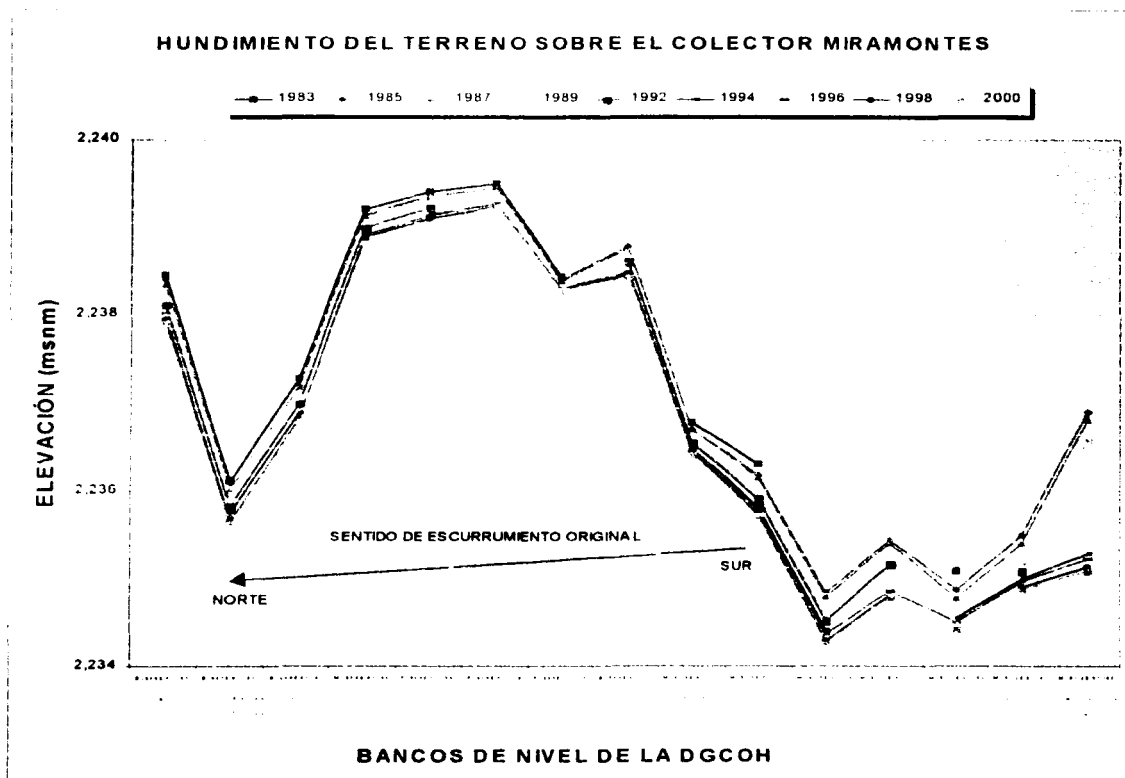
Este sistema comprende una gran zona que depende exclusivamente del colector Miramontes, en dicha zona se ubican diversos encharcamientos, pero estos han disminuido notablemente, debido a que entro en operación la planta de bombeo San Buenaventura que retiene las aguas de la cabecera de dicho colector bombeandola hacia la laguna de regulación Cienega Chica, pero el problema aun se sigue presentando, esto se debe principalmente al problema de insuficiencia de colector, la causa son fuertes hundimientos que se presentan en la zona que incluso han hecho cambiar de pendiente al colector Miramontes.





**Figura 4.4. Sistemas de colectores con problemas de hundimientos.**

Como se observa en la gráfica 4.2 el hundimiento regional se ha presentado en forma desfavorable a la pendiente del colector por lo cual ha tenido que captar al Interceptor Canal Nacional – Canal de Chalco, por medio del colector La Virgen y el Colector Andrómeda en las lumbreras 4 y 1, respectivamente.



*Gráfica 4.2. Hundimiento regional en el colector Miramontes.*

### ***Sistema Río Churubusco.***

El Churubusco es un río entubado que capta las aguas que se drenan en todo el sur de la ciudad de México, con un área urbana de 119.2 km<sup>2</sup>. los límites de sus diversas cuencas son las siguientes:

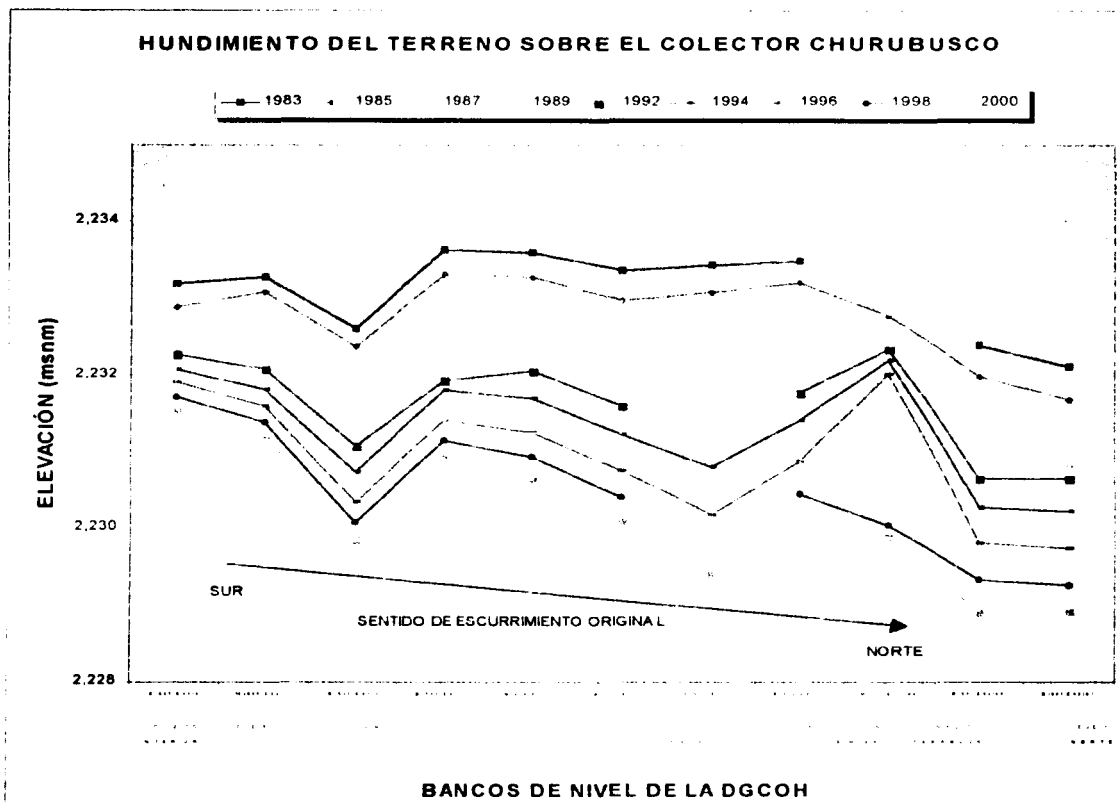
Cuenca del colector Apatlaco: Se limita al norte por el viaducto La Piedad, al sur por el río Churubusco, al poniente por el colector Pestalozzi y al oriente por la calzada de la Viga.

