



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
División de Ingeniería Civil
y Geomática

Estudio Topográfico para la Actualización de Cotas
de la Red de Bancos de Nivel
de la Ciudad de México

TESIS PROFESIONAL
que para obtener el título de

INGENIERO TOPÓGRAFO Y GEODESTA

Presenta:

BLANCA LAURA BARRERA GUERRERO



Director de Tesis:
ING. JOSÉ BENITO GÓMEZ DAZA

MARZO 2010

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunos están aquí conmigo y otros en mi corazón. Sin importar donde estén o si alguna vez llegan a leer esta dedicatoria, quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por toda su ayuda.

**A mi pequeño Oscar, que le dio el mejor motivo a mi vida
Te amo.**

**A ti Papá, por tu apoyo incondicional.
A ti Mamá, aunque lejos, has estado siempre cerca.**

A ti Adriana, por enseñarme a no complicarme y ver la manera más sencilla de hacer las cosas lo mejor posible.

A ti Beti, por brindarme tu apoyo y cariño en los momentos que más lo necesite.

A ti Adrián, por darme la valentía para hacer las cosas que nunca creí poder hacer, bueno y que tú tampoco imaginaste hacer!!!

A ti Benito, por creerme y confiar en que esta vez si terminaría.

Y a ti, Jesús, por ser mi pareja, por recordarme todos los días que tenía que terminar la tesis, por ser paciente en todo momento, por orillarme a dar lo mejor de mí y por tu amor.

Nunca les podré estar lo suficientemente agradecida por contribuir a que esta carrera llegue a su fin.

INTRODUCCIÓN	1
1. CONCEPTOS GENERALES DE ALTIMETRÍA	4
1.1 Métodos de Nivelación	6
1.2 Instrumentos y Accesorios	12
1.3 Precisión y Orden en las Nivelaciones	17
1.4 Errores y Ajustes	20
2. METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO	22
2.1 Distribución de Zonas de Nivelación	23
2.2 Nomenclatura de Bancos de Nivel	26
2.3 Recorridos y reconocimientos	30
2.4 Nivelación de Precisión	31
2.5 Equipo de Nivelación	33
2.6 Registros de Campo	33
3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	35
3.1 Cálculo de Nivelaciones	36
3.2 Desnivel y Cotas de Bancos por Circuitos	37
3.3 Comparativas Históricas de Desniveles	39
3.4 Integración de Expedientes de Bancos de Nivel	40
3.5 Relación General de Bancos de Nivel	41
4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	42
4.1 Análisis de Información y Cuantificación de Hundimiento	43
4.2 Identificación de Zonas Vulnerables	45
5. CONCLUSIONES	48
ANEXOS	52
BIBLIOGRAFÍA	66

INTRODUCCIÓN

Desde los primeros asentamientos humanos en la Cuenca del Valle de México, se ha convivido con el agua, la necesidad constante de sus habitantes por contar con suministros confiables de agua potable, el desalojo de aguas residuales y la lucha incesante contra los fenómenos meteorológicos derivados de ella, ha provocado la necesidad permanente de crear mecanismos que permitan su buen aprovechamiento, así como la mejor manera de convivir con las consecuencias que el uso de ella implica.

Las características físicas que componen la cuenca, en sus partes de lomerío y planicie, constituidas por diversos tipos de formaciones sedimentarias, han venido sufriendo, especialmente en la planicie, un acelerado abatimiento por las crecientes extracciones del agua del subsuelo, ocasionado por el crecimiento demográfico.



Sin embargo, la necesidad constante de fuentes de agua potable ha provocado que los gobiernos recurran de una manera sistemática a la extracción de este líquido desde las fuentes superficiales o profundas por medio de bombeo, generando una fuerte modificación de los mantos acuíferos y en consecuencia el gran problema de hundimientos diferenciales en la Zona del Valle de México. Este problema se ve incrementado además por las características del subsuelo de este Valle, el cual por ser de origen lacustre, tiende a tener asentamientos críticos en algunas zonas, que se mencionan más adelante.

El hundimiento del terreno fue observado por primera vez por el Ing. Roberto Gayol, autor y director del proyecto de las obras de drenaje de la ciudad de México por el año de 1901, cuando terminaba la construcción de unas compuertas en el Km 0 del Gran Canal, las cuales habían sufrido un asentamiento, desplazándose en un extremo de su base, lo que significaba pérdida de estabilidad de la estructura. Para demostrar que el hundimiento se debió a factores ajenos al diseño de las estructuras, realizó una nueva nivelación con la que pudo notar que las bases de las compuertas habían descendido por hundimiento, en relación a la nivelación inicial, una cantidad determinada en centímetros.

A principios de 1959, la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, colocó bancos de nivel que fueran confiables y que pudieran ser utilizados por la misma Comisión y por otras dependencias oficiales y particulares. Se establecieron bancos inamovibles como el de Atzacualco, que actualmente es donde parten las nivelaciones periódicas, y circuitos de nivelación que cubrieran las zonas de más asentamientos.

La necesidad de conocer numerosos datos altimétricos en todo el Valle, para conseguir el aprovechamiento más eficaz de los recursos hidráulicos, originó la creación de una planificación general que permitiera que las nuevas obras de ingeniería se apoyaran en dicha planificación. Los datos altimétricos obtenidos en épocas pasadas están sujetos a variaciones con el transcurso del tiempo, así que parte de la planeación consistió en realizar nivelaciones topográficas que informaran la magnitud de los asentamientos y monitorearan su impacto en las diferentes estructuras y edificaciones en la ciudad. Estas nivelaciones se realizaron con procedimientos de precisión y cumplieron con una tolerancia de $4 \text{ mm } \sqrt{k}$, siendo k el número de kilómetros nivelados.

Retomando los principios de la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, la Comisión Nacional de Agua, a través del Sistema de Aguas de la Ciudad de México; decide continuar con los estudios para conocer los hundimientos del terreno de la ciudad, realizando nivelaciones de precisión periódicas a través de las cuales se podrá disponer de la información más reciente, incrementando la red de bancos de nivel para conocer las cantidades de hundimiento en un promedio anual.

El presente documento, trata acerca del proceso mediante el cual se actualizan los datos altimétricos de la red de bancos de nivel en la ciudad de México en uno de sus periodos.

El primer capítulo presenta un panorama general de conceptos de altimetría, los diferentes métodos de nivelación, el equipo sugerido para cada caso y sus especificaciones. Así mismo las precisiones y tolerancias permitidas para las nivelaciones y cuándo cumplen con la precisión requerida. También se mencionan los diferentes tipos de errores cometidos durante las mediciones y sus ajustes en la información.

El capítulo dos contiene la metodología de las nivelaciones efectuadas en campo correspondientes a un periodo, los reconocimientos de los bancos de nivel antiguos, así como la colocación de los nuevos. La nomenclatura que cada banco de nivel tiene respecto a su ubicación, el procedimiento de nivelación de precisión, así como el equipo utilizado y los registros de datos de campo obtenidos.

En el capítulo tres se presenta el proceso para determinar las nuevas cotas de la red de bancos de nivel y su comparación con respecto a periodos anteriores. La integración de las fichas técnicas de cada banco y una relación general de los bancos nivelados para su integración en el sistema de información.

Finalmente en el capítulo cuatro se proporciona un análisis de la evolución de los hundimientos y su cuantificación en un promedio anual, así como el impacto de los hundimientos en algunas zonas de la ciudad en diferentes épocas.

En el transcurso de este trabajo pudo precisarse información de la nivelación efectuada en el año 2005.

CONCEPTOS GENERALES DE ALTIMETRÍA

ALTIMETRÍA O NIVELACIÓN

Un levantamiento topográfico constituye el conjunto de operaciones que tienen por objeto conocer la posición relativa de los puntos sobre la tierra en base a su longitud, latitud y elevación (x,y,z). Para el estudio práctico de la topografía se dividió en Planimetría y Altimetría o Nivelación.

Se da el nombre de nivelación al conjunto de operaciones por medio de las cuales se determina la elevación de uno o más puntos respecto a una superficie horizontal de referencia dada o imaginaria la cual es conocida como superficie o plano de comparación. El objetivo primordial de la nivelación es referir una serie de puntos a un mismo plano de comparación para poder reducir los desniveles entre los puntos observados. Se dice que dos puntos o más están a nivel cuando se encuentran a la misma cota o elevación respecto al mismo plano de referencia, en caso contrario se dice que existe un desnivel entre éstos.

Algunos términos importantes utilizados en la nivelación son los siguientes:

Plano Horizontal: es un plano tangente a una superficie de nivel.

Superficie de nivel: es una superficie curva en donde cada uno de los puntos es perpendicular a la dirección de la plomada; así el desnivel entre dos puntos es la distancia que existe entre la superficie de nivel de dichos puntos.

Ángulo vertical: es el ángulo entre dos líneas que se cortan en un plano vertical. En topografía se supone una de éstas líneas de manera horizontal.

Elevación o cota: distancia vertical medida desde un plano de referencia.

Nivel medio del mar: altura media de la superficie del mar media de la superficie del mar según todas las etapas de la marea en un periodo de 19 años.

Banco de nivel (BM) o banco maestro: es un punto permanente en el terreno de origen natural o artificial cuya elevación es conocida. Existen BM de cota fija y constituyen una red geodésica en nuestro país, estos son monumentos localizados comúnmente en estribos de puentes, aceras o construidos de concreto.

Lectura negativa: es la que se hace en la mira colocada sobre el punto cuya altura o cota se trata de determinar e invariablemente se resta de la altura del instrumento para obtener la cota en que está colocada la mira. Por el sentido de la nivelación se le nombra "vista adelante".

Lectura positiva: es la que se hace en la mira cuando está colocada sobre un punto de cota o elevación conocida a la que invariablemente se suma para obtener la "altura del instrumento". Se le denomina "vista atrás" porque queda detrás del nivelador si se sigue el sentido de la nivelación.

Altura de instrumento: es la cota o elevación del hilo horizontal de la retícula del nivel y se obtiene sumando, a la cota del punto sobre el cual se coloca la mira, "la lectura positiva" y de la cual se resta la "altura negativa" para obtener la cota del punto donde está colocada la mira.

1.1 MÉTODOS DE NIVELACIÓN

Nivelación geométrica

Permite obtener la cota de un punto, o el desnivel vertical entre dos puntos, mediante lecturas del hilo medio del nivel sobre miras topográficas ubicadas sobre los puntos en cuestión. Es utilizada en terrenos relativamente llanos, donde no es necesario hallar ángulos cenitales o verticales para la determinación de desniveles y distancias horizontales.

Lo primero que se realiza es colocar el instrumento en posición adecuada y nivelarlo. Los aparatos actuales permiten hacer lecturas de mira con nitidez hasta unos 80 - 120 metros de distancia, lo que depende del aumento del anteojo.

El ayudante, se sitúa con la mira sobre el punto que se desea visar, y se asegura que la misma esté perfectamente vertical (mediante una plomada), además de estar de frente hacia el instrumento (nivel). El observador apunta el anteojo hacia la mira y utilizando el tornillo de enfoque, visa con claridad la misma.

Cuando se mira a través del anteojo del nivel, aparecen sobre la retícula tres líneas horizontales, que representan los hilos superior, medio e inferior respectivamente (ver la Figura 1a). Estos hilos coinciden con un valor de la graduación en la mira, que será anotado en la libreta de campo.

Luego de esta operación, el ayudante pasará al siguiente punto a visar y repite lo explicado, para dirigirse al próximo, y así sucesivamente.

Para confirmar la exactitud de las lecturas de mira, se debe tener en cuenta que, de acuerdo al principio de los triángulos semejantes, resulta:

$$H_s - H_m = H_m - H_i$$

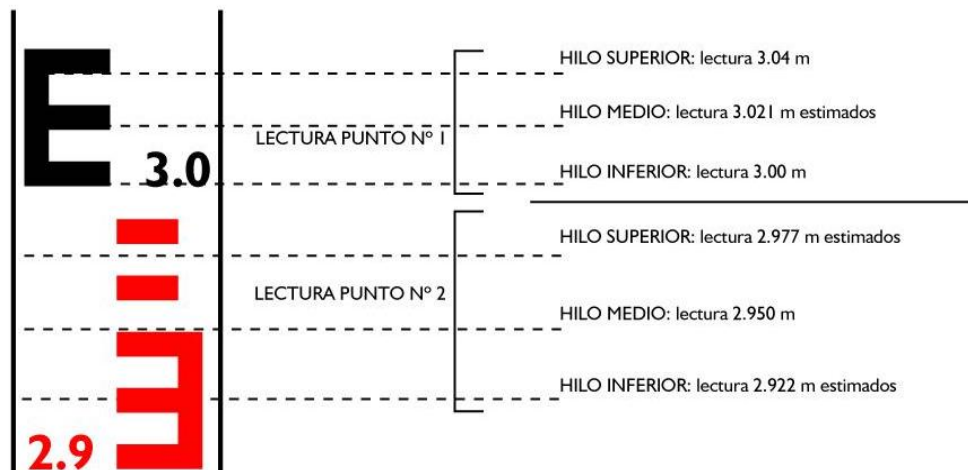


Fig. 1 Estructura de una mira topográfica y manera de efectuar las lecturas

a) Nivelación geométrica simple

En la Figura 2a se muestran dos puntos, A y B, distantes entre sí 80 m, y se quiere conocer la diferencia de altura entre ellos.

El nivel se coloca aproximadamente a la mitad entre los dos puntos, se nivela el aparato, y se hace una primera lectura hacia A (lectura atrás), visando por ejemplo 2,80 m. La mira pasa al punto B y se efectúa la segunda lectura (lectura adelante), que para el ejemplo será de 0,30 m.

Según el dibujo de la Figura 2a, se observa que B está más alto que A. Para conocer exactamente en cuantas unidades, se realiza la siguiente diferencia:

$$2,80 \text{ m} - 0,30 \text{ m} = 2,50 \text{ m}$$

Si la cota de A fuera 100 m, entonces B tendrá una cota igual a 102,5 m (tener en cuenta que la cota de un punto o su altura es comparada o referida a una superficie; por ejemplo, el nivel medio del mar).

Por otra parte, si se adopta sistemáticamente determinar la altura del aparato (A_p o i) se tendrá la cota de un punto más (se concreta con cinta o la misma mira, midiendo desde la superficie del terreno en la estación, hasta el centro del anteojo).

Esta es la base de todo trabajo de nivelación topográfica, en este caso geométrica entre dos puntos.

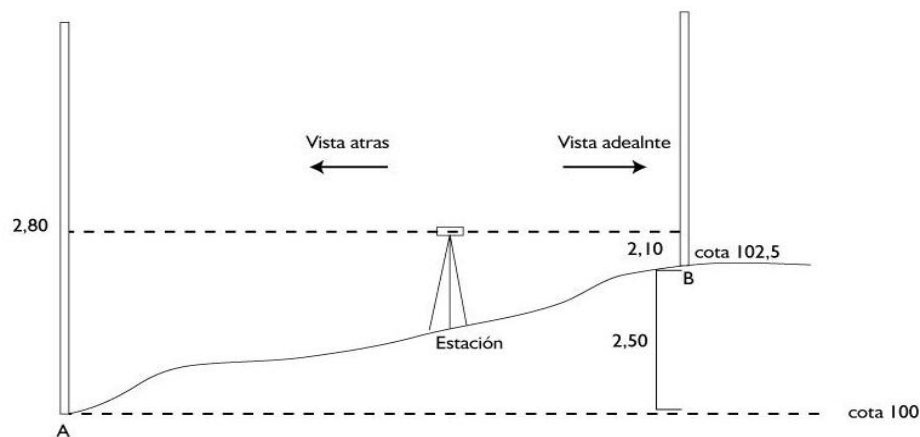


Fig. 2 Nivelación con lecturas atrás y adelante

b) Nivelación geométrica compuesta

Este método es el más usado ya que generalmente los puntos a nivelar se encuentran a más de la distancia máxima en que se puede colocar la mira, y por lo tanto se deben realizar tantas nivelaciones simples como sean necesarias para unirlos, para realizar una nivelación se debe tener en cuenta una distancia para cada tramo de entre 120 a 180 m y luego dividir la longitud total por esta distancia para hallar la cantidad de tramos a realizar; los puntos intermedios entre los dos (o más) puntos objetos del trabajo, se llamarán puntos de paso o puntos de liga, (PL).