Cuencas correspondientes al semiprofundo Iztapalapa y al colector Iztapalapa 2: Su área está comprendida entre la calzada Ignacio Zaragoza, el río Churubusco, el cerro de La Estrella y los volcanes Yahalixqui y Xaltepec.

Como se observa en la figura 4.4 a este sistema descargan otros drenes de importancia como el colector Miramontes, el río San Buenaventura (una vez regulado en las ciénegas de Xochimilco) y el canal de Chalco.

La descarga del Río Churubusco se realiza principalmente al lago de Texcoco, aunque en época de lluvias, el río Churubusco y algunos sistemas que aportan a él, se alivian mediante descargas al sistema de Drenaje Profundo

Dentro de los colectores que presentan problemas se tiene el colector Churubusco, pues un sin número de encharcamientos de magnitudes considerables se ubican en su área de influencia principalmente a la altura de la confluencia con el colector Plutarco Elías Calles, el hundimiento regional afectado dicho conducto como se observa en la gráfica 4.3. Por lo cual la causa de los encharcamientos por la densidad se puede deducir que existe insuficiencia de la infraestructura debido a los hundimientos. A pesar de lo anterior en los planos de 1976 las pendientes de los colectores son buenas, pero la zona ha sido muy afectada por los hundimientos incluso la curva de hundimiento 3.0 m cruza en ésta zona, por lo cual seguramente la infraestructura ha sido afectada.



*Gráfica 4.3. Hundimiento regional en el colector Churubusco.*

Actualmente el área de influencia de éste sistema presenta relativamente pocos encharcamientos ya que este sistema ha sido aliviado por el sistema de Drenaje Profundo y las curvas de hundimientos siguen la tendencia de las pendientes de los colectores que conforman el sistema.

### ***Sistema Río de la Piedad.***

El río de La Piedad es un río entubado que recibe las descargas de los colectores Becerra, Leonardo Da Vinci, Gabriel Mancera, Augusto Rodin, 11 de Abril, Tacubaya, entre otros.

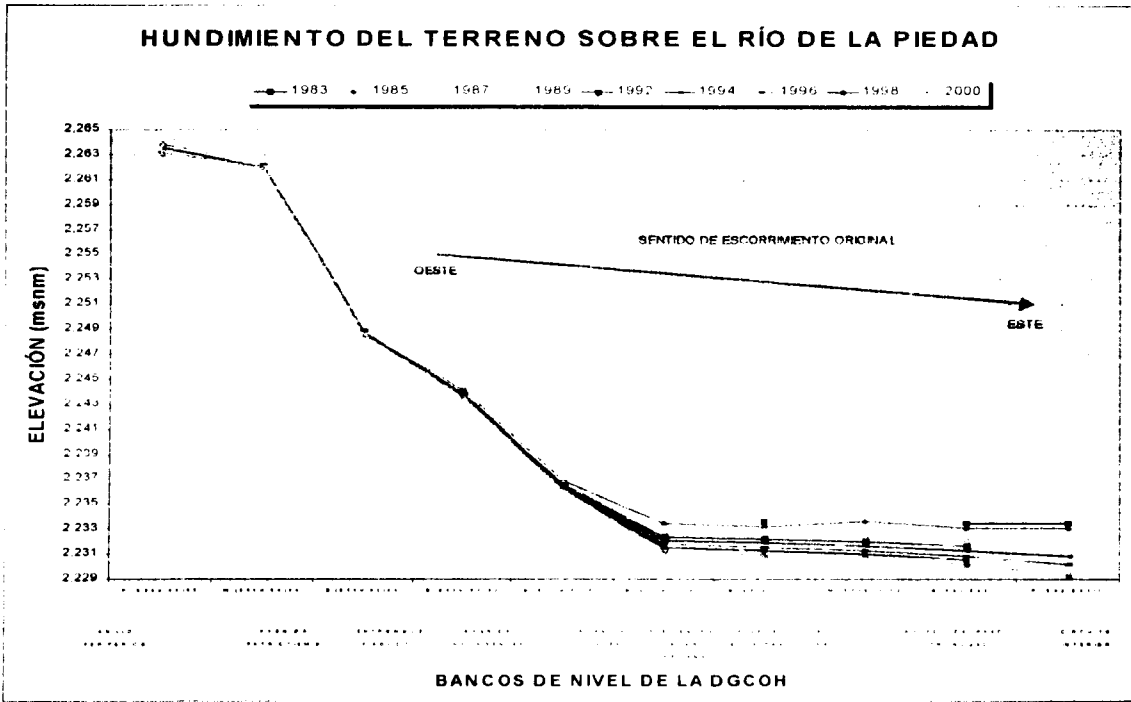
Como se observa en la figura 4.4 su trazo se desarrolla por el Boulevard Presidente Miguel Alemán; descarga parcialmente al semiprofundo Obrero Mundial y finalmente al Colector Churubusco. Su longitud de 11.83 km y sus diámetros de: 2.13 m, 3.15 m, 3.81 m, y un cajón de 5.03 x 3.63 m.

El área total que drena el sistema es de 19.07 km<sup>2</sup>, de los cuales 17.81 km<sup>2</sup> están urbanizados.

La descarga del sistema en época de estiaje es hacia el Gran Canal del Desagüe, en época de lluvias se abre la captación del semiprofundo Obrero Mundial, hacia el Interceptor Central.

Este sistema no presenta problemas en la parte poniente y los encharcamientos existentes en esta zona son aislados y de magnitudes mínimas, su origen se debe a taponamiento de atarjeas y coladeras por basura.

En este sistema no se presentan problemas de origen provocadas por hundimientos incluso su zona de influencia es la que menor índice de encharcamientos presenta, aparentemente como se observa en la gráfica 4.4 los hundimientos regionales no han afectado de manera importante al sistema pues las curvas de hundimiento favorecen la pendiente de los colectores que es de poniente a oriente e incluso el sistema se ha visto beneficiado por las múltiples captaciones al drenaje profundo.



*Gráfica 4.4. Hundimiento regional en el Río la Piedad.*

**Sistema Río San Buenaventura.**

El río conserva sus características naturales a lo largo de casi todo su desarrollo, con secciones a cielo abierto, herradura y doble cajón. Nace en el cerro del Ajusco, cerca del cruce con la autopista México - Cuernavaca, tiene un recorrido con dirección Poniente-Oriente hasta llegar al club de golf México, continua su recorrido a un lado del Periférico Sur y llega hasta la Ciénega Chica de Xochimilco en la cual descarga.