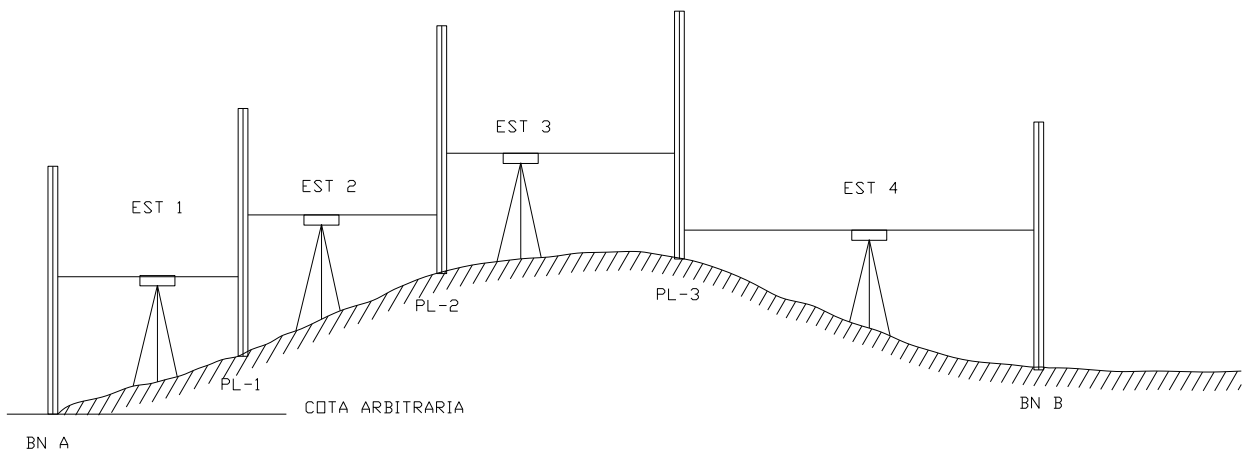


Fig. 3 Esquema de una nivelación compuesta

Las líneas de nivelación que se generan en la nivelación geométrica compuesta se clasifican en:

- Línea de Nivelación Sencilla
- Línea de Nivelación Doble

Una **línea de nivelación es sencilla** si el camino se recorre una sola vez, es decir, se parte de A y se llega al punto E nivelando por el método de nivelación compuesta.

Una **línea de nivelación es doble** cuando el camino se recorre dos veces. En estos casos se definen la línea de nivelación de ida, y la línea de nivelación de vuelta. La línea de nivelación de vuelta no tiene que ser la misma, la única condición es que pase por los mismos puntos fijos, estacas, clavos, que se hayan dejado como señal, en los extremos.

Todas las nivelaciones deben ser encuadradas, es decir, el punto de salida y de llegada debe tener altitud o cota conocida.

Hay dos tipos de líneas de nivelación doble:

- Abierta
- Cerrada

Línea de nivelación doble abierta. Son aquella en la que partimos de un punto conocido y terminamos en otro punto conocido pero sin ser el de inicio.

Línea de nivelación doble cerrada. Son aquellas en la que partimos de un punto conocido y terminamos en otro punto conocido que coincide con el de partida.

Nivelación trigonométrica

Es la nivelación que se realiza a partir de la medición de ángulos cenitales, de altura o depresión, y de distancias que luego se usarán para la resolución de triángulos rectángulos, donde la incógnita será el cateto opuesto del ángulo a resolver, que en estos casos son el desnivel existente entre el punto estación y un, u otro, punto cualquiera. El ejemplo mas simple es cuando con un teodolito medimos un ángulo y con un E.D.M. adosado al mismo, la distancia inclinada existente entre la estación y un punto cualquiera.

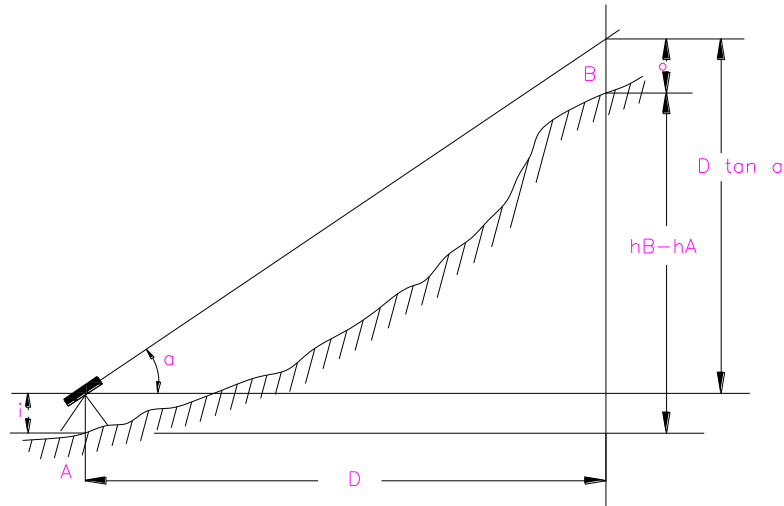


Fig. 4 Nivelación trigonométrica

Los instrumentos utilizados en la nivelación trigonométrica deben permitir la medida de distancias y de ángulos verticales.

En la nivelación trigonométrica, distinguimos entre la nivelación simple y compuesta.

En la nivelación simple se determina el desnivel mediante una única observación.

Para ello deben darse dos condiciones:

- Que haya visibilidad entre los puntos
 - Que la distancia que los separa sea tal que pueda ser medida con el instrumento.
- Si se trata de un taquímetro y estadía, la distancia será una limitación importante.

En la nivelación compuesta, la medida de desniveles entre puntos se hace ayudándose de puntos intermedios, necesarios porque alguna de las dos condiciones anteriores no se cumple.

La nivelación trigonométrica va generalmente asociada a trabajos planimétricos: en pocas ocasiones se requieren cotas de puntos sin necesidad de conocer además su posición planimétrica.

Puede servir para dar cotas a las bases de la poligonal, que sería hacer un itinerario altimétrico.

Especialmente se utiliza para hallar las cotas de los puntos que se levantan por radiación.

Nivelación por estadia

Es un método sumamente simple y era ampliamente usado, si bien su precisión no alcanzaba la requerida para un levantamiento catastral, era usado normalmente en trabajos topográficos, esto quiere decir que si bien no podía ser usado durante el amojonamiento de un lote o manzana, o para replantear los cimientos de un edificio, sí era usado con toda confianza para efectuar el levantamiento de un lote o una superficie que debía ser representada en un plano, o para medir una distancia en un lugar donde los obstáculos hacían imposible la utilización de una cinta.

Se basa en la relación de igualdad existente entre el foco del sistema óptico del aparato utilizado (teodolito o nivel) (F) y la distancia entre los hilos estadimétricos del retículo (H); por un lado y la distancia entre el centro del sistema óptico con la mira (D) y el trozo de mira comprendido entre las lecturas de los hilos superior e inferior (L)

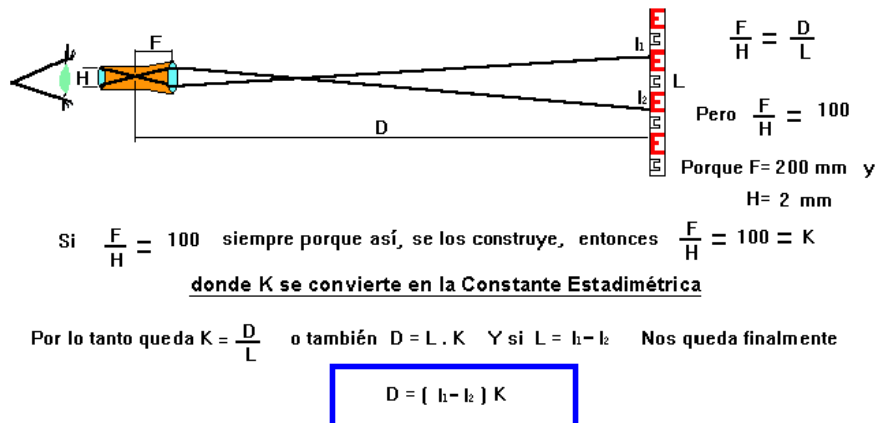


Fig. 5 Nivelación por estadia

O sea que la distancia medida es igual a la lectura mayor, menos la lectura menor, multiplicado por cien.

Nivelación mediante GPS

La altimetría con GPS presenta en general una gran incertidumbre en los usuarios, parte debido a las referencias contradictorias que se pueden encontrar en la bibliografía, y parte porque la superficie de referencia en altimetría es el Geoide, mientras que para el GPS es el Elipsoide, y ambas superficies no son paralelas.

La altimetría no puede considerarse sólo como una dimensión más de los sistemas de referencia, puesto que tiene dos vertientes, la geométrica empleada para georreferenciar sobre la superficie de referencia y la física empleada para la realización de obras de ingeniería.

Podemos definir el geoide como la superficie equipotencial del campo de gravedad de la Tierra que más se aproxima al nivel medio del mar. Al considerar una superficie como esta, podemos considerar diferentes superficies equipotenciales como modelos de geoide.

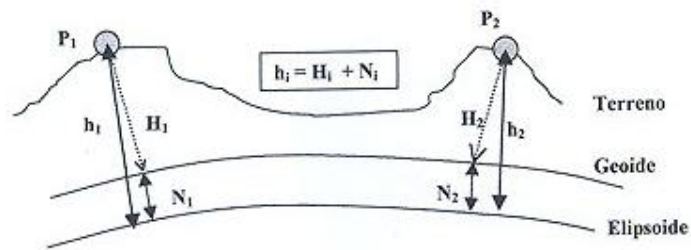


Fig. 6 Relación de alturas que considera un GPS

1.2 INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS

La altimetría es una de las partes de la topografía que se encarga del estudio de métodos y procedimientos para el manejo y determinaciones de elevaciones de puntos y desniveles, para lo cual el instrumento de medición más utilizado en estas actividades es el nivel fijo o montado, que consta de un tripié donde se apoya el cuerpo del aparato constituido básicamente por un círculo horizontal con niveles y un anteojo, mediante el cual se pueden efectuar observaciones sobre un estadal para trasladar elevaciones de una posición a otra por diferente metodología.

NIVELES

Su misión es conseguir que el aparato esté en un plano horizontal. Hay 2 tipos fundamentales, el nivel esférico y el nivel tubular (o tórico, o nivel de aire).

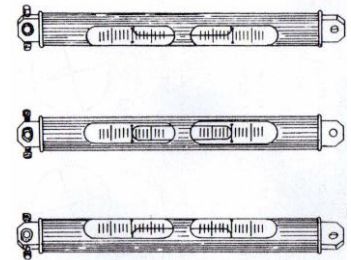
Nivel esférico

Se utiliza cuando no se requiere una perfecta nivelación. Es una pequeña caja metálica cilíndrica con un líquido poco viscoso en el interior dejando una burbuja. La parte superior, es de cristal, convexa, con un círculo grabado en el centro donde debe colocarse la burbuja. Son rápidos y prácticos, pero tienen poca sensibilidad, entre 1' y 7' sexagesimales.



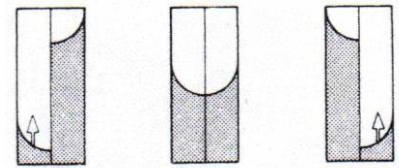
Nivel tubular

Es más preciso que el anterior, es un tubo de vidrio de forma teórica de escasa curvatura, normalmente montado sobre un armazón metálico, con un líquido poco viscoso, éter o benzina, dejando una burbuja. Lleva unos trazos o divisiones, separadas 2 mm frecuentemente. La tangente al ecuador del nivel trazada en el punto central se llama eje del nivel, y deberá ser horizontal cuando la burbuja esté calada, si no el nivel está descorregido.



Nivel de coincidencia

Un modo de precisar más con un nivel tubular es dividir la imagen del nivel con una serie de prismas que cortan la burbuja longitudinalmente y transversalmente y superpone 2 partes opuestas en un pequeño anteojo. Este nivel duplica la apreciación (la sensibilidad del nivel no cambia), y además aquí no se cometen errores al apreciar las divisiones. Permite hacer nivelaciones con gran rapidez.



INSTRUMENTOS PARA NIVELAR

Nivel fijo

Durante muchos años se usó el nivel pesado, de fabricación norteamericana, en los trabajos de nivelación. Su árbol gira en le casquillo de una cabeza que se controla mediante cuatro tornillos niveladores. La cabeza se atornilla al tripié. En el extremo inferior del árbol se halla una articulación esférica que proporciona una conexión flexible entre el instrumento propiamente dicho y el plato. Por lo tanto, cuando se giran los tornillos inferiores, el nivel se desplaza alrededor de este punto como centro. El telescopio está rígidamente asentado en una barra horizontal, que alberga el nivel tubular. Este nivel tubular es ajustable en posición vertical por medio de un tornillo de calavera en el extremo del ocular. La sensibilidad del nivel es de 20" de arco por cada graduación de 2 mm, y la amplificación del telescopio es de 32 diámetros. Su acabado superficial en dos tonos de verde facilita la reflexión del calor y minimiza el resplandor. El nombre de "nivel pesado" tiene relación con la apariencia de los modelos antiguos que tenían oculares invertibles y telescopios relativamente cortos. En seguida se muestran algunos niveles con estas características.



Nivel Tipo Americano



Nivel Tipo Inglés

Nivel basculante

Es un nivel de burbuja cuyo telescopio puede ser basculado o rotado alrededor de un eje horizontal mediante una articulación. Este diseño permite al operador centrar con rapidez la burbuja para llevar la visual al plano horizontal. Cuenta con un tornillo graduado para subir o bajar el ocular del telescopio hasta que la burbuja, vista a través de la abertura situada en el lado izquierdo del telescopio, quede centrada (nivel de coincidencia). Al dar un pequeño movimiento de balanceo, hace que coincidan las dos mitades extremas de la burbuja del nivel tubular; entonces, la línea de colimación será exactamente horizontal. Cada vez que se dirija una visual a la mira para tomar alguna lectura se debe observar por el espejo o por el antejo para cerciorarse que las mitades de los extremos de la burbuja estén coincidiendo. A fin de minimizar los efectos de los cambios de temperatura, el nivel tubular está protegido con una cubierta de metal. En la imagen se muestran algunos tipos de niveles basculantes.



Nivel de precisión Wild N3

Nivel automático

Un gran adelanto se logró cuando se introdujo el compensador automático, dando lugar al nivel automático, su funcionamiento esta basado en un péndulo que por gravedad, en estado estable este siempre estará en forma vertical, y con la ayuda de un prisma, este nos dará la referencia horizontal que estamos buscando. Este nivel tiene una burbuja circular (ojo de buey) que puede no estar completamente centrada, pero el compensador automático hace justamente eso, compensar, este adelanto resultó tan provechoso, que se incorporó en los teodolitos más precisos y en las estaciones totales, aun cuando su funcionamiento puede variar, el principio sigue siendo el mismo.



Nivel WILD NA2



Nivel SELT DS2010

Nivel de mano

Este instrumento sirve tanto para la nivelación directa como para medir los ángulos de las pendientes. Se muestra este instrumento que tiene dos graduaciones una en grados y otra en taludes o pendientes. Cuando se utiliza como nivel, el índice del vernier se pone en cero, y luego se utiliza en la misma forma que el nivel de mano. Cuando se utiliza como clisímetro, se ve el objeto haciendo girar el tubo de nivel alrededor del eje del arco vertical, hasta que el hilo transversal bisecta la burbuja al verla por el ocular. Entonces se lee el ángulo de talud.



Clisímetro



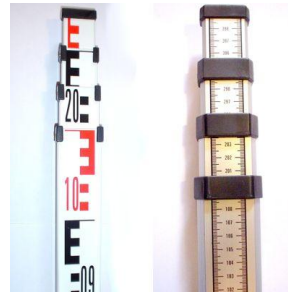
Nivel de Mano

OTROS ACCESORIOS

Estadales

Se fabrican con una gran variedad de materiales (madera, aluminio, fibra de vidrio). Están provistas de una graduación en metros, decímetros y centímetros y las divisiones están indicadas por espacios alternados en blanco y negro de un centímetro. Un breve estudio en la graduación permite conocer exactamente la subdivisión en cada caso y su disposición está bien diseñada para que las lecturas se hagan fácil y rápidamente.

Estadales de aluminio extensibles



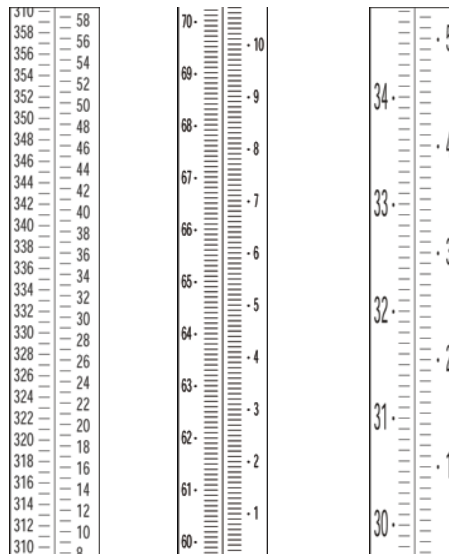
Miras Invar

Para nivelaciones de alta precisión se utiliza la mira invar. Este metal posee un coeficiente de dilatación muy reducido. La graduación se graba directamente con un rayo láser de control interferométrico en la capa de laca del fleje de invar. La precisión y la nitidez de bordes que se alcanzan en este caso, son óptimas.

Características:

- El cuerpo mira de invar está constituido de un perfil de aluminio a prueba de torsión, cuya superficie está anodizada.
- La parte de graduación del cuerpo de la mira está lacada en color amarillo. La escala está por debajo de una capa de poliéster de 0,1 mm de espesor.
- El fleje de invar se encuentra protegido en una ranura del perfil de la mira y se tensa mediante un muelle muy blando. De este modo se compensa el coeficiente de dilatación del perfil de la mira. El coeficiente de dilatación es de $< 1,5 \times 10^{-6}$.
- La placa de asiento sobresale ligeramente por el cuerpo de la mira lo que permite registrar incluso espigas de muro retranqueadas.
- La placa de asiento es de acero niquelado químicamente y está templada y pulida.
- Las miras de invar disponen de serie de nivel esférico de burbujas y asas abatibles cinchadas y recubiertas al polvo.

Graduaciones en las Miras Invar



Placa planoparalela

Existe un accesorio llamado placa planoparalela o micrómetro, este accesorio permite realizar mediciones a la décima de milímetro, si bien se puede colocar en cualquier nivel, se recomienda solo para niveles con 32 aumentos, este accesorio es de gran ayuda para trabajos que requieren mucha precisión., En algunos casos es incluso aconsejable usar estadal invar para eliminar error por variación en la temperatura y dilatación de los estadales de aluminio.



Nivel automático con placa planoparalela



Placa Planoparalela para Nivel DSZ2, 10mm. de alcance. Precisión de 0,1 mm por Km en combinación con un nivel DSZ2

Cuña de acero o "sapo"

El punto sobre el que se apoye un estadal en el curso de los trabajos de nivelación directa debe ser suficientemente estable para conservar su elevación de modo temporal y de preferencia deberá tener punta redondeada y dura. Cuando no se disponga de un sitio fijo para colocar el estadal se recurrirá a un trompo, estaca o cuña de acero.

La cuña de acero es utilizada generalmente en las nivelaciones de alta precisión, con miras invar, y consiste en un perno ahusado de acero, con cabeza redondeada y un anillo o manija para jalarlo después que ha cumplido su función.



Cuña de acero o "sapo"

1.3 PRECISIÓN Y ORDEN EN LAS NIVELACIONES

Precisión en las nivelaciones

La precisión o tolerancia en los trabajos de nivelación está en función del trabajo a realizarse. Podemos decir que la nivelación tiene cuatro categorías dependiendo de la precisión que se desee en el levantamiento, siendo estas:

- Nivelación aproximada
 - Para reconocimientos y anteproyectos.
 - Visuales se hacen hasta 300 m de longitud. (Si el terreno lo permite)
 - Lecturas de mira hasta el centímetro.
 - No se tiene cuidado en guardar equidistancia entre las lecturas adelante y atrás
 - Error máximo en metros = $\pm 0.08\sqrt{D}$ D: distancia en km.

- Nivelación ordinaria
 - Es la usada en la mayor parte de los trabajos de nivelación, por ejemplo; carreteras, vías férreas y otras construcciones de obras viales.
 - Visuales hasta 190 m de longitud.
 - Lecturas de mira al milímetro.
 - Equidistancia aprox. entre lecturas delante y atrás cuando se siguen itinerarios largos cuesta arriba y cuesta abajo.
 - Error máximo entre metros = $\pm 0.024\sqrt{D}$ D: distancia en km.

- Nivelación de precisión
 - Es la usada en trabajos de planos poblacionales o para establecer puntos de referencias principales de levantamientos de cierta extensión.
 - Visuales 90 m de longitud.
 - Lecturas de mira al milímetro.
 - Equidistancia entre lecturas adelante y atrás
 - Error máximo en metros = $\pm 0.01\sqrt{D}$ D: distancia en km.

- Nivelación de alta precisión
 - Es la usada en trabajos de mayor precisión tal como la localización de bancos de nivel geodésicos.
 - Visuales de 90 m de longitud.
 - Lectura de mira al milímetro
 - Equidistancia entre lecturas adelante y atrás.
 - Error máximo en metros = $\pm 0.004\sqrt{D}$ D: distancia en km.

Orden y tolerancia en las nivelaciones

- **Orden**

Otra manera de clasificar las nivelaciones de acuerdo a su calidad, se hace considerando tres órdenes de exactitud. La calidad de la nivelación se juzga por los errores de cierre de línea o de circuito o por la diferencia máxima permisible entre las corridas hacia delante y hacia atrás de un tramo de una línea nivelada.

Orden	Clase	Error de cierre máximo permisible
Primero	I	4 mm \sqrt{K}
	II	5 mm \sqrt{K}
Segundo	I	6 mm \sqrt{K}
	II	8 mm \sqrt{K}
Tercero		12 mm \sqrt{K}

Las *nivelaciones de primer y segundo orden* son de índole geodésica. En cambio, la nivelación de tercer orden se asocia más comúnmente con trabajos de ingeniería.

- **Tolerancia**

Las fórmulas de tolerancia para los trabajos de nivelación se dan en función de la raíz cuadrada de la distancia en kilómetros y en función directa de un coeficiente que se establece de acuerdo a la categoría de la nivelación. La distancia en kilómetros es la que hay entre dos bancos de nivel, entre dos puntos de cotas comprobadas o entre un recorrido de ida y vuelta en una nivelación comprobada.

La fórmula de tolerancia generalmente aceptada para los trabajos de precisión media, es la siguiente:

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

Nivelación de Precisión

No existe diferencia de concepto entre la nivelación ordinaria y la de precisión. En la ordinaria, las distancias entre los puntos de comprobación son relativamente cortas, y las elevaciones que se obtienen son satisfactorias para todos los propósitos de rutina.

En cambio, tratándose de la nivelación de precisión, los circuitos pueden ser de considerable longitud y será indispensable controlar y limitar con mucho cuidado todas las posibles fuentes de error. Este requerimiento exige emplear instrumentos de alta calidad y procedimientos de campo que minimicen los errores instrumentales y de observación.

Las nivelaciones de tercer orden pueden correrse entre dos bancos de nivel de mayor grado de exactitud o bien entre dos bancos de tercer orden ajustados. Así mismo pueden formar un circuito cerrado que comience y termine en el mismo punto.

Al iniciar o cerrar una nueva nivelación en un solo banco, es muy importante que la marca esté bien identificada mediante su descripción y que no se presente evidencia alguna de alteración.

La exactitud de la nivelación dependerá de la calidad tanto de los estadales como del instrumento. En parte, el objeto del instrumento es definir una línea de referencia, la visual, desde la cual puedan realizarse las mediciones a los puntos de liga, o bancos de nivel.

1.4 ERRORES Y AJUSTES

ERRORES

Como en el caso de los levantamientos planimétricos, los errores en las nivelaciones se deben a diferentes factores que se mencionan a continuación.

Errores instrumentales

- El desajuste del nivel produce un error sistemático y el nivelador debe verificar los ajustes de acuerdo con el tipo del instrumento, sobre todo, cuando lo maneje por primera vez. Se puede compensar el error colocando el nivel equidistante de los puntos de liga.
- El movimiento de la burbuja es otra causa del error y el nivelador debe esperar hasta que quede inmóvil en el centro de nivel.
- Respecto a la mira, la mala graduación, también produce un error sistemático y debe verificarse con una cinta de comprobada exactitud.
- Así mismo la falta de verticalidad en la mira.

Errores personales

Estos errores son accidentales y para eliminarlos en lo posible, el nivelador debe proceder con cuidado y mayor agudeza de los sentidos, los principales son:

- Paralaje. Se debe a la falta de enfoque correcto del ocular y del objetivo, por tanto, debe cuidar de que la retícula y la mira se observen con nitidez.
- Centrado de la burbuja. El nivelador debe cerciorarse, antes de hacer la lectura de la mira, que la burbuja esté centrada en la graduación; en los niveles de tipo basculante, observar que los extremos reflejados de la burbuja coincidan exactamente, y en los niveles automáticos, que la burbuja quede en el centro del nivel esférico.
- Lectura: Las miras ordinarias están graduadas al centímetro y las apreciaciones al milímetro están sujetas a la habilidad del observador, y en el caso del estadalero debe tener cuidado de colocar el estadal con exactitud en el punto indicado.
- Falta de verticalidad en la mira. Las lecturas de la mira inclinada son mayores y si el estadalero no es muy experimentado conviene colocar a la mira una niveleta o dar un movimiento lento de vaivén hacia delante y hacia atrás en dirección del observador quien anotará la menor lectura observada.
- Fatiga e incomodidad. Como el nivel no está, por lo regular, sujeto a una colocación precisa como un teodolito o estación total, la fatiga se debe principalmente a la incomodidad al hacer las observaciones ya que la tendencia de los operadores es a inclinarse.

Errores naturales

- **Curvatura y Refracción.** La definición de una superficie de nivel indica que es paralela a la curvatura de la Tierra. Una línea de elevación constante, denominada línea de nivel es igualmente curva y en todos sus puntos normal a la línea de la plomada. Sin embargo, una visual horizontal a través de un telescopio topográfico es perpendicular a la línea de plomada sólo en el punto de observación. Por lo tanto, debe ser bien diferenciada de una línea de nivel.

Debido a la refracción atmosférica, los rayos de luz transmitidos junto a la superficie terrestre son refractados, o curvados hacia abajo, de modo que la visual real es una curva con concavidad hacia abajo. A diferencia de la curvatura de la Tierra, refracción depende del estado de la atmósfera y es variable. Pero por lo general se considera constante.

- **Temperatura.** El calentamiento del suelo produce en las capas inferiores de la atmósfera una reverberación, sobre todo, a las horas del día de más intenso calor, por lo que deben evitarse las visuales muy bajas, y se recomienda suspender los trabajos de nivelación a las horas de intenso calor o reducir las distancias entre los puntos de liga. Los días nublados son preferibles para la ejecución de la nivelación.
- **Asentamientos, levantamientos y vibraciones.** El nivel y la mira deben colocarse en lugares firmes y alejados, en lo posible, donde el tránsito de vehículos y máquinas produzcan vibraciones.

AJUSTES

El ajuste de nivelaciones tiene por objeto distribuir el error de cierre obtenido y hallar el valor de las cotas de los puntos que intervienen en la nivelación. El ajuste se realizará de acuerdo al método empleado en la nivelación pero siempre, la distribución del error de cierre será proporcional a las distancias de nivelada, o sea, una distribución lineal del error de cierre.

METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO

Como parte de los trabajos de operación y conservación en los sistemas de aprovechamiento y distribución de agua potable y alcantarillado del Distrito Federal; el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), lleva a cabo acciones para supervisar y vigilar su buen funcionamiento a través de proyectos de monitoreo periódico de hundimientos y movimientos de suelo, que permitan generar mecanismos de prevención y control en inundaciones, así como la adecuación y mantenimiento de infraestructuras existentes en el subsuelo de la ciudad.

Uno de los proyectos que contribuye de manera importante con esta información, es la Actualización de Cotas en los Bancos de Nivel que integran la Red de Nivelación de la Ciudad de México.

2.1 DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DE NIVELACIÓN

En la Ciudad de México existe una Red de Bancos de Nivel que cubre la zona urbana y una parte de sus límites con el Estado de México, dicha red está compuesta de circuitos de nivelación de diferentes longitudes de acuerdo a las zonas en que se encuentren. La red está dividida en cuatro cuadrantes quedando organizada de la siguiente manera.

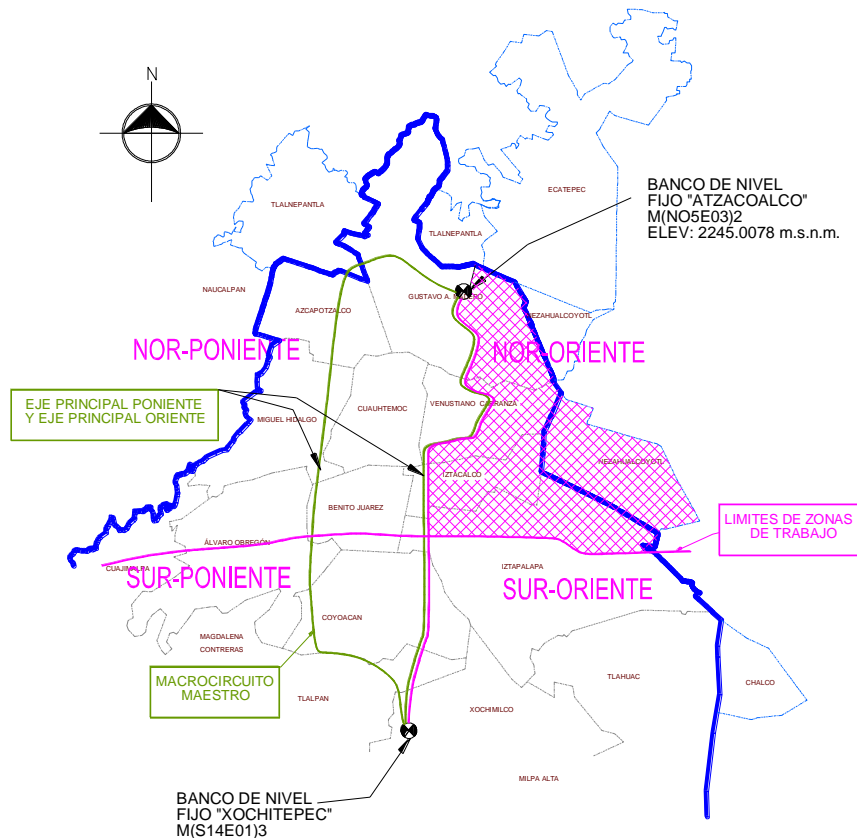


Fig. 7 Distribución de zonas

Las zonas se clasifican de la siguiente manera:

- NORORIENTE **(NO):** 59 circuitos y 38 radiaciones aprox.
- NORPONIENTE **(NP):** 39 circuitos y 82 radiaciones aprox.
- SURORIENTE **(SO):** 59 circuitos y 49 radiaciones aprox.
- SURPONIENTE **(SP):** 37 circuitos y 64 radiaciones aprox.

La funcionalidad y practicidad que represento la división de la ciudad para la realización del proyecto, facilitó la distribución en campo de los frentes de trabajo para las brigadas de topografía que realizarían las nivelaciones.

Los circuitos son líneas de nivelación con bancos de nivel fijos, donde cada línea tiene una ruta distinta y tienen un banco en común con otro circuito que funciona como cierre de nivelación, cada ruta pertenece a un cuadrante en específico dependiendo la zona donde se localice.

Las radiaciones son líneas de nivelación más cortas que sirven para dar cota a bancos de nivel fijos que no están incluidos en ningún circuito, ya sea por su ubicación o porque no hay ningún otro circuito cerca donde completar una ruta o línea.

Los circuitos principales son los llamados Eje Principal Oriente (EPO) y Eje Principal Poniente (EPP) que recorren a toda la ciudad partiendo del Banco de Nivel Fijo de Atzacualco al norte y cerrando en el Banco de Nivel Fijo de Xochitepec al sur. El Eje Central Oriente (ECO) y el Eje Central (ECC), recorren a la ciudad en sentido poniente-oriente. Estos circuitos son con los que inicia el trabajo de campo pues de ellos parten la mayoría de los demás circuitos.

Para cada uno de los circuitos existe un banco en común con el que se comprueba su cierre de nivelación. En la Figura 8 se indica un tramo del Circuito 36 (C-36); de uno de sus BN, parte el Circuito 75 (C-75) y cierra con el C-36. Así mismo se observa el cierre del Circuito 76 (C-76) con el mismo BN que el C-75:

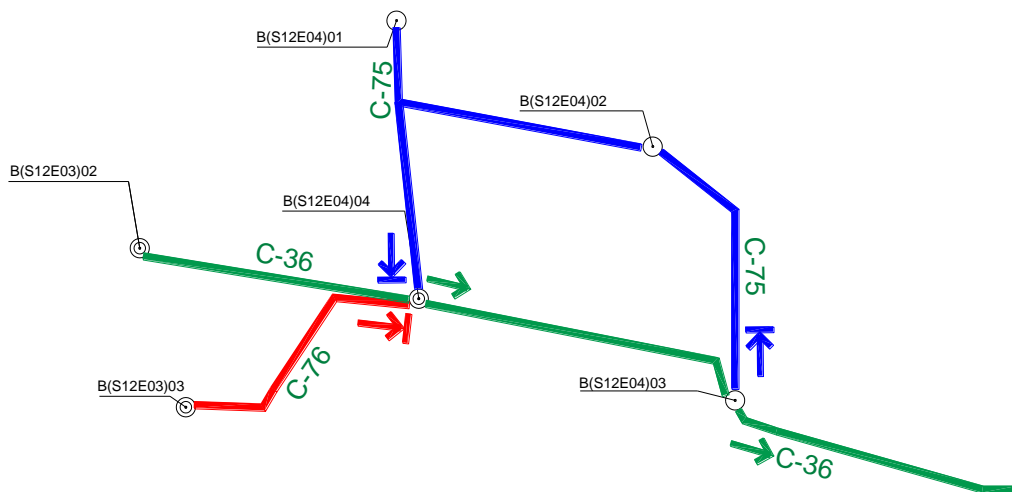


Fig. 8 Arreglo de Circuitos de nivelación

Los nombres de los circuitos se refieren solamente a una numeración consecutiva de acuerdo con el total de circuitos por zona, habiendo casos en que se interrumpe la continuidad en la numeración debido a que se incluye algún circuito muy pequeño en otro, para optimizar la ruta de nivelación. Hay circuitos que incluyen letras además del número, por las repeticiones de éste en una misma zona y hay circuitos que sólo tienen por nombre una letra. Los nombres usualmente se manejan con el número o letra anteponiendo siempre la letra "C".