El sistema se compone básicamente de tres colectores: IMAN, Prolongación División del Norte y San Fernando. de estos colectores el IMAN y San Fernando quedan fuera del área de estudio por encontrarse en la zona que no se hunde, por lo que solamente el colector Prolongación División del Norte que es una prolongación del colector Miramontes del cual ya se trato su problemática anteriormente y solo resta comentar que este sistema actualmente conduce sus aguas a la planta de bombeo llamada San Buenaventura, que envía las aguas a la laguna de regulación Ciénega Chica en época de lluvias y en estiaje el conducto sigue su conducción normal por el colector Miramontes

El colector Prolongación División del Norte perteneciente a este sistema presenta algunos problemas en cuanto a su pendiente según la información de los levantamientos de 1976, para resolver estos problemas recientemente fue construido un colector de alivio paralelo con la finalidad de ayudar al existente, los dos colectores desfogán sus aguas a la planta de bombeo San Buenaventura y han sido aislados en su operación respecto al colector Miramontes con la cual se ha resuelto en parte los problemas que se presentaban.

### ***Sistema Centro.***

El sistema Centro está constituido por los colectores que, antes de entrar en operación el Sistema de Drenaje Profundo, drenaban hacia el Gran Canal del Desaguè el área limitada al poniente por el Interceptor Poniente, al sur por el río de La Piedad, al norte por el Río de los Remedios y al oriente por el Gran Canal

Como se observa en la figura 4.5 el perfil del colector central en 1952 es enteramente semejante al levantado en 1948, pero con una diferencia de niveles del orden de 2 m, la elevación de la clave en Cipres y Rivera de San Cosme es de 2233.4 m y la del km 0+000 de 2230.4 m, de lo que resultan, comparando con los datos respectivos de 1901, asentamientos de 4.3 y 4.8 m, respectivamente, los máximos hundimientos a lo largo del colector son de 5.8 m en Empanan y Rivera de San Cosme y de 6.0 m en Alarcon y Bravo.

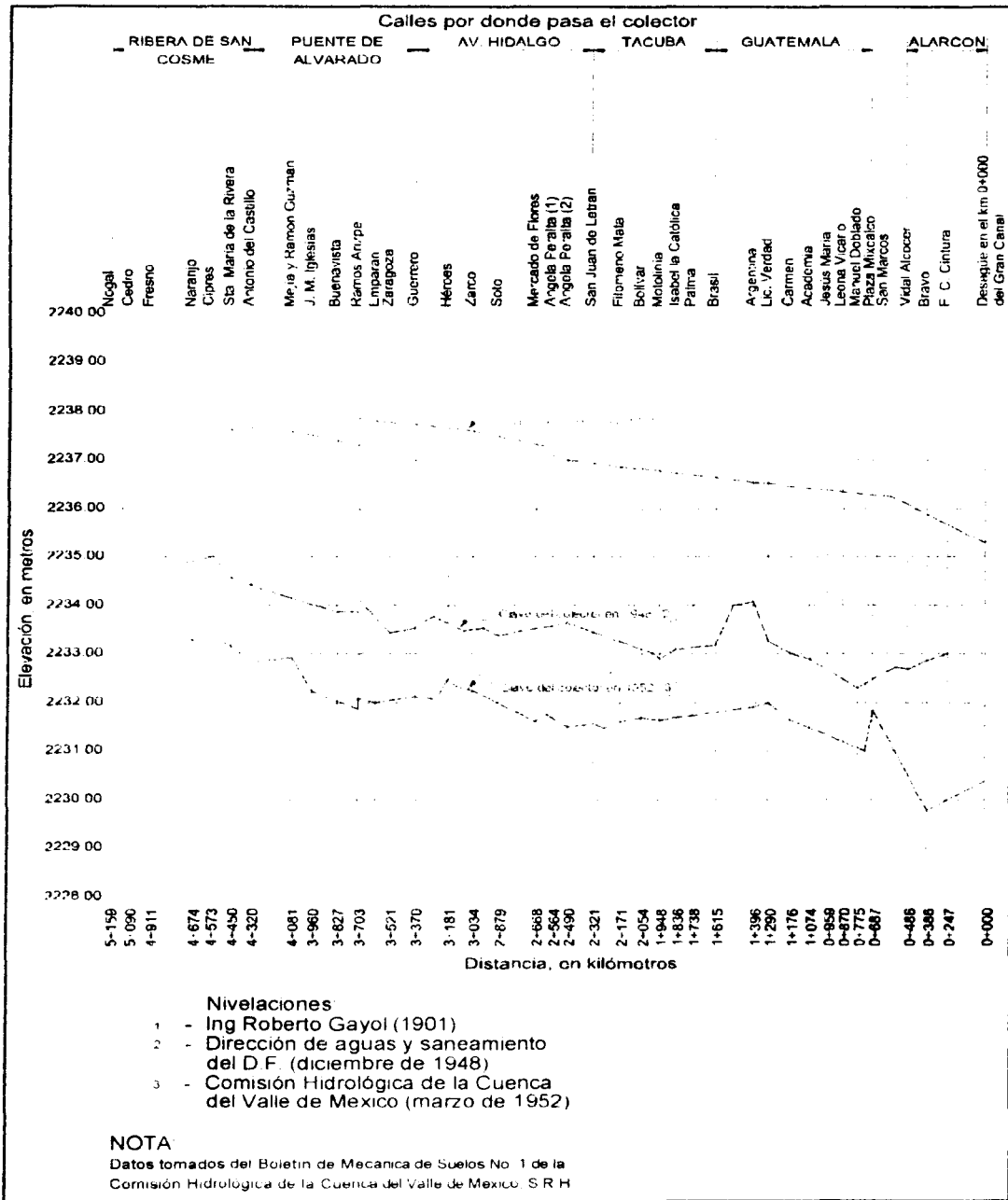
Las grandes inundaciones debidas a los hundimientos del colector obligaron a la construcción de un gran número de plantas de bombeo, con una capacidad total de 217 m<sup>3</sup>/s, para poder seguir drenando hacia el Gran Canal.

A pesar de estas obras, debido al crecimiento del área urbana y la gran longitud de recorrido de los colectores principales en un terreno mas o menos plano, las inundaciones, aunque de mucho menor magnitud, continuaron.

Mas recientemente, el sistema se beneficio de la construcción del Sistema de Drenaje Profundo, que intercepta a los colectores que conducen al flujo de poniente a oriente, y reduce drásticamente su recorrido

Los beneficios que han proporcionado estas obras al Sistema Centro se ven disminuidos por otros factores, como la ampliación de las áreas urbanas de aportación y los hundimientos diferenciales.





**Figura 4.5. Hundimiento del colector Central.**

Actualmente en la zona poniente del área de influencia de este sistema, los encharcamientos prácticamente son nulos y esto debido a que es el límite con la zona de transición y ahí los hundimientos no afectan a la infraestructura de drenaje y la conformación topográfica de esta zona hace que las aguas bajen rápidamente a la zona plana. En la parte norte de esta zona, se ubican encharcamientos que se presentan a causa de insuficiencia de atarjeas.