Lo mismo ocurre con las radiaciones, y la secuencia de números se asigna de acuerdo al número de radiaciones que contenga cada circuito, y se distingue anteponiendo al número o letra de cada radiación una letra "R".

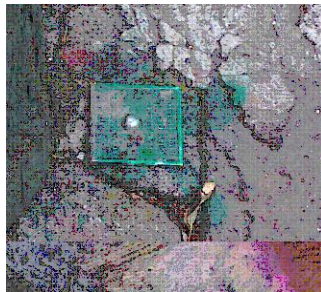
ZONA O CUADRANTE	CIRCUITO	RADIACIONES
NP	C-54	R-1 R-1^a R-2 R-3

Anteriormente se realizaban las nivelaciones de cada cuadrante por separado, es decir en proyectos distintos, pero la dificultad que implicaba el cierre de los circuitos en los límites de cada zona retrasaba en gran medida el progreso de la obtención de datos.

Debido a lo anterior se decidió realizar toda la red en un solo proyecto resultando más prácticos los cierres en las fronteras de los cuadrantes aprovechando la distribución por zonas para un mejor control de información y de avances.

2.2 NOMENCLATURA DE BANCOS DE NIVEL

Los bancos de nivel se identifican a través de una clave o nombre que se le asigna a partir de la zona donde se ubiquen. Son identificados por placas circulares de bronce o placas cuadradas de aluminio, o tubos enterrados.



Placa cuadrada de Aluminio



Placa circular de bronce

Fig. 9 Tipos de placas de nivelación

La nomenclatura se deriva de una cuadrícula numerada a partir del centro hacia los cuatro cuadrantes (N, S, E, W). De acuerdo con esto cada banco de nivel adquiere una clave, en número y posición.

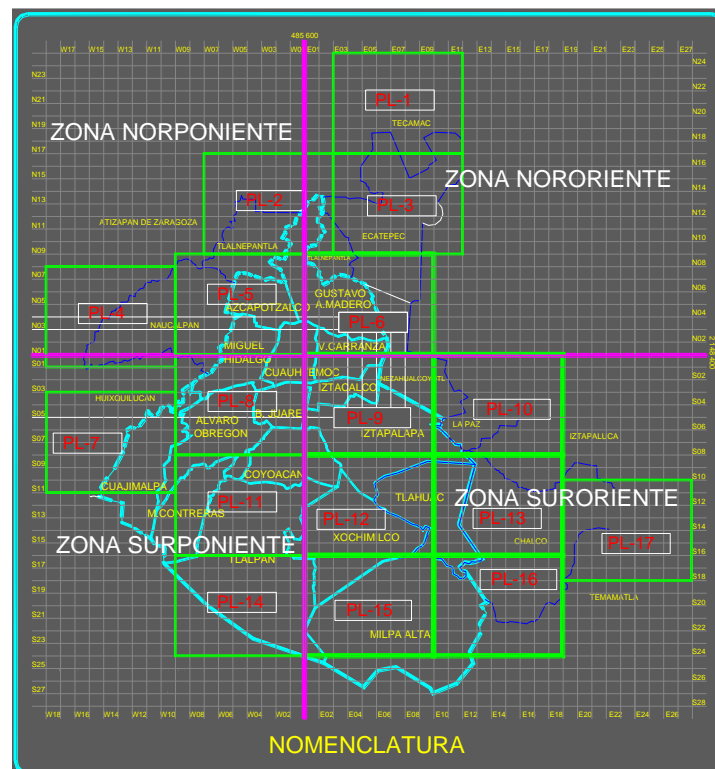


Fig. 10 Plano con retícula para nomenclatura de bancos

Así mismo son clasificados en Bancos Maestros, Bancos de Comisión Nacional del Agua o CNA, Bancos en Pozos y Bancos Ordinarios.

- Bancos Maestros **(M)**. Los hay fijos y superficiales; los fijos se ubican en zonas donde se considera que no se registran hundimientos y se colocan en tubos enterrados hasta 50 m en suelo duro, sobresaliendo del piso 1.50 m aprox. Los superficiales se ubican en guarniciones o banquetas generalmente o en sitios donde se considera que no serán removidos fácilmente.



Fig. 11 Banco de Nivel Maestro enterrado, sobresale un tubo de 1.50 aprox.



Fig. 12 Banco de Nivel Maestro en guarnición.

- Bancos de CNA **(C)**. Son bancos superficiales colocados por la Comisión Nacional del Agua (CNA), pues anteriormente dicha dependencia contaba con redes de nivelación que utilizaba para diferentes fines de operación, y no fue hasta 1996 que el SACM los incluyó en la red que ahora monitorea periódicamente.



Fig. 13 Banco de nivel CNA, con placa cuadrada de aluminio, sobre guarnición.

- Bancos en Pozos (**P**). Son bancos superficiales colocados en instalaciones de pozos de agua potable, esto para garantizar su ubicación y permanencia.



Fig. 14 Banco de nivel ubicado en instalaciones de sustracción de agua potable.



Fig. 15 Banco de Nivel en Pozo con placa circular de bronce.

- Bancos Ordinarios (**B**). Son bancos superficiales colocados o empotrados en banquetas o en sitios que aseguren su permanencia indefinidamente. La mayoría de los circuitos cuentan con este tipo de bancos.



Fig. 16 Banco de nivel Ordinario



Fig. 17 Banco de nivel Ordinario con placa circular de bronce.

Existen sitios donde resulta imposible colocar de este tipo de placas, y en estos casos se colocan monumentos o mojonearas de concreto con una varilla en el centro, como es el caso de la zona de Canales de Xochimilco y Tláhuac, que el tipo de suelo es muy inestable para colocar placas de bronce o aluminio.

Finalmente la clave o nombre de cada banco de nivel queda integrado por la siguiente información:

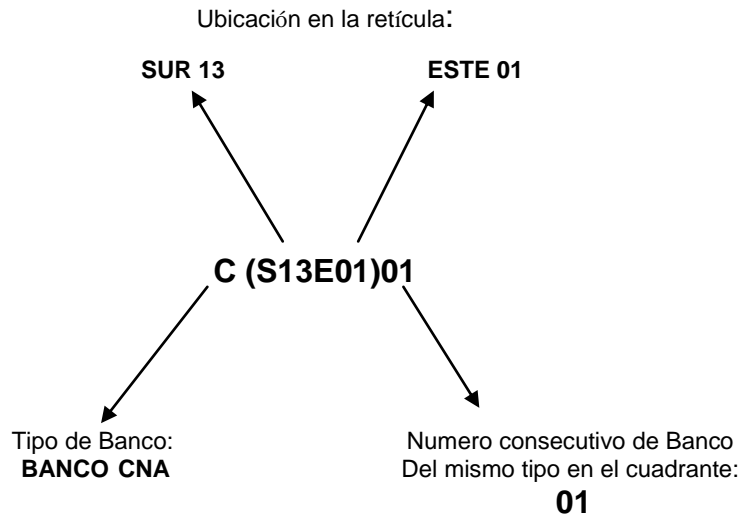


Fig. 18 Descripción de nombre o clave de los bancos de nivel

2.3 RECORRIDOS Y RECONOCIMIENTOS

Como parte de los trabajos de campo previos a la nivelación, como en todo levantamiento topográfico, el recorrido y reconocimiento de los sitios de acción es de gran importancia, pues de ello depende que se nivelen todos y cada uno de los bancos que forman parte de la red y la buena ejecución de los trabajos topográficos.

Para ello se sigue un procedimiento que permite saber con certeza las condiciones físicas que guarda cada banco de nivel después de un período determinado.

El procedimiento consiste en realizar un reporte en el cual se enlista de cada circuito, los bancos de nivel que lo componen y sus características al momento de localizarlo en el sitio que le corresponde según su ubicación histórica.

La información precisa de cada placa, es básicamente la siguiente;

- ✓ que exista la placa y de que tipo es,
- ✓ que esté en el sitio que le corresponde, en caso contrario identificar mediante un croquis o fotografía su ubicación real,
- ✓ si tiene grabada la clave correcta, en caso contrario tomar nota de la clave que tenga la placa,
- ✓ si existe una placa cerca con la misma clave, se anotará como duplicada,
- ✓ y finalmente la fecha del recorrido.

El formato que se utiliza para ello, forma parte de un grupo de documentos que se genera para cada circuito y se le conoce como TABLA 1. (Ver Anexo 1)

Una vez que se ha hecho el reporte por cada circuito, se identifican los bancos de nivel que no cuentan con placa, que esté dañada o que no se aprecie su clave, para ser nuevamente colocadas o remplazadas.

Los recorridos en cada circuito resultan imprescindibles para poder iniciar y agilizar los trabajos de las brigadas topográficas que realizarán las nivelaciones, ya que les permite tener la certeza de encontrar todos y cada uno de los bancos de nivel de los circuitos.

Una vez que se han realizado los recorridos de cada circuito, se da inicio a la nivelación topográfica. Las brigadas de campo cuentan con un apoyo documentado de cada circuito con los detalles de cada banco, en caso de ser relevantes, como los cambios de placa o modificaciones en la claves, esto para poder realizar los trabajos sin entorpecer el proceso de nivelación por placas faltantes o de dudosas claves.

2.4 NIVELACIÓN DE PRECISIÓN

Para la ejecución de los trabajos de campo se llevo a cabo una Nivelación geométrica compuesta, de Primer orden, Clase I; considerando las particularidades que se describieron en el capítulo anterior de acuerdo a su tipo.

Es decir, se denomina *nivelación geométrica compuesta* o línea de nivelación, al método por el que se obtiene el desnivel entre dos puntos encadenando el método de nivelación simple de punto medio. Se realiza más de una estación para determinar el desnivel entre los dos puntos. El orden y clase lo determina el tipo de equipo utilizado para realizarlo y la tolerancia que se establezca de acuerdo a la categoría de la nivelación que se ejecute.

Así bien, si los puntos cuyo desnivel se desea hallar están excesivamente separados entre sí, o la diferencia de nivel es mayor que la que puede medirse de una sola estación, es necesario encontrarlo realizando varias estaciones sucesivas, es decir, efectuando una nivelación compuesta.

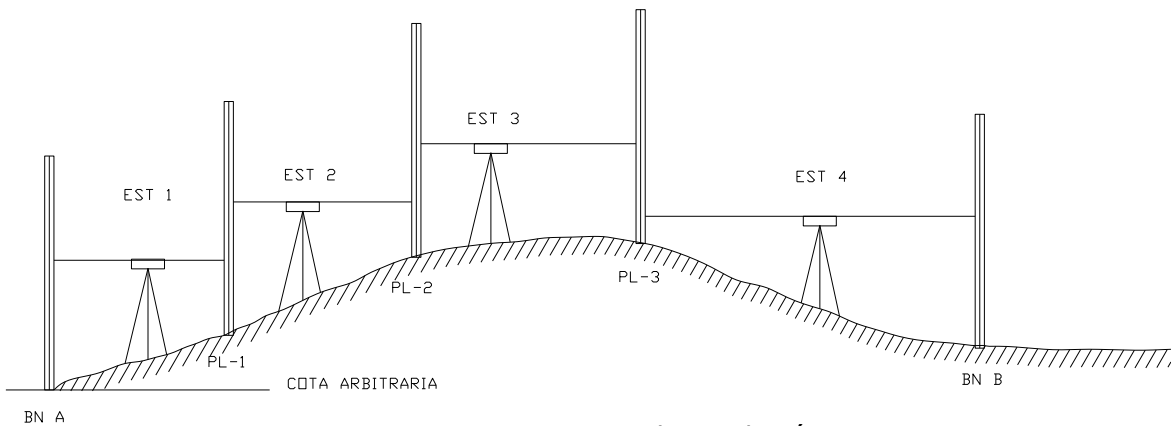


Fig. 19 Proceso de nivelación

Así mismo se consideraron 8 brigadas de campo compuestas por un observador y dos estadaleros o auxiliares, las cuales atendieron a los diferentes frentes de trabajo en cada zona de acuerdo al programa establecido en el proyecto, programando un avance de hasta 10 Km. por brigada, por jornada. Los circuitos en su mayoría miden entre 3, 5 y 7 Km.; habiendo excepciones de hasta 14 y 16 Km.

En cada jornada, las brigadas cumplían con una revisión del equipo, antes de iniciar la medición de los circuitos del día, ésta consistía en realizar una medición de dos puntos, (A y B) por un método similar al llamado de "estaciones equidistantes" el cual se desarrolla de la siguiente manera:

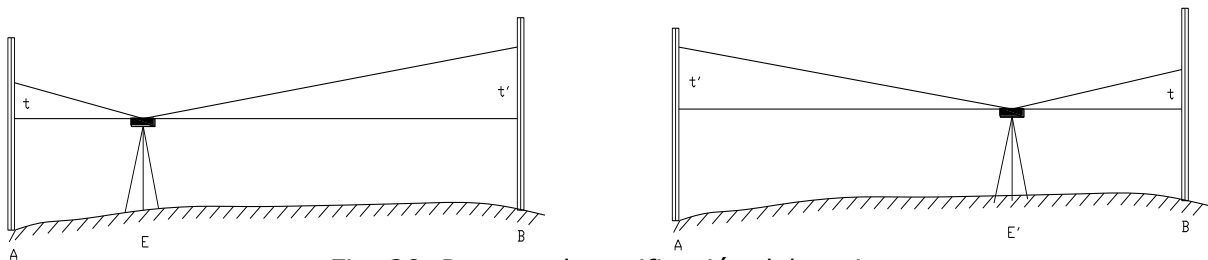


Fig. 20 Proceso de verificación del equipo

En primer lugar se estaciona el instrumento en un punto E y se hacen lecturas a las miras situadas en A y B . Después de situar el aparato en otro punto E' , de modo que $E'B$ sea igual a EA , y se vuelve a leer sobre las miras. Si el aparato tiene un error residual (e) se producirán, unos errores t y t' sobre las miras cercana y lejana, y como EA y $E'B$ son iguales entre sí, también lo serán $E'B$ y $E'A$. El desnivel. H_{BA} , resultará:

$$H_{BA}^B = (m_A - t') - (m_B - t)$$
$$H_{BA}^A = (m_B - t) - (m_A - t')$$

Si el instrumento esta en perfectas condiciones, los dos desniveles serán iguales, lo que servirá de comprobación de las medidas. La medida se considera como buena con un resultado de hasta 5 cienmilésimos en el error de cierre, para la revisión.

En el caso de no cumplir con las condiciones para la medición, la brigada debe ser capaz de realizar las correcciones en el nivel y repetir la medición de comprobación. Si el equipo aún con el ajuste no cubre la tolerancia de cierre, se tendrá que sustituir por uno que las cumpla.

Una vez revisado el equipo, se inicia la nivelación, la cual debe cumplir con las siguientes características en su desarrollo:

- La distancia entre puntos debe ser menor a 80 m.
- Todas las líneas deben quedar divididas en secciones de 1.2 Km de longitud.
- Deben recorrerse en los dos sentidos.
- La diferencia entre los recorridos debe estar entre un valor de T definido con la formula: $T = \pm 4 \sqrt{K}$, donde T es la tolerancia permitida en el cierre del circuito; 4 el una constante dada en mm y \sqrt{K} es el número de kilómetros nivelados en un sentido.
- Para reducir efectos de reverberación y garantizar lecturas las distancias entre PL y aparato no deben ser mayores a 60 m.
- También se evita tomar lecturas en la mira invar inferiores a 50 cm. y mayores a 1.90 m. en miras de 2.00 m. y 2.90 m. en miras de 3.00 m.
- Evitar las horas de mayor insolación que se consideran entre las 12:00 y 15:00 hrs.

Para los registros de campo, se utilizaron libretas numeradas y selladas por el SACM (Sistema de Aguas de la Ciudad de México), esto para tener un control en la información y tener los datos reales. En caso de tener errores de cierre fuera de la tolerancia en circuitos y proceder a su repetición, éste registro permanecería en la libreta cruzado con una diagonal que lo invalidara, y por ningún motivo se permitió arrancar o retirar las hojas, lo mismo. En el caso de hacer anotaciones equivocadas, se cancelaría el renglón con una diagonal y se escribiría en el subsecuente el dato correcto, anotando en la columna de observaciones, el motivo de haber cancelado la lectura.

En la medición en campo se consideraron 3 meses, es decir, que en este tiempo se debían haber cubierto en su totalidad los 4 cuadrantes, especialmente el Nororiente (NO), pues en su historial, es el que presenta mayores hundimientos, y en general para evitar la inducción de errores en los cierres, debidos al hundimiento regionales.

2.5 EQUIPO DE NIVELACIÓN

Para el desarrollo de la nivelación cada brigada utilizó, un nivel automático marca Wild, modelo NA2, con placa planoparalela, logrando con esto lecturas directas a un décimo de milímetro y estimaciones a una centésima de milímetro en el micrómetro.

Para efectuar las lecturas se utilizaron 2 miras de nivelación, de material invar con nivel esférico integrado; para eliminar el error por variación en la temperatura, y un par de cuñas de acero para apoyar las miras al momento de realizar la lectura.

Como se indicó en el capítulo anterior, de acuerdo a la descripción de los aparatos de nivelación, el equipo más óptimo para los trabajos de precisión es el Nivel NA2 con el micrómetro integrado, ya que permite realizar las lecturas con mayor exactitud.

Una de las ventajas que representa el uso de este equipo, es que debido que los circuitos en este tipo de nivelación son de considerable longitud, las condiciones en la cuales se opera el aparato permiten controlar y limitar en gran medida las posibles fuentes de error. El hecho de tener marcas fijas bien identificadas facilita los cierres en los diferentes circuitos sin que se presente ninguna alteración.

La exactitud de la nivelación depende de la calidad tanto de los estadales como del instrumento.

2.6 REGISTROS DE CAMPO

Los registros de campo se llevaron en libretas de nivel, cada libreta forma parte de un consecutivo de todas las que se utilizaron en el proyecto, así mismo se numeraron las hojas de cada libreta para llevar un control de circuitos, pues en uno de los formatos generados en el procesamiento de la información, se anota el número de libreta y de página en la que se encuentra su nivelación de campo, además de tener referencia de la fecha en que se realizó.

Las libretas de campo numeradas fueron autorizadas por la dependencia y su aprobación para que se utilizaran en campo consistía en un sello con rótulos del área encargada del proyecto.

Cada registro consiste en una nivelación geométrica compuesta de ida y regreso, donde se anota lo siguiente:

- Fecha de levantamiento
- Zona donde se encuentra el circuito
- Nombre del circuito
- Banco de inicio y de cierre del tramo
- Lecturas de ida y regreso
- Tipo de placa de cada Banco de Nivel
- Nombre del topógrafo que levantó

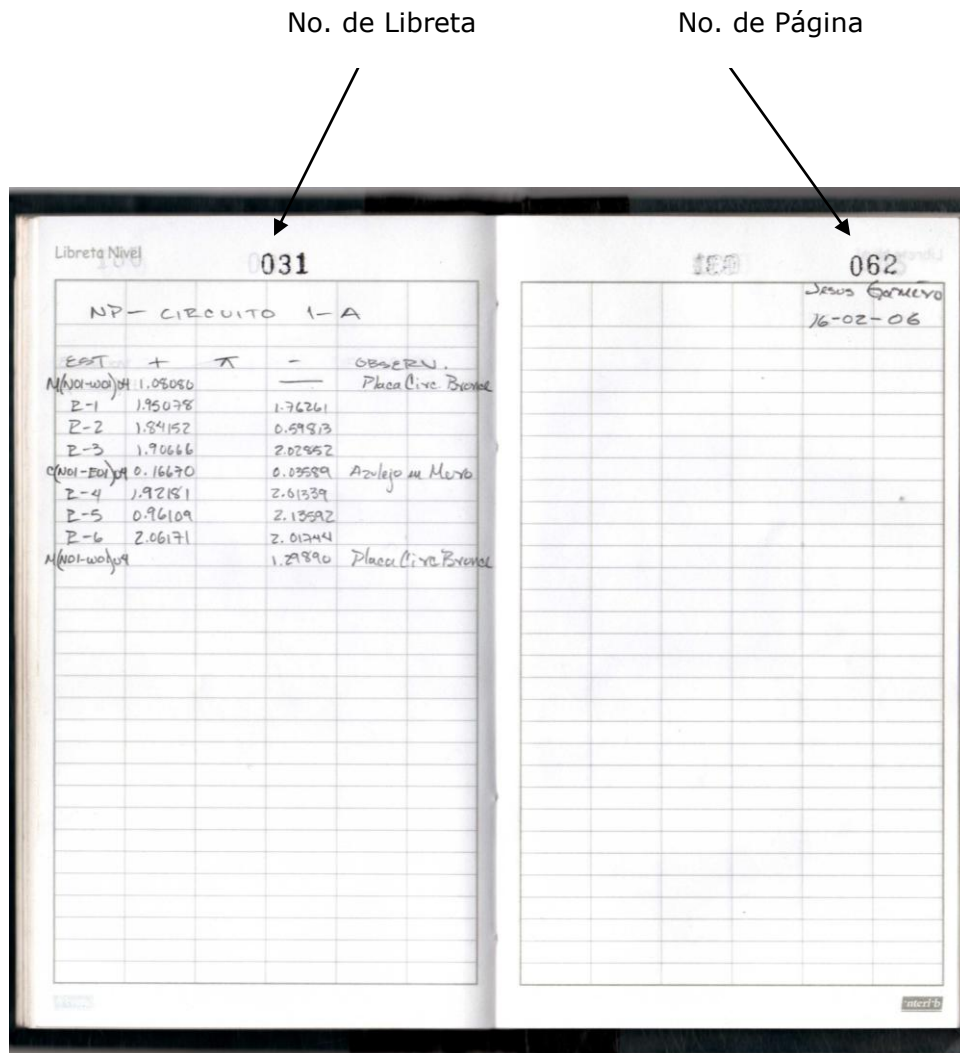


Fig. 21 Registro de campo

El registro anterior representa un tramo del Circuito 1-A, en el se muestran los datos básicos de campo requeridos para integrarlo a la base de datos.

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.1 CÁLCULO DE NIVELACIONES

El trabajo de gabinete se llevó a cabo alternadamente con el de campo, para ello se optó por hacer copias fotostáticas de las libretas de campo, para no entorpecer el avance en campo y poder iniciar las actividades de captura y cálculo de la nivelaciones. Las actividades de captura consistieron en crear una hoja de cálculo para cada circuito nivelado, es decir, que cada hoja contendría todos los tramos que lo formarían, identificando claramente las claves de los bancos.

ZONA: NO. CIRCUITO 13.						
B(N02-E04)03			C(N02-E04)07			
ESTACION	LECTURA ATRAS	ALTURA APARATO	LECTURA ADELANTE	OBSERVACIONES	Suma +	Suma -
B(N02-E04)03	1.71206			Sobre Placa Circular de Bronce		
PL-1	1.33814		1.22566	Punto de Liga	13.79347	13.73414
PL-2	0.66911		0.92484	Punto de Liga		
PL-3	1.22092		1.26061	Punto de Liga	Diferencia	0.05933
PL-4	1.36700		1.70057	Punto de Liga		
PL-5	1.61127		1.29445	Punto de Liga		
PL-6	1.50064		1.17110	Punto de Liga		
PL-7	1.26481		1.58766	Punto de Liga		
PL-8	1.50573		1.52661	Punto de Liga		
PL-9	1.60379		1.51507	Punto de Liga	Suma +	Suma -
C(N02-E04)07	1.50339		1.52757	Sobre Placa Cuadrada de Aluminio	13.48588	13.54571
PL-10	1.48765		1.57458	Punto de Liga		
PL-11	1.50503		1.48339	Punto de Liga	Diferencia	-0.05983
PL-12	1.55758		1.24126	Punto de Liga		
PL-13	1.15253		1.48159	Punto de Liga	Desnivel P.	0.05958
PL-14	1.25363		1.54303	Punto de Liga		
PL-15	1.68554		1.33161	Punto de Liga	Diferencia T.	-0.00050
PL-16	1.23314		1.20154	Punto de Liga		
PL-17	0.90553		0.64779	Punto de Liga	Diferencia T/2	-0.000250
PL-18	1.20186		1.30166	Punto de Liga		
B(N02-E04)03			1.73926	Sobre Placa Circular de Bronce		
SUMA	27.27935		27.27985			

Fig. 22 Formato de captura

En la Fig. 22 anterior se observa el formato utilizado para la captura, en él se muestra que la Hoja de cálculo tiene el nombre del circuito, (CIRCUITO 13 CAPTUR). Los datos que se capturaron son los levantados en campo, en el formato se respetó el orden con que fueron registrados en la libreta de nivel, así como la información anotada en las observaciones.

Se adicionaron un par de columnas a la derecha, donde se llevaron a cabo las operaciones para obtener el desnivel entre bancos, esto se logró programando formulas aritméticas básicas para obtener el desnivel de "ida" y de "regreso", indicado en las celdas "Suma +", "Suma -" y "Diferencia =".

Así mismo se determinó el desnivel promedio (Desnivel P.), la diferencia entre el desnivel de ida y el de regreso (Diferencia T.) y el error de cierre (Diferencia T/2).

En la parte inferior de la hoja de cálculo, se muestran las solapas de las etiquetas de cada uno de los tramos que componen el Circuito 13, cada solapa tiene la misma forma de la que se muestra en la imagen y cada circuito tiene tantas solapas como tenga de bancos de nivel. Para éste caso en particular el Circuito 13 se compone de 25 bancos de nivel, por lo tanto su hoja de cálculo cuenta con 25 solapas.

Una vez completado un circuito, éste pasaría a formar parte de una base de datos, que por Zona; contendría a todos los circuitos correspondientes.

De igual manera se lleva acabo la captura de las radiaciones que tienen algunos de los circuitos, las cuales contienen la misma información para su captura.

Toda la información generada en cada archivo de captura debía estar correctamente calculada y anotada, pues ésta formaría parte de la Base de Datos principal de la Red de Nivelación de Bancos de Nivel, la cual sería utilizada y vinculada a todas las tablas y formatos generados subsecuentemente.

3.2 DESNIVEL Y COTAS DE BANCOS POR CIRCUITOS

Una vez teniendo la captura de las nivelaciones, se procedió a utilizarlas en el siguiente formato, el cual integraría desniveles y cotas de los bancos de nivel.

Para ello se generó una tabla por circuito, dicha tabla cuenta con la siguiente información:

- ✓ Banco de partida y banco de llegada
- ✓ Tramos de nivelación
- ✓ Tipo de banco
- ✓ Longitud entre tramos
- ✓ Desnivel de ida y de regreso
- ✓ Desnivel Promedio
- ✓ Error de cierre
- ✓ Tolerancia
- ✓ No. de libreta y página
- ✓ No. de brigada que realizó la nivelación
- ✓ Fecha de levantamiento
- ✓ Cota calculada

El formato se llama TABLA 2 (Ver anexo 2), y toda su información está vinculada con la información de la TABLA 1 (Ver anexo 1) y de la captura de la información de campo.

Además, las cotas de cada banco se calculan realizando sencillos programas de operaciones aritméticas que maneja la hoja de cálculo.

Así mismo se realiza la TABLA 2 correspondiente a las radiaciones que tienen algunos de los circuitos.

La base de datos se incrementa en información y se ordena de tal manera que su consulta sea fácil y sencilla, una forma es la que se muestra a continuación:

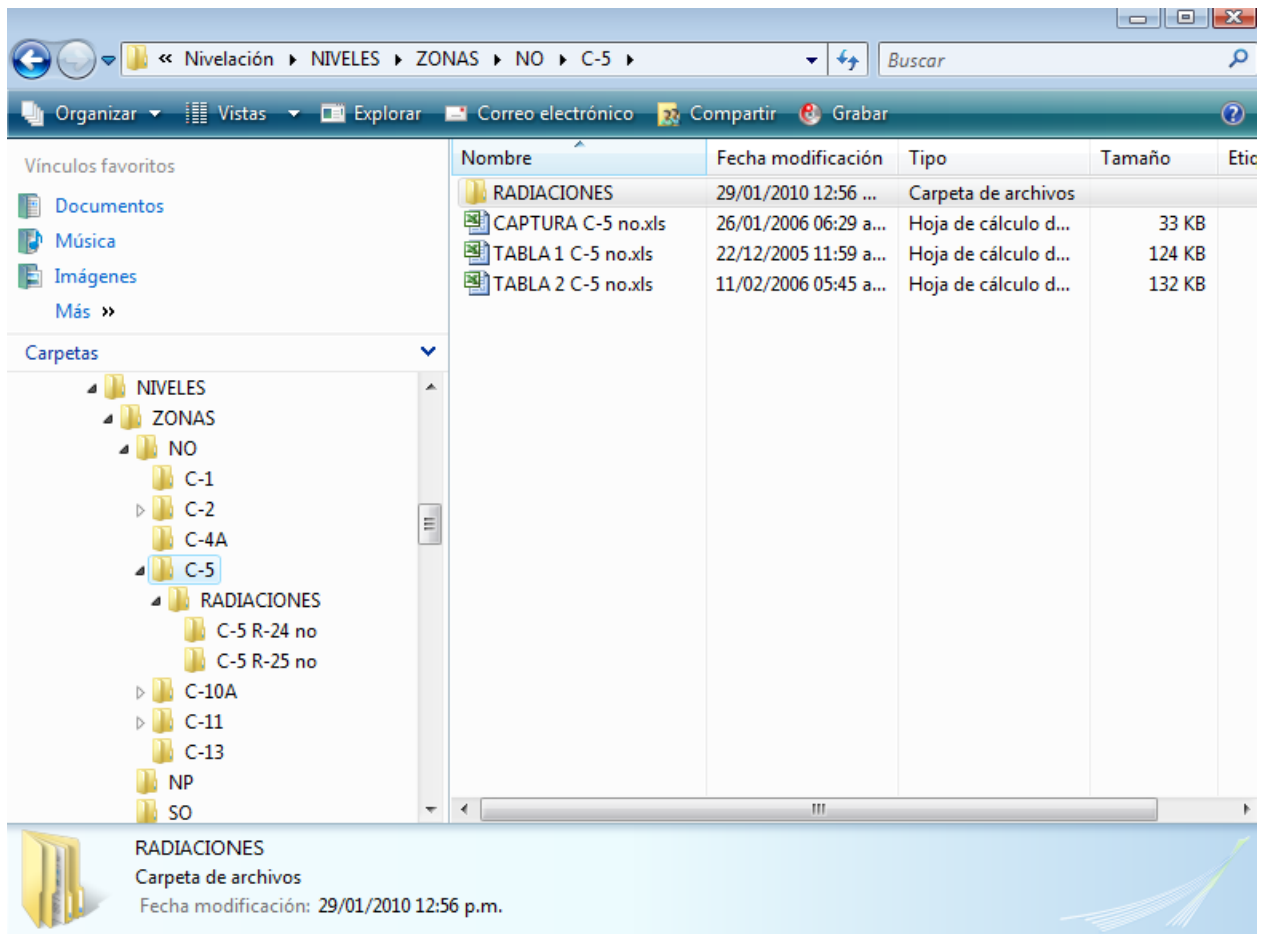


Fig. 23 Base de datos

En la Fig. 23 se muestra la información generada, por zona, número de circuito, hojas de captura, Tabla 1 y Tabla 2, así como las radiaciones que contiene uno de los circuitos. La Tabla 2 es la base principal del proyecto, pues en ella se genera el cálculo de las nuevas cotas que serán remplazadas en la base de datos de la red de nivelación de la ciudad de cada banco de nivel.

3.3 COMPARATIVAS HISTÓRICAS DE DESNIVELES

El proceso de aprobación de las nuevas cotas, consiste básicamente en realizar una comparación con las nivelaciones de años anteriores, esto para poder tener datos que sean coherentes de acuerdo los hundimientos registrados. Para ello se tiene información proporcionada por el SACM, acerca de la evolución de hundimiento de cada banco de nivel de la red.

Dicha información se ha generado a través de un periodo considerable de tiempo, y se tiene historia de la mayoría de los bancos. Las nivelaciones tienen un periodo de 2 a 3 años aproximadamente, en el cual se realiza el recuento de la red y sus incrementos, es decir, los nuevos bancos de nivel que se colocan.

La revisión se realiza a partir de los datos registrados en la Tabla 2, se comparan las cotas con la nivelación del periodo anterior y se realiza una diferencia de cotas, así mismo se compara con los desniveles promedio de cada tramo del circuito, y se realiza una diferencia.

Una vez obtenida esta información se recurre a los hundimientos históricos y se analiza la cantidad de desnivel que ha tenido entre un año y otro. Se toma en cuenta lo zona en que se localice por las características del subsuelo, pues de ello dependerá considerar como real el hundimiento registrado.