Al oriente del Gran Canal del Desagüe se presenta otro problema que se define de la siguiente manera: los conductos en esta zona drenan de oriente a poniente hacia el Gran Canal del Desagüe, en este caso el hundimiento se presenta con mayor magnitud en el oriente de la ciudad disminuyendo al poniente, lo que provoca que los colectores presenten contrapendientes, ya que en su recorrido cruzan zonas de mayor hundimiento a zonas de menor hundimiento.

Este sistema tiene varios colectores que presentan problemas como ya se mencionó, algunos de ellos son debido a influencia del hundimiento, entre los principales conductos que se analizan se tienen a los afluentes del colector 13 como es el colector Insurgentes Norte con diámetro de 0.76 m cuya pendiente en algunos de sus tramos es prácticamente nula, paralelamente a este conducto se tiene otro colector en el extremo poniente de Insurgentes el cual no cuenta con cotas en el levantamiento de 1976, sus aguas son desalojadas por medio de un sifón para incorporarlas al colector 13.

El colector Ruvirosa, aparentemente no tiene problemas de pendiente según el levantamiento físico de 1976 pero la zona se encuentra expuesta a hundimientos por lo que seguramente sus condiciones ya cambiaron.

El caso del colector avenida 510 es un caso muy interesante, ya que los hundimientos se presentan en contra de la pendiente del colector, en el levantamiento de 1976 el colector presentaba una pendiente favorable aunque en algunos tramos las pendientes eran mínimas, si consideramos los datos que reportan las curvas de hundimiento veremos que si se considera un hundimiento medio entre los puntos por donde pasan las curvas de hundimiento al inicio es de 25 cm y al final de 20 cm, por lo que la pendiente original del colector se ha reducido en casi 1 m en relación del punto inicial al final del colector a partir de 1976 a la fecha, lo que indica que la mitad de la pendiente se ha perdido provocando insuficiencia en el colector sobre todo en la parte inicial.

El mismo caso se presenta en el colector avenida 503 en las colonias Cuchilla del Tesoro, Unidad Habitacional CFM, Unidad Habitacional N. Bassols.

Los colectores de la colonia San Felipe de Jesús presentan buena pendiente en los planos de 1976, pero las curvas de hundimiento entre estos conductos indican que su pendiente se está invirtiendo e incluso ha sido necesario construir el colector Madrina 25 de julio que capta las descargas de estos y los incorpora por bombeo al Gran Canal de Desagüe.

Los colectores aledaños al Aeropuerto Internacional Benito Juárez presentan problemas de encharcamientos entre las curvas de hundimiento 2.0 y 2.5 m, por lo que seguramente han sido afectados por los hundimientos.

### ***Sistema Oriente.***

El Sistema Sur Oriente como se observa en la figura 4.4 se ubica dentro de las delegaciones Iztapalapa, Tláhuac y parte de Venustiano Carranza. Se caracteriza por grandes extensiones de terreno, plano y con hundimientos muy importantes.

Los problemas de drenaje de la Delegación Iztapalapa han aumentado conforme crece su población. Los conductos principales que finalmente drenan la zona son el Interceptor Iztapalapa con un diámetro de 3.20 m y el río Churubusco. La infraestructura de drenaje desarrollada recientemente incluye las lagunas de Iztapalapa y El Salado. La infraestructura de drenaje de la zona esta reforzada por los interceptores Oriente-Sur, Oriente y Oriente-Oriente.

La Delegación Tláhuac esta también asentada en buena parte sobre terrenos planos sujetos a hundimientos. Parte del drenaje se realiza por canales abiertos, además de que se cuenta con 8 plantas de bombeo que descargan a los ríos de La Compañía y Churubusco, al Dren Xochitaca y al Lago de Texcoco

El desarrollo urbano en Iztapalapa alcanzado recientemente ha provocado el crecimiento de la infraestructura de manera que la eficiencia de la misma se ha visto disminuida pero también afectada por el hundimiento. El colector Zaragoza Norte no puede desfogar las aguas de esta zona debido a su falta de capacidad, así mismo, el problema se presenta en la zona denominada Cabeza de Juárez donde el colector Juárez no puede desfogar el agua debido a que su flujo es contrario a la evolución de los hundimientos, lo que ha provocado que tenga contrapendientes sobre todo al inicio del tramo.

Otra de las partes conflictivas de la Delegación Iztapalapa se ubica en la avenida Canal de Garay o Periférico, los encharcamientos que en ese lugar se producen son debido a que el colector Luis Manuel Rojas es insuficiente para evacuar las aguas que le llegan pues ha sido afectado por los hundimientos de la zona y la bajada de las aguas broncas del Cerro de

la Estrella, además en esta zona se encuentra la parte mas alejada del colector con relación a su descarga.

El colector Juárez a pesar de que originalmente tenía una pendiente favorable, recientemente presenta problemas de desbordamiento en su parte final debido a que las cotas del terreno son mayores al inicio que al final, además de los fuertes hundimientos que en esta zona se presentan, así mismo, el efecto del hundimiento actualmente representa mayores problemas para el colector. de la misma forma el problemas se presenta en el colector denominado Batallón Ligero de Toluca, a la altura de este ultimo en la zona norte del colector Zaragoza se presentan varios encharcamientos, por falta de pendiente que presenta el colector Zaragoza Norte a la altura del Colector Juarez. con los planos del levantamiento de 1976, se determino que existe un zona deprimida entre los tres colectores que da como resultado la existencia de varios encharcamientos en la zona e incluso recientemente se implemento un colector sobre la avenida Guelatao para aliviar la zona así como la ampliacion de la Planta de bombeo Unidad Habitacional Ejército de Oriente y la Construcción de una laguna de Regulacion

Dentro de los problemas que presenta la delegación Iztapalapa, uno de las mas ocurrentes es el que se presenta cercano a la colonia Vicente Guerrero, esta zona se ubica entre las curvas de hundimiento 1.0 y 2.0 m. los colectores afectados por los hundimientos son: Campana de Ebano, Anillo Periférico y el ramal Combate de Celaya que son afluentes del colector Iztapalapa 2 segun el levantamiento de 1976 los colectores presentan buenas condiciones hidraulicas. las pendientes de estos son buenas en ambos casos. lo que se deduce que estos encharcamientos han ocurrido debido a que los hundimientos han afectado a la infraestructura de drenaje.