Para una mayor facilidad en el proceso, se anexa a la Tabla 2 un apartado en donde se realizan las operaciones necesarias para llevar a cabo el análisis quedando de la siguiente manera:

M(N02E04)04			CHEQUEO					
26.94910			Desnivel 2005		Desnivel 2002		DIFERENCIA	
EPO			Desnivel promedio (m)		Desnivel promedio (m)			
Cota	Cota 2002	Dif de Cotas	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
2228.69072	2229.30982	0.61910	1.74162	0	1.70956		-0.03206	
2228.22493	2228.86032	0.63540	0	0.46580		0.44950		-0.01630
2227.85947	2228.52021	0.66075	0	0.36546		0.34011		-0.02535
2227.91905	2228.61856	0.69951	0.05958	0	0.09835		0.03876	
2227.93253	2228.63696	0.70443	0.01349	0	0.01841		0.00492	
2227.81259	2228.55262	0.74003	0	0.11995		0.08435		-0.03560
2228.03962	2228.78666	0.74703	0.22704	0	0.23404		0.00701	
2227.82840	2228.59994	0.77154	0	0.21122		0.18672		-0.02450
2227.70420	2228.47614	0.77194	0	0.12420		0.12381		-0.00039
2227.98944	2228.73473	0.74528	0.28524	0	0.25859		-0.02665	
2228.15439	2228.89769	0.74330	0.16495	0	0.16297		-0.00199	
2227.41948	2228.20848	0.78901	0	0.73491		0.68921		-0.04570
2227.17624	2227.94641	0.77017	0	0.24324		0.26208		0.01884
2227.17505	2227.95466	0.77960	0	0.00118	0.00825		0.00707	
2227.62685	2228.38767	0.76082	0.45180	0	0.43302		-0.01879	
2227.70843	2228.46519	0.75675	0.08158	0	0.07752		-0.00406	
2227.54659	2228.29802	0.75143	0	0.16185		0.16717		0.00532
2227.59175	2228.33713	0.74538	0.04516	0	0.03912		-0.00605	
2227.71332	2228.44984	0.73652	0.12157	0	0.11271		-0.00886	
2228.29027	2228.98387	0.69360	0.57695	0	0.53403		-0.04292	
2228.54204	2229.21150	0.66946	0.25177	0	0.22763		-0.02414	
2229.06661	2229.65599	0.58938	0.52457	0	0.44449		-0.08008	
2227.74217	2228.35436	0.61219	0	1.32444		1.30163		-0.02281
2228.56498	2229.11071	0.54573	0.82281	0	0.75635		-0.06646	
2228.86548	2229.40708	0.54159	0.30051	0	0.29637		-0.00413	

Fig. 24 Comparación de cotas y desniveles

3.4 INTEGRACIÓN DE EXPEDIENTES DE BANCOS DE NIVEL

Uno de los primeros resultados obtenidos de la nivelación de la red de bancos, es el expediente de cada uno de ellos, transformado en una recopilación de información particular, que permite tener un control en los datos generados y su consulta. Ver Anexo 7.

Cada expediente cuenta con datos específicos de cada banco de nivel:

➤ **Croquis de localización**

Consiste en un plano reducido de la zona de la Ciudad de México en donde se encuentra localizado el banco de nivel, resaltando en él las avenidas principales para facilitar su ubicación. También se realiza un plano en el programa Autocad donde se presentan más a detalle las calles contiguas al sitio, además de una breve descripción física de su ubicación exacta.

➤ **Fotografías**

En este caso se presentan dos fotografías, una donde se aprecie la ubicación del banco de nivel y su entorno indicado con un estadal sostenido por uno de los auxiliares de campo y otra donde se aprecie el tipo de placa de la que se trata, presentando en ambas fotos una pizarra donde se indica el nombre de la dependencia, el nombre o clave del banco de nivel y la fecha de realización.

➤ **Datos Históricos**

El historial de cada banco de nivel es imprescindible para poder detectar los cambios que ha tenido en elevación y las fechas exactas en que se ha presentado. En cada formato aparece un listado de las empresas que han realizado la nivelación, el nombre del banco del que se trata, precisando si es necesario, los cambios que ha sufrido su clave en toda su trayectoria en una columna de observaciones.

También se registra la elevación y la fecha en que se realizó la nivelación y para completar la información se registra la elevación del banco de nivel de llegada.

➤ **Gráfica**

La gráfica elegida para un análisis que represente la cantidad de hundimiento del banco de nivel a lo largo de un tiempo es la de una función exponencial, pues en ella se presenta un algo que debe crecer de forma porcentual a lo largo de un tiempo.

La información de cada banco de nivel se complementa con un encabezado que aparece en los 4 formatos y que contiene los siguientes datos:

- Clave del banco de nivel
- Nombre del formato (Croquis, Fotografía, Datos Históricos, Gráfica)
- Delegación a la que pertenece
- Coordenadas UTM
- Coordenadas Geográfica

3.5 RELACIÓN GENERAL DE BANCOS DE NIVEL

Para facilitar la relación de bancos de nivel por circuito, se recurre a un formato en el cual se presenta un resumen de datos que permita consultar y vincular la información necesaria. El formato se llama TABLA 3 (Ver Anexo 3) y contiene lo siguiente:

- Nombre del circuito
- Banco de partida (clave)
- Banco de llegada (clave, ordenada alfabéticamente)
- Distancia en metros
- Desnivel Promedio
- Elevación
- Fecha
- Tolerancia
- Error de cierre

Una vez ordenados los circuitos en el formato de la Tabla 3, se recurre a una serie de formatos que sirven simplificar la información, considerando lo siguiente:

1. Relación de BN por Tipo TABLA 4, (Ordinario, CNA, Maestro, Pozo) en orden alfabético. (Ver Anexo 4)
2. Resumen de Cotas por Año, TABLA 6.(Ver Anexo 5)
3. Resumen de Hundimiento por Periodo, TABLA 7. (Ver Anexo 6).

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE HUNDIMIENTO

El fenómeno del hundimiento se da con efectos acumulados a través del tiempo causando asentamientos diferenciales en las estructuras coloniales y modernas de la Ciudad de México y grietas en el subsuelo lacustre. Instalaciones metropolitanas tan importantes como el Sistema de Transporte Colectivo (Metro), el Gran Canal y la Red de Agua Potable sufren también sus efectos.

Por ello, su estudio y análisis siguen siendo procedimientos que aún se llevan a cabo, pues a pesar de los grandes esfuerzos realizados no ha sido posible controlarlo, y debido a eso, se ha visto la necesidad de implementar soluciones urgentes para preservar las estructuras dañadas y replantear estrategias para frenarlo y mitigar sus efectos futuros.

Gracias a la información reunida de las nivelaciones periódicas, realizadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), se ha podido reconstruir la evolución de los hundimientos con respecto al tiempo en algunos puntos tales como La Catedral de la Ciudad de México, la Alameda Central y el Palacio de Minería.

La lámina muestra la evolución puntual del hundimiento medio para el periodo 1898-2005 (107 años de nivelaciones periódicas) en Catedral, Palacio de Minería y Alameda Central, en el centro histórico de la Ciudad de México.

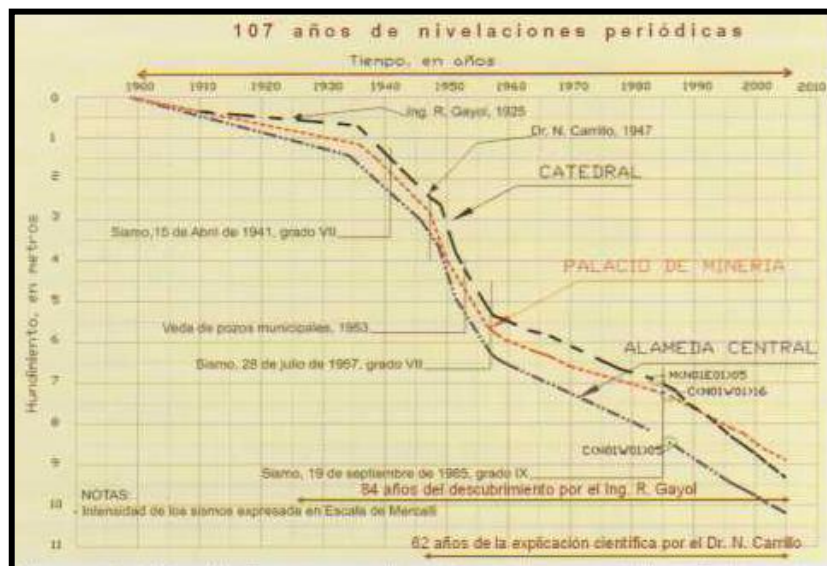


Fig. 25 Hundimientos registrados en tres sitios del centro histórico

Para realizar las estimaciones de hundimientos fue necesario construir un Sistema de Información Geográfica para Bancos de Nivel.

Cada ficha técnica realizados para cada banco de nivel forma parte de la base de datos que lo integra. Dicho sistema permite analizar los hundimientos totales y diferenciales, así como la velocidad de hundimiento en sitios puntuales o áreas específicas.

Con base en las comparaciones históricas de los bancos de nivel a través del Sistema de Información, se ha diseñado un mapa que describe la configuración de los hundimientos en las diferentes zonas de la Ciudad de México, presentando un promedio anual de hundimiento.

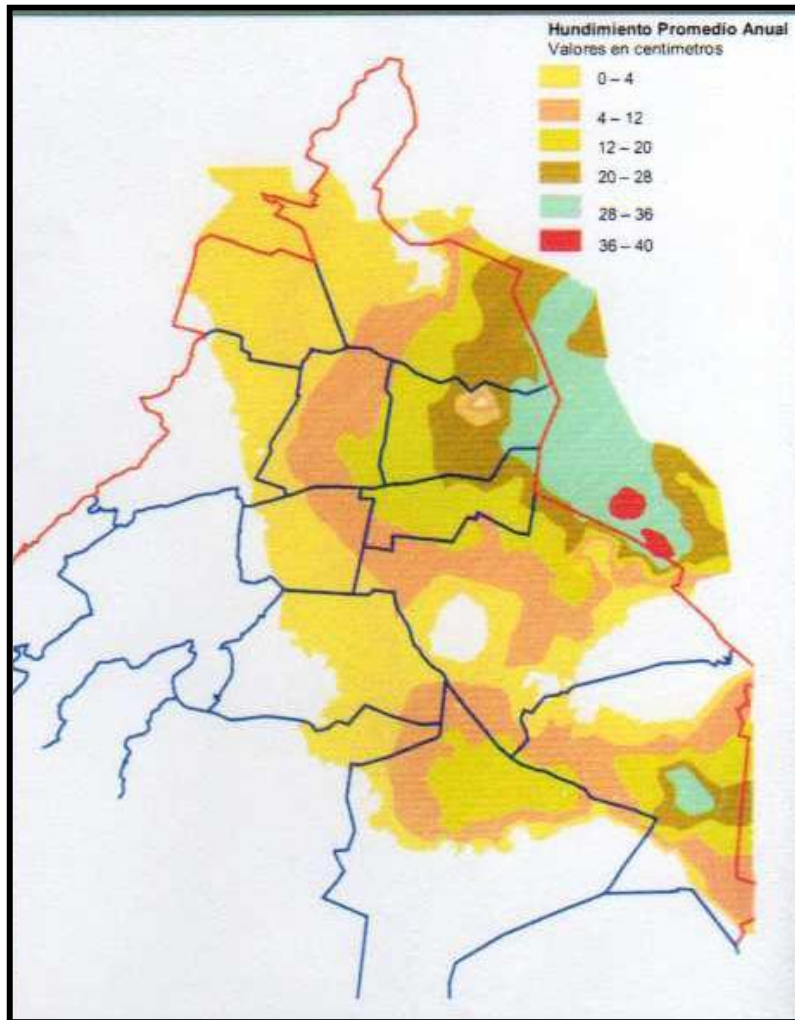


Fig. 26 Mapa de la Configuración de los Hundimientos

Algunas dependencias e instituciones han diseñado otro tipo de modelos para la interpretación del hundimiento en la ciudad de México con base en los datos obtenidos de las nivelaciones periódicas realizadas por el SACM, analizando los diferentes factores que posiblemente los provocan como:

- Por bombeo de pozos profundos
- Por las deformaciones geológicas
- Por mecánica de suelos.

4.2 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES

Una vez recopilada y analizada la información relacionada a las cantidades de hundimiento en las diferentes zonas del Valle de México, se pretende identificar aquellas zonas donde ocurran fuertes hundimientos y que se asocien a los sitios susceptibles como edificaciones e instalaciones o estructuras enterradas, además de tener la posibilidad de emitir un informe mas detallado de magnitud y ubicación de hundimiento, así como mapas donde se localizan las zonas más vulnerables.

Las diferentes causas que contribuyen al hundimiento en el Valle de México se atribuyen a factores geológicos como son las capas estratigráficas de los suelos, a los aspectos hidrológicos de la Cuenca y a las diferentes condiciones sismológicas que afectan el Valle. Analizando estos aspectos, surge el interés por evitar inundaciones y proveer de agua potable a la población del Valle de México y tener un estimado de la magnitud de los asentamientos.

Se sabe que la extracción de agua en la parte central de la Ciudad de México, iniciada en la década de 1840 y con intenso bombeo, alrededor de 1939, generó años después un asentamiento de la superficie del terreno del orden de 7.5 m. El mayor hundimiento ocurrió en el periodo comprendido entre 1930 y 1960, generando daños en edificios e instalaciones subterráneas. En 1989 se consideró que en las zonas periféricas del área urbana, la velocidad de hundimiento alcanzó valores de 30 cm/año en Ciudad Nezahualcóyotl, de 20 cm/año en la cercanía del Aeropuerto de y de 15 cm/año en la subcuenca de Chalco-Xochimilco, afectada por un bombeo intenso.



Fig. 27 Pozo que demuestra el hundimiento en San Juan de Aragón en el periodo 1936-2005.

En el año de 1910, el terreno en el que se asienta la Ciudad de México estaba 1.90 m arriba del Lago de Texcoco. Ahora, está 10 m abajo. El hundimiento máximo actual de la Ciudad de México es de 40 cm al año y el mínimo de 10 cm.

Cabe señalar que el sitio más bajo del Valle de México es la zona del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, según los datos más recientes de la nivelación realizada por el SACM, con una elevación de 2,223.868 msnm.

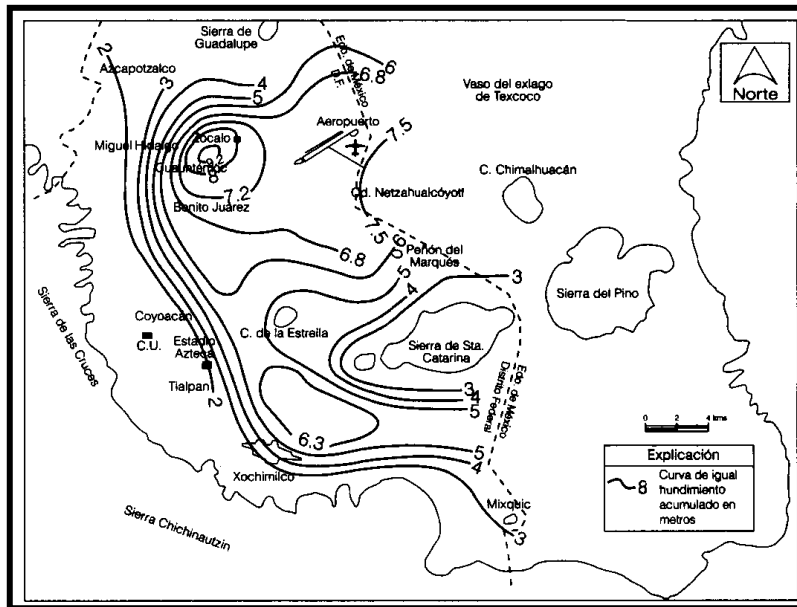


Fig. 28 Hundimiento del terreno en la Ciudad de México (1891-1994)

Los datos de nivelaciones del terreno en diferentes periodos de tiempo, proporcionan información de los bancos de nivel distribuidos en todo el valle.

La información más reciente apunta a que la velocidad de hundimiento se incrementa hacia el centro del valle, donde el tipo de suelo es muy arcilloso y el espesor es mayor que en otras zonas, así como en algunas zonas localizadas hacia el oriente de la ciudad.



1910



Época actual

Así mismo se tiene la situación del drenaje profundo, donde el hundimiento en la ciudad ha provocado que algunas estructuras perdieran su pendiente original.

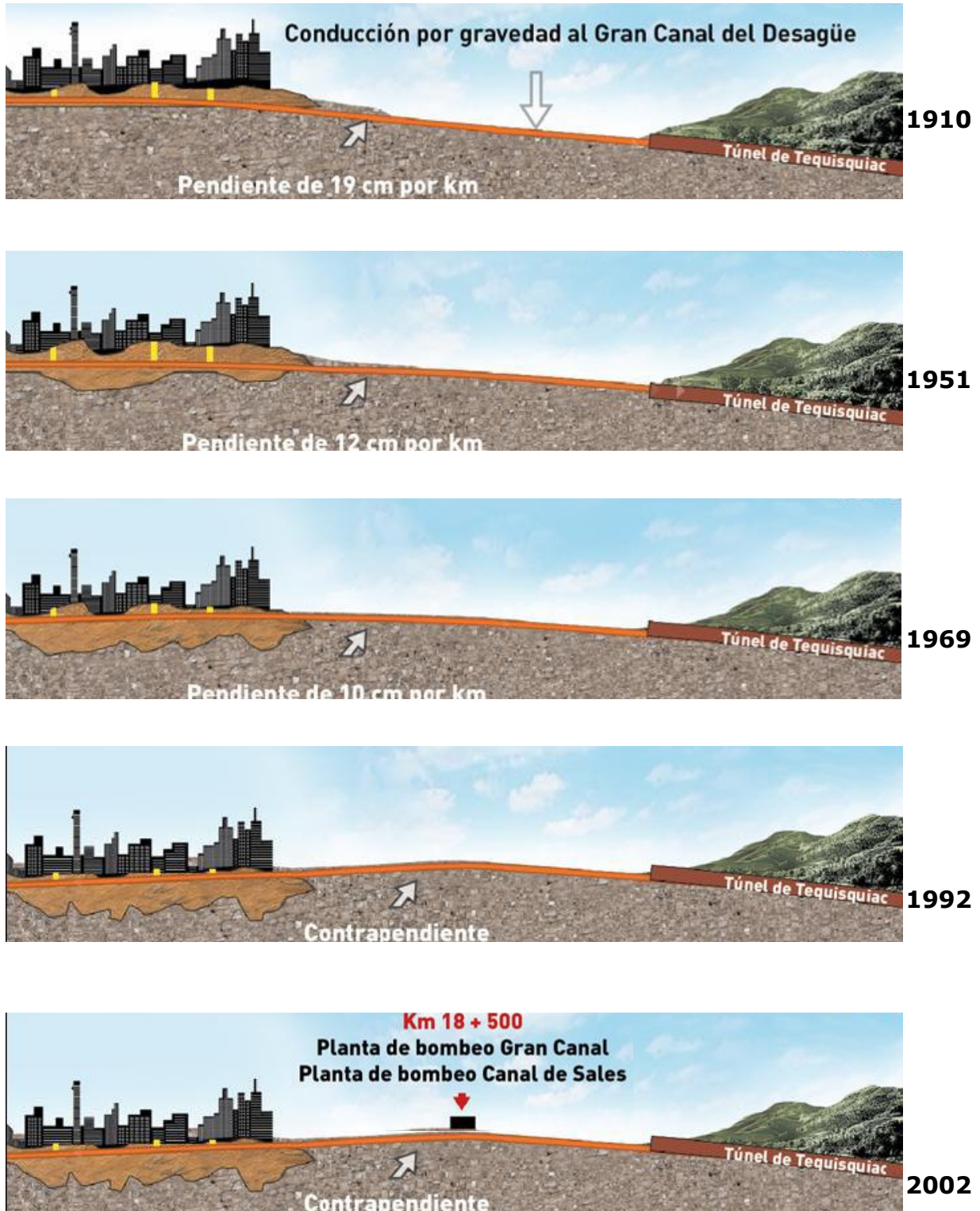


Fig. 29 Impacto del hundimiento en el drenaje de la ciudad

CONCLUSIONES

En algunas ciudades afectadas por el hundimiento inducido por diversos factores, los ingenieros deben enfrentarse a retos difíciles que requieren de conocimientos y soluciones técnica y económicamente aceptables. En la mayoría de los casos, las técnicas convencionales deben ser mejoradas o sustituidas por métodos más innovadores.

El contar con información acerca de las condiciones actuales de terreno de la ciudad, permite tener un objetivo común, que es precisamente evaluar las nuevas técnicas de diseño y proveer de suficiente información a ingenieros para su aplicación en diferentes contextos.

El proyecto de nivelación de la red de bancos de nivel, pretende actualizar la información disponible respecto a este problema, con atención particular de la Ciudad de México, los datos altimétricos presentados se refieren a la medición, interpretación y consecuencias de la magnitud del hundimiento del terreno.

Del análisis de nivelaciones en el Distrito Federal, se han identificado sitios con hundimiento del orden de 40 cm/año. Adicionalmente, se han localizado zonas con hundimiento acumulado de más de 8.7 m durante el periodo 1983-2005.

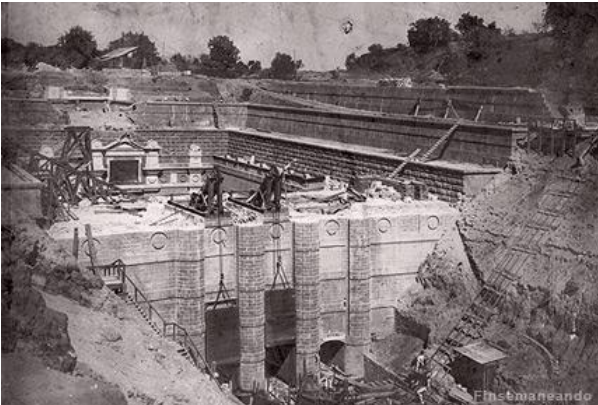
Las alteraciones provocadas por este fenómeno, han ocasionado graves trastornos en el funcionamiento de las principales instalaciones de la ciudad, así como en la estabilidad de las construcciones de todo tipo asentadas en lo que fuera el antiguo Lago de Texcoco. Citando algunas de estas grandes obras afectadas se tiene:

El crecimiento de la población generó una demanda excesiva de agua, teniendo como consecuencia que, el principal sistema de drenaje del siglo pasado, que es el Gran Canal de Desagüe, proyectado para trabajar por gravedad ha tenido una serie de hundimientos diferenciales, lo que requirió de la construcción de una planta de bombeo intermedia para poder desalojar los enormes volúmenes de aguas negras que maneja y de esta forma enviarlas a la Planta de Bombeo Norte, con un gran incremento en los costos de operación y mantenimiento.

Adicionalmente, el desmesurado crecimiento de la ciudad volvió insuficientes las capacidades del drenaje del Gran Canal y del Emisor del Poniente; el hundimiento había sido tal que el nivel del lago de Texcoco, que en 1910 se hallaba 1.90 metros por debajo del centro de la ciudad, ahora se encuentra 5.50 metros más arriba.

El requerimiento de un sistema de drenaje que no se vea afectado por los asentamientos del terreno, se vuelve un reto difícil.

Los proyectos actuales en lo que se refiere a las obras de drenaje, deben ser construidos tomando en cuenta precisamente los datos de hundimientos obtenidos en estos estudios y en el menor tiempo posible, puesto que su ausencia podría provocar severas inundaciones en la zona metropolitana de la Ciudad de México. Para lograr el desalojo de las aguas residuales y pluviales, se requiere de estructuras que permitan conducir y controlar los caudales generados desde la red secundaria y primaria hasta el Drenaje Profundo.



Túnel de Tequisquiác



Emisor Poniente de la Ciudad de México

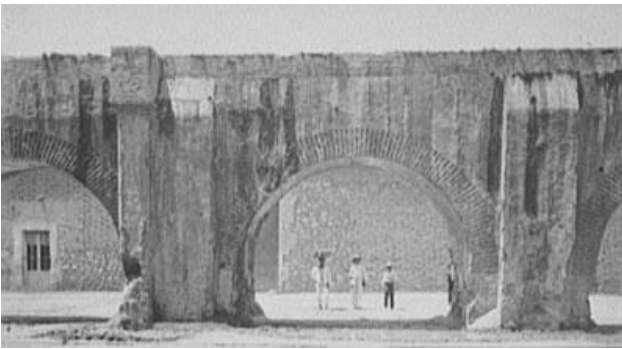
El crecimiento de la población y el bombeo dentro de la ciudad, ha contribuido en gran medida al hundimiento desde principios del siglo pasado hasta la fecha; esto se comprueba basado en las nivelaciones sistemáticas realizadas por las distintas dependencias oficiales que han participado desde las primeras observaciones hasta nuestros días.

El incremento desmesurado en la captación de agua potable, es una de las razones fundamentales en lo que a hundimiento de terreno se refiere, la carencia de aforos sistemáticos del agua que se extrae del subsuelo bajo la ciudad ha sido una falla importante. La comprobación de que la extracción de agua subterránea es la causante, ha obligado a buscar nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable alejadas de la superficie urbanizada y ha provocado restricciones en el suministro de agua en el Distrito Federal, obligando a cambiar proyectos y a incrementar los programas de inversión.

El volumen de agua bombeada del acuífero ubicado bajo la ciudad es actualmente de 52.2 m³/s aproximadamente y representa el 72% del agua potable que se proporciona a los habitantes de la capital.

Se requiere una reevaluación de este problema para definir mejores medidas de mitigación. Una manera de atenuar el efecto que produce, es mediante la clausura de

pozos en las zonas susceptibles de provocar grandes asentamientos, además de una extracción controlada en los pozos que sigan operando. Mientras esto no suceda como un programa establecido, el hundimiento del terreno seguirá siendo uno de los problemas de mayor impacto en la Ciudad de México.



El viejo acueducto de Chapultepec en el Porfiriato.



Red de agua potable

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA No. 1 REPORTE DE RECORRIDOS DE RECONOCIMIENTO

CIRCUITO 13 NORORIENTE (NO)
RADIACIÓN _____

SEMANA No. 2

PERIODO DEL: 29/08/2005 AL: 05/09/2005

No.	CLAVE DEL BANCO	LOCALIZADO (1)		MAL UBICADO (2) CON RESPECTO A	CON CLAVE (1)		CLAVE (3) ERRÓNEA	PLACA (4) DUPLICADA	FECHA DE RECORRIDO	OBSERVACIÓN
		SI	NO		SI	NO				
1	M(N02E04)04	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
2	B(N02E04)02	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
3	C(N02E04)01	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
4	B(N02E04)03	X				X			31/08/2005	Placa cuadrada de aluminio
5	C(N02E04)07	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
6	C(N02E05)01	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
7	B(N02E05)02	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
8	C(N02E05)10	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
9	C(N03E05)14	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
10	B(N03E05)03	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
11	C(N03E05)16	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
12	C(N03E05)17	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
13	B(N03E06)01	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
14	C(N03E05)21	X				X			31/08/2005	Placa cuadrada de aluminio
15	C(N03E05)04	X				X			31/08/2005	Placa cuadrada de aluminio
16	C(N03E05)05	X				X			31/08/2005	Placa cuadrada de aluminio
17	B(N03E05)02	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
18	C(N03E05)06	X				X			31/08/2005	Placa circular de bronce
19	C(N03E05)07	X			X				31/08/2005	Placa cuadrada de aluminio
20	C(N03E05)08	X				X			31/08/2005	Placa cuadrada de aluminio
21	C(N03E05)13	X				X			31/08/2005	Placa cuadrada de aluminio
22	B(N03E05)01	X			X				31/08/2005	Placa cuadrada de aluminio
23	B(N03E04)03	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
24	B(N03E04)01	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
25	M(N03E03)04	X			X				31/08/2005	Placa circular de bronce
26	M(N04E03)04	X			X				31/08/2005	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 ESCRIBIRÁ 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.

ANOTACIONES RELEVANTES

NOMBRE DE LA COMPAÑÍA: _____

ANEXO 2

TABLA No. 2 DESNIVEL Y COTAS DE BANCOS POR CIRCUITOS.

Información de la nivelación de los bancos de nivel										Banco de Partida : M(S14E08)03			Circuito : 25			Zona : SO			Banco de Partida : M(S14E08)03		
										Cota : 2241.28267						Cota : 2241.28267					
No.	Banco de partida	Banco de llegada	D.GCOH	CNA	Parcial	Acumulada	Desnivel de ida (m)		Desnivel de regreso (m)		Desnivel promedio (m)		Error de cierre (m)		Tolerancia	Lib.	Pag.	Brig.	Fecha	Cota	
							(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)							
1	M(S14E08)03	P(S14E08)01	1		60	60		0.83018	0.83025		0.83022	0.00007	0.00049	7	91	2	2	20-oct-05	2240.45246		
2	P(S14E08)01	P(S14E08)02	1		50	110	0.78802		0.78793	0.78798		0.00009	0.00045	7	92	2	2	20-oct-05	2241.24043		
3	P(S14E08)02	P(S14E08)03	1		90	200	1.06582		1.06524	1.06553		0.00058	0.00060	7	93	2	2	20-oct-05	2242.30596		
4	P(S14E08)03	P(S14E08)04	1		225	425	3.14201	3.14204			3.14203	0.00003	0.00095	21	90	2	2	28-nov-05	2239.16394		
5	P(S14E08)04	B(S14E08)01	1		900	1325	5.68988	5.69034			5.69011	0.00046	0.00190	21	91	2	2	28-nov-05	2233.47383		
6	B(S14E08)01	M(S13E07)01	1		675	2000	1.08070	1.08077			1.08074	0.00007	0.00164	7	95	2	2	20-oct-05	2232.39309		
7	M(S13E07)01	B(S13E07)02	1		1275	3275	2.56787		2.56805	2.56796		-0.00018	0.00226	7	96	2	2	20-oct-05	2234.96105		
8	B(S13E07)02	B(S13E06)01	1		975	4250	0.70506		0.70488	0.70497		0.00018	0.00197	7	97	2	2	20-oct-05	2235.66602		
9	B(S13E06)01	B(S13E06)03	1		450	4700	0.63167	0.63181			0.63174	0.00014	0.00134	25	1	2	2	20-oct-05	2235.03428		
10	B(S13E06)03	B(S12E06)02	1		675	5375	0.06421		0.06366	0.06393		0.00055	0.00164	25	2	2	2	20-oct-05	2235.09822		
11	B(S12E06)02	C(S12E05)01		1	674	6049	1.86505	1.86514			1.86510	0.00009	0.00164	25	3	2	2	20-oct-05	2233.23312		
12	C(S12E05)01	B(S12E05)03	1		1	6050	0.00210	0.00246			0.00228	0.00036	0.00006	25	4	2	2	20-oct-05	2233.23084		
13	B(S12E05)03	B(S12E05)02	1		580	6630	0.40703		0.40615	0.40659		0.00088	0.00152	25	5	2	2	20-oct-05	2233.63743		
14	B(S12E05)02	B(S11E04)02	1		600	7230	0.91968		0.91913	0.91941		0.00055	0.00155	25	7	2	2	21-oct-05	2234.55684		
15	B(S11E04)02	C(S11E04)03		1	660	7890	0.77458		0.77483	0.77471		-0.00025	0.00162	25	8	2	2	21-oct-05	2235.33154		
16	C(S11E04)03	B(S11E04)01	1		100	7990	0.07841		0.07836	0.07838		0.00005	0.00063	25	9	2	2	21-oct-05	2235.40993		
17	B(S11E04)01	C(S11E04)02		1	225	8215	0.11909	0.11918			0.11914	0.00009	0.00095	25	11	2	2	21-oct-05	2235.29079		
18	C(S11E04)02	C(S11E04)01		1	195	8410	0.38944	0.38980			0.38962	0.00036	0.00088	25	12	2	2	21-oct-05	2234.90117		
19	C(S11E04)01	B(S10E04)03	1		300	8710	0.51101		0.51113	0.51107		-0.00012	0.00110	25	13	2	2	21-oct-05	2235.41224		
20	B(S10E04)03	B(S10E04)04	1		440	440	1.66730	1.66752			1.66741	0.00022	0.00133	20	10	1	1	19-oct-05	2233.74483		
21	B(S10E04)04	B(S10E04)05	1		461	901	0.05301		0.05320	0.05311		-0.00019	0.00136	20	11	1	1	19-oct-05	2233.79794		
22	B(S10E04)05	B(S10E03)03	1		640	1541	0.78838	0.78871			0.78855	0.00033	0.00160	20	12	1	1	19-oct-05	2233.00939		
23	B(S10E03)03	B(S09E03)01	1		650	2191	1.79683		1.79610	1.79647		0.00073	0.00161	20	13	1	1	19-oct-05	2234.80586		

NOTA: Indicar cuando se trate de un B. N. Profundo
Indicar cuanto se le resto al tubo al realizar la lectura.