Otros colectores son Ermita Iztapalapa, Sta. Cruz Meyehualco y el colector Luis M. Rojas a la altura de Presidentes de Mexico. en el primero de estos, con el cruce del colector avenida del Rosal, se observo en los planos del levantamiento de 1976 que el colector no presenta problemas de pendiente aunque las cotas del terreno superficial al inicio del colector son menores que al final del mismo, provocando probablemente encharcamientos

que son influenciados por los hundimientos: En el caso del colector Sta. Cruz Meyehualco en el cruce con la avenida Ermita Iztapalapa, este en sus cotas no presenta problemas e incluso su pendiente es buena pero al parecer su insuficiencia se ha provocado por el crecimiento de la mancha urbana, la cual ha ido incorporando sus descargas al colector, así el hundimiento de la zona que seguramente le ha provocado contrapendiente. El colector Luis M. Rojas es un colector muy extenso que descarga sus aguas al colector Iztapalapa 2 a la altura de la colonia México presenta encharcamientos por influencia, según el levantamiento de 1976 presenta buena pendiente y su área de aportación no se encontraba urbanizada, como se encuentra actualmente, así mismo esta ha sido afectada por los hundimientos, del mismo modo al inicio del colector se presenta el mismo problema.

El colector Lucio Blanco a la altura de Santa Martha Acatitla presenta serios problemas por la construcción del tren ligero, lo que provoca que el agua no escurra hacia la Laguna de Regulación el Salado como antes lo hacía, induciendo encharcamientos en la zona sin que el colector se capaz de evacuar las aguas a tiempo debido a sus contrapendientes.

Recientemente se ha construido un gran número de colectores que han aliviado a las zonas con problemas de encharcamientos, por lo cual muchos de estos han dejado de presentarse, cabe comentar que debido a que no se tiene información reciente del catastro de redes es difícil actualmente llevar a cabo el análisis más reciente de las condiciones que presentan estos conductos.

#### 4.4. Daños en el sistema general de desagüe.

El sistema general del desagüe está formado por lagos, lagunas y presas de regulación, con una capacidad conjunta de 11 millones de m<sup>3</sup>, canales a cielo abierto con una longitud total de 123.8 km, que incluyen al Gran Canal del Desagüe y el Canal de Chalco, los ríos San Javier, de los Remedios, Tlalnepantla, Cuauhtepac y Canal Nacional entre otros.

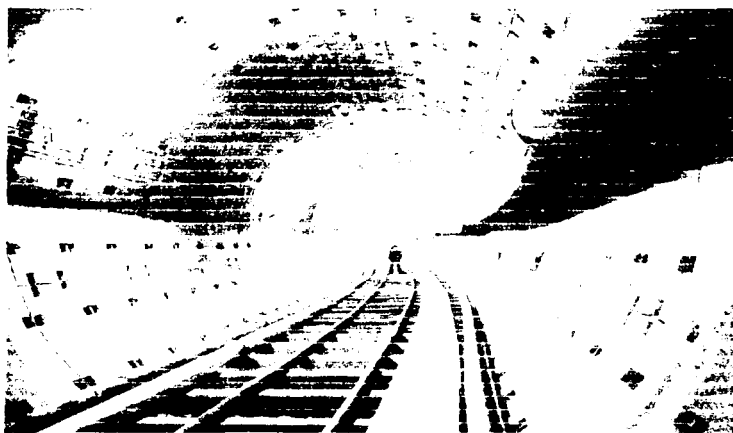
En este subcapítulo se desarrollará a manera de ejemplo la problemática existente en el Gran Canal del Desagüe y el efecto del hundimiento sobre dicho cauce, además se describirá de forma breve la solución expuesta por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, a través del Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Toda el agua recolectada que escurre por las calles y ríos, es captada por la infraestructura de drenaje y sale del valle por alguna de las cuatro salidas artificiales que se han construido a lo largo del tiempo, como se observa en la figura 4.8 y a continuación se mencionan:

- ❖ *Tajo de Nochistongo.* Ideado por Enrico Martínez en 1580 e iniciado en 1607 como túnel, comenzó a operar en 1789, actualmente recibe las aportaciones del Emisor Poniente.
- ❖ *Primer túnel de Tequisquiac.* Es parte del proyecto propuesto por el ingeniero Francisco de Garay en 1856. Se inició su construcción en 1865 y quedó terminado en 1895. Recibe las aguas del Gran Canal del Desagüe desde 1900.
- ❖ *Segundo túnel de Tequisquiac.* Se inició su construcción en 1935 y se terminó hasta 1954. Se ideó con la finalidad de aliviar al primer túnel de Tequisquiac ya que el incremento de gastos en el Gran Canal del Desagüe fueron mayores.

- ❖ *Emisor central.* Es parte del drenaje profundo. Proyecto elaborado por la Dirección General de Obras Hidráulicas del Departamento del Distrito Federal. Su construcción se inició en 1967. Recibe las descargas de los interceptores Centro – Poniente, Central y Oriente. Esta operando desde 1975 y actualmente es la columna vertebral del Sistema de Drenaje de la ciudad de México.

En 1960 se construyeron el Interceptor y el Emisor del Poniente, con objeto de recibir y desalojar las aguas del oeste de la cuenca, descargándolas a través del tajo de Nochistongo.



*Figura 4.6. Túnel del Sistema de Drenaje Profundo.*

No obstante, el desmesurado crecimiento de la ciudad volvió insuficientes las capacidades de drenaje del Gran Canal y del Emisor del Poniente. Se requería de un sistema de drenaje que no fuera afectado por los asentamientos del terreno, que no necesitara bombeo y que expulsara las aguas por una cuarta salida artificial: era necesario construir el Sistema de Drenaje Profundo de la ciudad de México.

Por sus características de construcción y por la profundidad a que se encuentra, no es afectado por el hundimiento y opera por gravedad, por lo que es una obra durable y económica a largo plazo.



Actualmente, el drenaje profundo está compuesto por las estructuras siguientes:

<b>SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO</b>	<b>METROS</b>
Interceptor Iztapalapa	5,302
Interceptor Obrero Mundial	710
Interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco	10,473
Interceptor Centro-Poniente	16,119
Interceptor Central	16,221
Interceptor Oriente	28,141
Interceptor Oriente-Sur	13,749
Emisor Central	49,741
Interceptor Centro-Centro	3,640
Interceptor del Poniente	16,603
Interceptor Oriente-Oriente	3,303

Dentro de las cuatro salidas artificiales mencionadas destaca por su importancia el **Gran Canal del Desague** ya que en la época de estiaje es el conducto principal para evacuar las aguas residuales de la Ciudad.

El Gran Canal en sus primeros 9.5 km recibe directamente las descargas de toda la zona urbana situada al oriente del interceptor del poniente y al norte del río Churubusco, con el agravante de que, por el hundimiento de la ciudad, dichas descargas tienen que efectuarse mediante bombeos. Mas adelante recibe las aportaciones del Dren General del Valle que conduce los escurrimientos del río Churubusco, ya regulados en los lagos de Texcoco y del río de La Compañía.

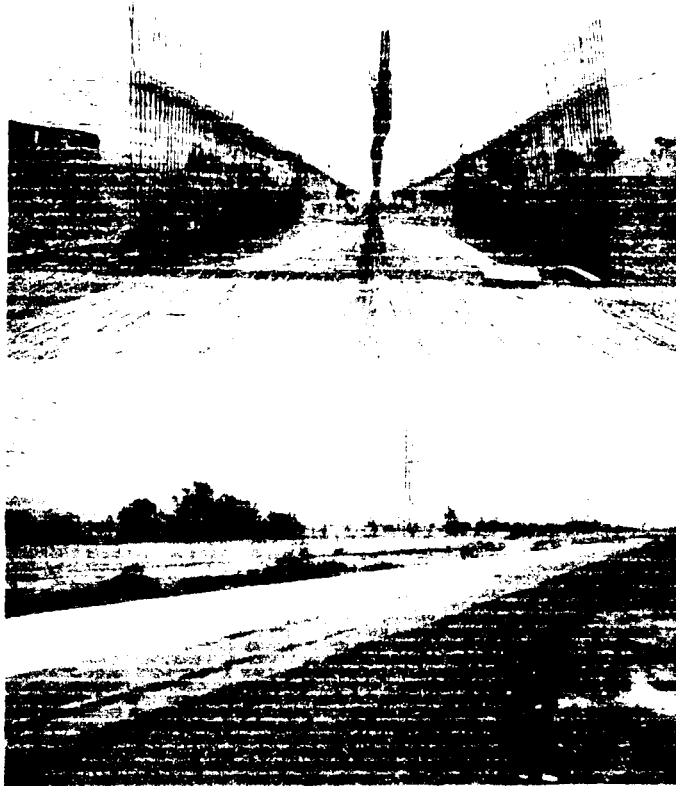
El Gran Canal fue inaugurado en el año 1900, estaba previsto para que sirviera, en sus primeros 20 km, como prolongación y emisor del sistema de atarjeas de la ciudad de México con un gasto normal calculado de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , con un tirante de 1.41 metros y una velocidad de  $0.56 \text{ m/s}$ ; en época de lluvias intensas podía transitar un gasto tres veces mayor. Los 27.5 kilómetros restantes del canal están en comunicación con el lago de Texcoco.

Al inicio del funcionamiento de esta obra, la Ciudad contaba con 600 mil habitantes. Varias readaptaciones han tenido que hacerse al canal en cada década desde entonces, sobre todo en sus primeros 9.5 km localizados dentro del Distrito Federal, para atender las necesidades de una ciudad en acelerado crecimiento, y debido a que su pendiente se iba perdiendo a causa del hundimiento, fue necesario interconectarlo con el sistema de Drenaje Profundo en 1975, mediante la obra de toma del km 6+900 sobre el Gran Canal que conecta con el Interceptor Oriente (ver figura 4.8)

Para mantenerse en servicio como emisor principal de las aguas negras y excedentes de esta ciudad en constante crecimiento, sobre todo en los años cincuenta y sesenta, el Gran Canal tuvo que someterse a varias readaptaciones: el cauce se ha ensanchado y profundizado; los taludes se han regularizado hasta inclinaciones promedio 3:1, para evitar deslizamientos y flujo de plástico; el derecho de vía se ha delimitado por cercas y muros de mampostería, primero, y después con los muros de concreto que hoy conocemos, no solo para evitar invasiones sino para contener las grandes avenidas que llegaron a ser de hasta  $175 \text{ m}^3/\text{s}$  en los años setentas, es decir, más de 10 veces el gasto máximo extraordinario del proyecto porfiriano. Para salvar los desniveles entre las descargas de los colectores y el canal, se fueron instalando plantas de bombeo, las once plantas que hoy operan, todas Distrito Federal, tienen una capacidad instalada de  $218 \text{ m}^3/\text{s}$ .

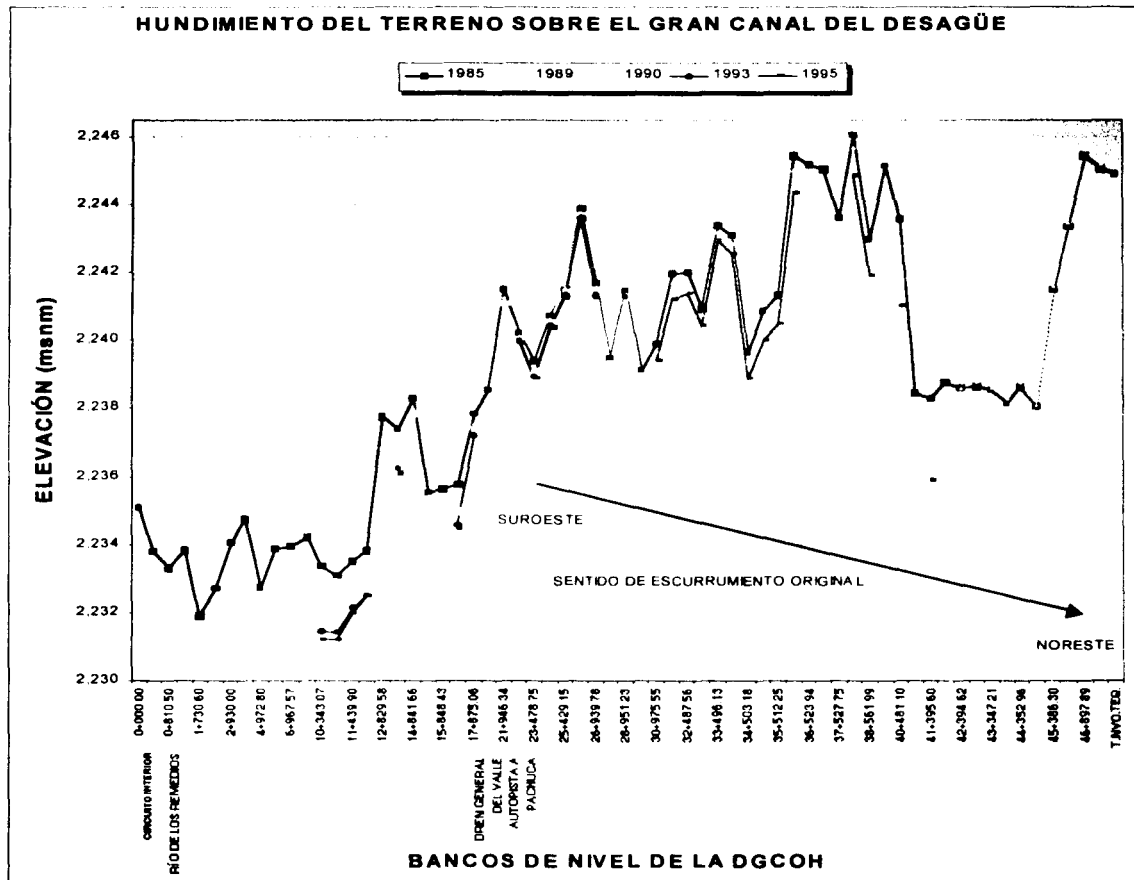
Con el objeto de mejorar la operación del Gran Canal, tener un mayor control del gasto de las descargas que conduce y de sanear la zona de la ciudad de México se llevó a cabo en 1995 el entubamiento del Gran Canal en sus primeros 9.5 km.

Dicho entubamiento reemplaza al canal a cielo abierto, es un ducto de concreto reforzado de doble cámara de 4 x 4 m cada una, con pendiente de 0.00015, capaz de conducir 50 m<sup>3</sup>/s totalmente. Este ducto capta las descargas de las plantas de bombeo y queda conectado a la obra de toma del Drenaje Profundo existente, el tramo termina en la desembocadura con el río de Los Remedios.



*Figura 4.7 Entubamiento del Gran Canal del Desagüe.*

Aunque la construcción del Drenaje Profundo permitió reducir considerablemente los gastos aportados, los problemas del hundimiento han ocasionado que el Gran Canal pierda pendiente, al grado de que en los primeros 20 km. ya es prácticamente nula. En la actualidad en sus primeros 9.5 km se asienta entre 15 y 20 cm/año como se observa en la gráfica 4.5, y a la altura del kilómetro 22 en adelante todavía escurre por gravedad hasta los túneles de Tequisquiác.



**Gráfica 4.5. Hundimiento regional en el Gran Canal del Desagüe.**



Dadas las condiciones previstas de hundimiento en los primeros kilómetros del Gran Canal, la solución para las condiciones futuras requiere de la construcción de plantas de bombeo que colecten los escurrimientos en las zonas bajas y los descarguen más allá del km 20 del Gran Canal en donde la capacidad de conducción es mayor.

La solución basada en el bombeo tiene también la ventaja de que, al menos para gastos de aguas residuales hasta de  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ , los gastos bombeados pueden alimentar la planta de tratamiento de aguas negras que se planea construir cerca del pueblo de Tecamac en el Estado de México.

La capacidad necesaria de la planta de bombeo depende por un lado de la evolución de los hundimientos y del crecimiento de la mancha urbana, por otro del ritmo de construcción de diversas obras de conducción y regulación necesarias para solucionar los problemas de la zona, y finalmente, del alivio que se pueda proporcionar al sistema oriente, mediante derivaciones al Drenaje Profundo. Estos tres aspectos y la capacidad necesaria de bombeo, irán evolucionando hasta el año 2010 dependiendo del programa que se establezca para su desarrollo, por lo que planteará primero el panorama que se prevé para el año 2010 y enseguida una serie de escenarios que permiten establecer un orden de prelación en la construcción de obras.

De acuerdo con la figura 4.9 en el tramo del Gran Canal entre los 9.5 y el km 20, el flujo será conducido de norte a sur mediante un cajón de  $4 \times 4 \text{ m}$  con pendiente de 0.00015. Sus descargas, junto con las del cajón que se construyó en el tramo del Distrito Federal, se conducirán en dirección poniente oriente hasta la planta de bombeo por medio de un túnel hasta la laguna "Casa Colorada" con capacidad de 5 millones de  $\text{m}^3$ , en donde los picos de la avenida pueden regularse, para después ser bombeados hacia el Gran Canal, aguas abajo del km 20, ó hacia la planta de tratamiento en proyecto.



Actualmente este proyecto se encuentra concluido y se han iniciado las obras con una planta de bombeo con capacidad de  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ , que se terminará antes de la temporada de lluvias del 2002. esta planta de bombeo se construye con la finalidad de aliviar al Gran Canal y al Dren General del Valle mientras se construyen las demás obras que son las siguientes. Un túnel de 6.7 km de longitud y 5 m de diámetro hasta la planta de tratamiento, con la misma capacidad, y la rectificación del río de Los Remedios, entre el Gran Canal y el Dren General del Valle. En paralelo sería necesario construir las lagunas de regulación Casa Colorada y El Fusible.

Una vez construidas las lagunas de regulación, en una segunda etapa, que podría durar 3 ó 4 años, se incrementaría la capacidad de bombeo en otros  $60 \text{ m}^3/\text{s}$ , que se enviarían al lago de Casa Colorada y se construiría una conducción adicional de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  al km 20 del Gran Canal para después de una avenida recuperar la capacidad de almacenamiento en la laguna. Al mismo tiempo se construirían los cajones del río de Los Remedios entre el Gran Canal y el Dren General del Valle.

Finalmente, en una última etapa, que podría iniciarse después del año 2000, se ampliaría otros  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  la capacidad de bombeo y se construiría el cajón del Gran Canal en el Tramo del Estado de México hasta el km 18.

Con estas obras se plantea beneficiar a la población de la zona sur oriente del Distrito Federal y del Estado de México, sin embargo la solución expuesta es un paliativo, ya que se sigue dependiendo del bombeo que es muy costoso en su operación y mantenimiento.



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Durante el desarrollo de esta tesis se fueron definiendo una serie de conclusiones y recomendaciones que a continuación se mencionan, las cuales, tienen la finalidad de contribuir a lograr una mejor comprensión de este trabajo.

La nivelación de los bancos de nivel, como ya se detalló a lo largo del trabajo, nos marca en forma precisa el comportamiento y evolución del subsuelo de la ciudad de México, con lo cual podemos conocer y diagnosticar la problemática que se presenta en la infraestructura de drenaje.

Por medio de las nivelaciones de bancos de nivel, en diferentes épocas de la historia de la Ciudad de México ha sido posible evaluar las condiciones prevalecientes en el suelo y subsuelo de la Ciudad de México así como su efecto en cualquier estructura civil que haya desplantado o se desplante sobre este suelo.

Actualmente por medio de las nivelaciones para actualizar las cotas de los bancos de nivel que se encuentran desplantados en el Distrito Federal se puede pronosticar el efecto a futuro del comportamiento de los hundimientos en diferentes obras de la ingeniería civil.

El Sistema de Drenaje y Control de Avenidas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, ha impulsado el desarrollo urbano mediante la transformación del entorno físico; en un principio, previniendo inundaciones provocadas por el incremento del nivel del Lago de Texcoco durante la temporada de lluvias; actualmente, con el mejoramiento del nivel de vida de los habitantes, al controlar, conducir y desalojar las aguas pluviales y residuales fuera de la cuenca de México en forma oportuna y segura.

**La presencia de antiguos lagos en el Valle de México, originó la acumulación de un sedimento arcilloso que actualmente cubre la parte plana de la Zona Metropolitana. Las características de las arcillas y los efectos a que se encuentra sujeta, han sido la causa del hundimiento del terreno, que es la causa de una serie de problemas que involucran la participación de la ingeniería civil en busca de soluciones.**

**Las arcillas están saturadas presentando un nivel freático a entre 2 y 3 metros de profundidad. Bajo ellas se encuentra un acuífero que originalmente funcionaba como semiconfinado, imprimiendo una presión ascendente en la base de las arcillas. Actualmente, en la mayor parte de la Zona Metropolitana la explotación del acuífero ha provocado el abatimiento del nivel piezométrico, y eliminado la presión hidráulica que el acuífero ejercía hacia la base de las arcillas modificando el tipo de acuífero, de semiconfinado a libre.**

**Observando las secciones geológicas elaboradas a lo largo de los ejes de los principales drenes, se diferenciò la capa de arcillas que sobreyace al acuífero, observándose que los hundimientos son proporcionales al espesor de las arcillas.**

**El crecimiento urbano tan acelerado de las últimas décadas ha propiciado el incremento en las áreas de las cuencas de aportación de los colectores principales; lo que ha ocasionado que su funcionamiento hidráulico sea muy diferente de cuando fue proyectado, a la vez de que sufre hundimientos que modifican sus pendientes, situación que plantea posibles encharcamientos o inundaciones para tormentas con un periodo de retorno alto.**

**La extracción de agua subterránea, que es uno de los factores causantes del hundimiento del terreno. Tuvo su mayor nivel en el centro de la ciudad, de 1940 a 1960, período en que el hundimiento del terreno alcanzó 25 cm/año. A partir de los 60s, la extracción en el centro de la ciudad ha disminuido notablemente y el hundimiento se ha reducido a 10 cm/año.**

En contraste, hacia el sur del Distrito Federal, en el área de Xochimilco – Chalco, la extracción prácticamente se inició en la década de los 60s, fecha a partir de la cual se ha ido incrementando hasta nuestros días. Por lo que respecta al hundimiento, éste se registra en forma notable a partir de la explotación del acuífero en los 60s; actualmente alcanza más de 6 metros con una velocidad de hundimiento de entre 15 y 20 cm/año.

El efecto de los hundimientos sobre la infraestructura de drenaje ha provocado que actualmente se tenga un sin número de problemas operativos ante tormentas de intensidad media, que normalmente debieran ser evacuadas sin ningún problema, esto ha provocado que se construyan obras de gran magnitud y costo, que resuelven en parte el problema, pero no en su totalidad, ya que los hundimientos se siguen intensificando por lo que seguirán dañando a la infraestructura mientras no se detenga dicha subsidencia.

Los hundimientos regionales se presentan en magnitud proporcional de acuerdo a los espesores de arcilla es decir, a mayor espesor mayor hundimientos por lo que la red primaria de drenaje en su mayoría tienen sus pendientes en el sentido a los hundimiento (de poniente a oriente) no observándose mayores problemas en las regiones que ya han sido aliviadas por drenaje profundo, excepto en zonas donde los hundimientos pueden ser diferenciados y afectan a la infraestructura de drenaje, existen zonas donde las pendientes de los colectores son inversas al sentido de los hundimientos provocando que estos pierdan sus pendientes originales presentando problemas de encharcamientos.

Otro efecto aunado al hundimiento es la aparición de grietas en las zonas cercanas a la perforación y operación de pozos, estas grietas también afectan al sistema hidráulico.

Conociendo la problemática actual y sobre todo de los grandes drenes, la DGCOH ha comenzado una serie de actividades encaminadas a enfrentar la problemática anteriormente señalada, y plantear las alternativas que permitirán resolverla. En el Plan Maestro de Drenaje del Área Metropolitana de la Ciudad de México, se contempla la realización de las obras tendientes a mejorar el sistema de captación, conducción y desalojo de aguas residuales y pluviales fuera del valle de México, sin embargo no es una solución definitiva, ya que los hundimientos siguen dañando a la infraestructura hidráulica.

Se requiere un levantamiento de catastro reciente de la infraestructura, con la finalidad de observar las condiciones que presentan los colectores actualmente y poder hacer una comparación con el levantamiento de 1976 y poder de manera más precisa determinar el efecto de los hundimientos sobre la infraestructura o algunas otras causas que hayan afectado a la misma para poder realizar con mayor certeza algún dictamen, para ello sería recomendable implementar un sistema de información que relacione el levantamiento de catastro con la nivelación de bancos para hacer más fácil el análisis.

Finalmente las recomendaciones básicas son: continuar con los levantamientos de los bancos de nivel que nos proporcionan una idea general de la de la problemática de los hundimientos y continuar con el registro de encharcamientos e implementar un programa de difusión para motivar su reporte entre la población.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

“Estudio para la actualización altimétrica mediante la nivelación de precisión de la red de bancos de nivel en la zona Sur-Poniente del Distrito Federal y actualización de sus fichas técnicas”. *Ingeniería Total y Construcciones, S.A. de C.V.* Diciembre del 2000.

“Crecimiento de la población de la mancha urbana de la zona metropolitana de la ciudad de México, 1994-2010”. *Servicios Profesionales de Planeación Ingeniería y Administración, S.A. de C.V.* septiembre 1994.

“Hundimiento de la Ciudad de México. Observaciones y estudios analíticos”. Raúl J. Marsal, Fernando Hiriart y Raúl Sandoval L. *Ediciones ICA.* Serie 8, No. 3, 1952.

“Boletines de Mecánica de Suelos”, *Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.* De 1953 a 1970

“El Subsuelo de la Ciudad de México”, Raúl J. Marsal y Marcos Mazari. *Instituto de Ingeniería, UNAM.* 1959

“Bancos de Precisión y Circuitos de Nivelación Establecidos por la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México”, *Secretaría de Recursos Hidráulicos, CHCVM,* 1961

“Correlación del hundimiento del subsuelo en el Distrito Federal con la red primaria del sistema de drenaje”. *Grupo Consultores y Constructores Asociados, S.A. de C.V.* Diciembre 1996.

“Manual de hidráulica urbana”. *Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica*. Tomo I. Octubre 1982.

“Simulación hidrológica del área metropolitana de la ciudad de México, zonas oriente y poniente”. *EFE Asesores, S.A. de C.V.* Tomo I. Septiembre 1994.

“Simulación hidrológica del área metropolitana de la ciudad de México, zonas oriente y poniente”. *EFE Asesores, S.A. de C.V.* Tomo II. Septiembre 1994.

“Análisis histórico y pronóstico de los hundimientos”. *Lesser y Asociados, S.A. de C.V.* Agosto 1994.

“Estudio sobre el sistema de saneamiento y desagüe de la ciudad de México”. R. Gayol. *Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura*. Vol. XI. 1993.

“Alcantarillado 2000, Estrategia para la ciudad de México”. *Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica*. Tercera edición. Septiembre de 1998.

“El hundimiento del suelo en la ciudad de México”. Ing. Miguel Angel Cortés Pérez. *Revista Hidráulica Urbana, DGCOH*. Núm. 5. Junio 1999.

“Entubamiento del Gran Canal del Desagüe”. M.I. Manuel Díaz Canales, M.I. Iván Lugo Olmos. *Revista Hidráulica Urbana, DGCOH*. Núm. 2. Junio 1997.