Banco Repuesto

Sumas	Bancos			Distancia	Desniveles de ida		Desniveles de regreso		Desnivel promedio		Error de cierre	
	DGCOH	CNA	TOTAL		(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
	19	4	23	10,901.00	9.73153	16.20580	16.20802	9.72866	9.73010	16.20691	0.00563	-0.00074

Banco de llegada : **B(S09E03)01**
Cota : 2234.80127
Circuito : 2

Diferencia : -0.00458
Tolerancia : 0.01321
diferencia < tolerancia

TOLERANCIA = $\pm 4 \sqrt{K} = 0.01321$

Diferencia de ida	Diferencia de regreso	Diferencia promedio	Diferencia de cierre
-6.47427	6.47936	-6.47682	0.00509

Error de Cierre = 0.00509

POR CHECAR

POR NIVELAR

ANEXO 4

TABLA No. 4 RELACION GENERAL DE B. N. TIPO ORDINARIOS "B" EN ORDEN ALFABETICO

No. DE FOLIO	CLAVE DEL BANCO	COTA 2005	FECHA	No. DE CIRCUITO	No. DE RADIACION	ZONA	OBSERVACIONES
	B(N01E02)02	2228.08473	07/oct/05	21		NP	
	B(N01E02)03	2230.04240	07/oct/05	21		NP	
	B(N01E02)04	2232.09339	07/oct/05	21		NP	
	B(N01E03)02	2228.07463	07/oct/05	21		NP	
	B(N01E03)03	2226.88070	07/oct/05	21		NP	
	B(N01E03)04	2226.47630	07/oct/05	21		NP	
	B(N01E03)05	2226.47215	07/oct/05	21		NP	
	B(N01E04)01	2227.03917	05/nov/05	55		NO	
	B(N01E04)04	2225.95913	05/nov/05	11		NO	
	B(N01E04)05	2224.82739	15/oct/05	11		NO	
	B(N01E04)06	2225.14158	16/dic/05	11		NO	
	B(N01E04)07	2225.40233	16/dic/05	11		NO	R-05
	B(N01E04)08	2227.00622	16/dic/05	11		NO	
	B(N01E04)09	2225.67805	16/oct/05	11		NO	
	B(N01E04)10	2227.13956	16/oct/05	11		NO	
	B(N01E05)01	2226.45799	25/oct/05	27		NO	
	B(N01E05)02	2226.60594	15/oct/05	7		NO	
	B(N01E05)03	2226.23410	18/oct/05	11		NO	
	B(N01E05)04	2225.78224	12/oct/05	19A		NO	
	B(N01E05)05	2226.32760	13/oct/05	19A		NO	
	B(N01E05)06	2224.25235	14/oct/05	19		NO	R-05
	B(N01E05)07	2224.20778	12/oct/05	19A		NO	
	B(N01E05)08	2225.83968	13/oct/05	19A		NO	R-05
	B(N01E05)09	2225.89991	14/oct/05	19		NO	
	B(N01E05)10	2226.55048	05/nov/05	11		NO	
	B(N01E06)01	2226.77279	30/sep/05	25		NO	R-05
	B(N01E06)02	2226.84266	25/oct/05	27		NO	
	B(N01E06)07	2226.70693	13/oct/05	19A		NO	R-05
	B(N01E06)08	2226.70642	13/oct/05	19A		NO	
	B(N01E06)09	2226.81868	13/oct/05	19A		NO	
	B(N01E07)05	2226.58076	16/dic/05	K'		NO	
	B(N01W01)01	2229.14915	06/oct/05	2		NP	
	B(N01W01)03	2228.86317	06/oct/05	2		NP	
	B(N01W01)05	2229.18227	06/oct/05	2		NP	
	B(N01W01)06	2229.16263	28/oct/05	2A		NP	
	B(N01W02)01	2237.97700	06/oct/05	2		NP	
	B(N01W02)02	2232.81823	06/oct/05	2		NP	
	B(N01W04)02	2243.97947	24/nov/05	51		NP	
	B(N01W04)03	2248.41372	18/nov/05	50		NP	
	B(N01W05)01	2252.73657	18/nov/05	50		NP	
	B(N01W06)01	2304.43366	16/nov/05	53		NP	
	B(N01W06)02	2279.32770	16/nov/05	53		NP	
	B(N02E02)01	2228.89493	28/sep/05	12		NP	
	B(N02E02)02	2229.39058	28/sep/05	12		NP	
	B(N02E03)02	2229.56087	28/sep/05	12		NP	
	B(N02E04)01	2228.17424	16/dic/05	30		NO	
	B(N02E04)02	2228.69072	15/nov/05	13		NO	

NOTA: SOLO SE PRESENTA UN FRAGMENTO DE LA LISTA

ANEXO 4

TABLA No. 4 RELACION GENERAL DE B. N. TIPO CNA "C" EN ORDEN ALFABETICO

No. DE FOLIO	CLAVE DEL BANCO	COTA 2005	FECHA	No. DE CIRCUITO	No. DE RADIACION	ZONA	OBSERVACIONES
	C(N01E01)01	2231.44450	28/oct/05	I		NP	
	C(N01E04)01	2227.97596	09/sep/05	EPO		NO	
	C(N01E04)02	2228.72199	12/sep/05	EPO		NO	R-05
	C(N01E04)03	2238.25713	12/sep/05	EPO		NO	
	C(N01E06)02	2226.70493	25/oct/05	27		NO	
	C(N01W01)05	2229.89764	28/oct/05	2A		NP	
	C(N01W01)18	2230.29001	28/oct/05	2A		NP	
	C(N01W02)02	2231.44045	06/oct/05	2		NP	
	C(N01W02)06	2235.48423	06/oct/05	2		NP	
	C(N01W02)10	2230.28551	06/oct/05	2		NP	
	C(N01W03)06	2242.71259	13/sep/05	EPP		NP	
	C(N01W04)06	2243.41219	24/nov/05	51		NP	
	C(N01W05)01	2255.89002	18/nov/05	50		NP	
	C(N02E04)01	2228.22493	15/nov/05	13		NO	
	C(N02E04)05	2228.07541	22/dic/05	30		NO	
	C(N02E04)07	2227.91905	15/nov/05	13		NO	
	C(N02E05)01	2227.93253	15/nov/05	13		NO	
	C(N02E05)10	2228.03962	15/nov/05	13		NO	
	C(N02E05)11	2227.30570	27/dic/05	55		NO	
	C(N02E05)12	2227.48499	27/dic/05	55		NO	
	C(N02E05)13	2227.54068	05/nov/05	55		NO	
	C(N02E06)01	2226.61952	07/nov/05	55		NO	
	C(N02E06)03	2227.19718	07/nov/05	55		NO	
	C(N02W03)01	2240.72379	24/nov/05	51		NP	
	C(N02W03)02	2240.30741	12/sep/05	EPP		NP	
	C(N02W03)03	2241.52733	24/nov/05	51		NP	
	C(N02W03)05	2238.45774	12/sep/05	EPP		NP	
	C(N02W04)04	2241.32003	21/nov/05	52R		NP	
	C(N02W04)05	2240.26305	24/nov/05	51		NP	
	C(N02W04)06	2242.55445	24/nov/05	51		NP	
	C(N02W05)02	2249.65578	23/nov/05	G		NP	
	C(N03E04)03	2228.97187	19/dic/05	31		NO	
	C(N03E04)04	2228.97895	22/dic/05	30		NO	
	C(N03E04)05	2229.03170	19/dic/05	31		NO	
	C(N03E05)04	2227.17505	15/nov/05	13		NO	
	C(N03E05)05	2227.62685	15/nov/05	13		NO	
	C(N03E05)06	2227.54659	15/nov/05	13		NO	
	C(N03E05)07	2227.59175	15/nov/05	13		NO	
	C(N03E05)08	2227.71332	15/dic/05	13		NO	
	C(N03E05)10	2227.46632	11/nov/05	34		NO	
	C(N03E05)13	2228.29027	15/dic/05	13		NO	
	C(N03E05)14	2227.82840	15/nov/05	13		NO	
	C(N03E05)16	2227.98944	15/nov/05	13		NO	
	C(N03E05)17	2228.15439	15/nov/05	13		NO	
	C(N03E05)19	2227.58857	20/dic/05	I		NO	
	C(N03E05)21	2227.17624	15/nov/05	13		NO	
	C(N03E05)22	2227.38976	20/dic/05	I		NO	

NOTA: SOLO SE PRESENTA UN FRAGMENTO DE LA LISTA

ANEXO 4

TABLA No. 4 RELACION GENERAL DE B. N. TIPO MAESTRO "M" EN ORDEN ALFABETICO

No. DE FOLIO	CLAVE DEL BANCO	COTA 2005	FECHA	No. DE CIRCUITO	No. DE RADIACION	ZONA	OBSERVACIONES
	M(N01E01)05	2228.98000	23/oct/05	I		NP	
	M(N01E04)02	2229.36832	12/sep/05	EPO		NO	
	M(N01E04)03	2228.35231	12/sep/05	EPO		NO	
	M(N01E04)05	2248.86218	12/sep/05	EPO		NO	
	M(N01E06)01	2227.66954	16/dic/05	27	1	NO	
	M(N01E06)02	2228.44539	30/sep/05	27	1	NO	
	M(N01E06)05	2226.40311	30/sep/05	25		NO	
	M(N01E06)06	2225.70466	24/oct/05	25		NO	
	M(N01E07)01	2225.42432	27/sep/05	K'		NO	
	M(N01E07)02	2225.86570	30/sep/05	58		NO	
	M(N01E07)03	2226.19766	30/sep/05	58		NO	
	M(N01E07)04	2226.18084	30/sep/05	58		NO	
	M(N01E08)01	2226.20990	29/sep/05	58		NO	
	M(N01W01)02	2228.22833	30/dic/05	I		NP	
	M(N01W01)04	2229.02124	23/oct/05	I		NP	
	M(N01W03)01	2238.05247	12/sep/05	EPP		NP	
	M(N01W03)02	2239.06310	13/sep/05	EPP		NP	
	M(N01W03)04	2239.43234	13/sep/05	EPP		NP	
	M(N02E03)01	2228.20083	09/sep/05	EPO		NO	
	M(N02E03)03	2227.69924	09/sep/05	EPO		NO	
	M(N02E04)04	2226.94910	09/sep/05	EPO		NO	
	M(N02W01)01	2231.37134	07/oct/05	I		NP	
	M(N02W03)01	2238.78260	12/sep/05	EPP		NP	R-05
	M(N02W03)02	2238.28837	12/sep/05	EPP		NP	R-05
	M(N03E03)01	2227.97661	09/sep/05	EPO		NO	
	M(N03E03)03	2228.26214	09/sep/05	EPO		NO	R-05
	M(N03E03)04	2228.56498	15/dic/05	13		NO	
	M(N03W01)01	2233.43846	03/oct/05	D		NP	
	M(N03W01)03	2232.19696	07/oct/05	I		NP	
	M(N03W01)04	2231.83777	07/oct/05	I		NP	
	M(N03W03)01	2237.92801	12/sep/05	EPP		NP	
	M(N03W03)02	2237.77790	12/sep/05	EPP		NP	
	M(N04E03)01	2229.34511	09/sep/05	EPO		NO	
	M(N04E03)02	2229.01014	09/sep/05	EPO		NO	
	M(N04E03)03	2228.91864	09/sep/05	EPO		NO	
	M(N04E03)04	2228.86798	09/sep/05	EPO		NO	
	M(N04W01)01	2233.02631	03/oct/05	D		NP	
	M(N04W01)03	2232.82965	03/oct/05	D		NP	
	M(N04W03)01	2235.92845	12/sep/05	EPP		NP	
	M(N04W03)02	2235.96470	12/sep/05	EPP		NP	
	M(N05E01)01	2231.98127	12/sep/05	EPP		NP	
	M(N05E01)02	2231.69175	03/oct/05	11		NP	
	M(N05E01)02	2231.68759	12/sep/05	EPP		NP	
	M(N05E02)01	2256.17783	09/sep/05	EPP		NP	
	M(N05E02)02	2248.04529	12/sep/05	EPP		NP	
	M(N05E03)03	2230.26966	09/sep/05	EPO		NO	
	M(N05E03)04	2243.93908	20/oct/05	32		NO	

NOTA: SOLO SE PRESENTA UN FRAGMENTO DE LA LISTA

ANEXO 4

TABLA No. 4 RELACION GENERAL DE B. N. TIPO POZO "P" EN ORDEN ALFABETICO

No. DE FOLIO	CLAVE DEL BANCO	COTA 2005	FECHA	No. DE CIRCUITO	No. DE RADIACION	ZONA	OBSERVACIONES
	P(N01W05)01	2263.65962	16/nov/05	53		NP	
	P(N02E01)01	2230.33314	30/dic/05	I		NP	
	P(N02W03)02	2241.09669	24/nov/05	51		NP	
	P(N02W04)01	2244.97756	21/nov/05	52R		NP	
	P(N02W04)02	2244.35940	21/nov/05	52R		NP	R-05
	P(N02W05)02	2256.63548	16/nov/05	53		NP	R-05
	P(N02W05)03	2255.27877	18/nov/05	50		NP	
	P(N02W05)04	2266.51852	21/nov/05	50		NP	
	P(N02W06)01	2285.86440	21/nov/05	50		NP	
	P(N06W04)01	2240.83290	23/nov/05	E		NP	
	P(S01W04)01	2246.02071	18/nov/05	50		NP	
	P(S01W06)01	2289.65813	17/nov/05	53		NP	
	P(S02E01)01	2229.26696	05/oct/05	4		NP	
	P(S02E02)01	2229.23764	19/dic/05	6		NO	
	P(S02E02)02	2229.08000	19/dic/05	6		NO	
	P(S02E02)03	2229.08860	19/dic/05	5	24	NO	
	P(S02E02)04	2229.31339	19/dic/05	5		NO	
	P(S02E03)01	2228.42897	19/dic/05	5	24	NO	
	P(S03E01)01	2231.00861	13/sep/05	EPP		NO	
	P(S03E01)01	2231.00861	13/sep/05	EPO		NO	
	P(S03E02)01	2228.98929	15/dic/05	8	1	NO	
	P(S03E03)01	2229.62689	13/dic/05	22		NO	
	P(S03W01)01	2229.95095	24/oct/05	3'		NP	
	P(S03W01)02	2229.77687	24/oct/05	3'		NP	
	P(S03W01)03	2229.39662	24/oct/05	3'		NP	
	P(S04E01)01	2231.00582	17/oct/05	29		NP	
	P(S04E02)01	2230.26622	14/sep/05	EPP		NO	
	P(S04E02)01	2231.00861	13/sep/05	EPO		NO	
	P(S04E03)01	2231.09372	15/dic/05	9		NO	
	P(S04E03)02	2232.19447	15/dic/05	B1		NO	
	P(S04E04)01	2231.50765	15/dic/05	B1		NO	
	P(S04E04)02	2231.70062	16/dic/05	10A		NO	
	P(S04E05)01	2231.89859	14/dic/05	20		NO	
	P(S04E05)02	2231.97902	14/dic/05	20		NO	
	P(S04E05)03	2231.13713	16/dic/05	10A		NO	
	P(S04E07)01	2223.89111	01/dic/05	29A	1	NO	
	P(S04E08)01	2225.83912	21/dic/05	29 A		NO	
	P(S04E08)02	2231.31640	15/dic/05	29 A		NO	
	P(S04W01)01	2230.25162	10/oct/05	H		NP	
	P(S04W01)02	2232.39070	13/dic/05	ECC	5	NO	
	P(S04W02)01	2238.02440	09/dic/05	ECC	4	NO	
	P(S04W03)01	2251.45261	09/dic/05	ECC	3	NO	
	P(S05E02)01	2231.82029	14/sep/05	EPP		NO	
	P(S05E02)01	2231.00861	13/sep/05	EPO		NO	
	P(S05E02)02	2232.29737	04/nov/05	72		SO	
	P(S05E02)03	2232.12570	04/nov/05	72		SO	
	P(S05E07)01	2249.10893	08/nov/05	24	10	NO	

NOTA: SOLO SE PRESENTA UN FRAGMENTO DE LA LISTA

ANEXO 5

TABLA No. 6 TABLA RESUMEN DE COTAS

NOMBRE DEL BANCO	UTM (X)	UTM (Y)	COTA 83	COTA 85	COTA 87	COTA 89	COTA 92	COTA 94	COTA 96	COTA 98	COTA 2000	COTA 2002	COTA 2005	OBSERVACIONES
C(N01W03)06	481201.000	2148897.000			2243.123		2242.965		2242.874	2242.850	2242.815	2242.748	2242.713	R-77
C(N02W03)02	481236.000	2151324.000			2240.629		2240.441		2240.379	2240.363	2240.336	2240.312	2240.307	
C(N02W03)05	482024.000	2150273.000			2238.762	2238.643			2238.571	2238.548	2238.517	2238.472	2238.458	R-00
C(N03W03)01	481374.000	2152569.000							2237.841	2237.822	2237.800	2237.779	2237.779	
C(N04W03)01	481709.000	2153871.000	2236.620	2236.856			2236.766		2236.606	2236.567	2236.535	2236.516	2236.509	R-86
C(N05W03)07	481799.000	2154488.000	2237.989	2237.943			2237.864		2237.673	2237.659	2237.608	2237.583	2237.568	R-82, 86
C(S01W03)04	481518.000	2147663.000			2237.092		2236.921		2236.854	2236.831	2236.796	2236.736	2236.692	R-77, 02
C(S01W03)06	481056.000	2148238.000			2243.973		2243.753		2243.642	2243.610	2243.576	2243.526	2243.468	R-78
C(S01W03)14	481159.000	2147317.000			2241.967		2241.797		2241.737	2241.708	2241.675	2241.435	2241.396	
C(S04W04)04	480432.000	2143258.000			2263.386		2263.383		2263.358	2263.352	2263.321	2263.308	2263.510	R-05
C(S05W04)02	480287.000	2141815.000							2266.679	2266.672	2265.908	2265.907	2265.922	R-00
C(S06W04)04	480155.000	2140396.000			2272.820		2272.816		2272.814	2272.803	2272.772	2272.771	2272.788	R-82, 86
C(S06W04)05	480125.000	2140158.000			2269.424		2269.423		2269.418	2269.409	2269.375	2269.374	2269.390	R-86
C(S07W04)03	480072.000	2139699.000			2270.855		2270.852		2270.847	2270.836	2270.805	2270.801	2270.814	R-82, 02
C(S08W04)06	480059.000	2137852.000		2289.012		2288.985			2288.976	2288.968	2288.933	2288.936	2288.949	R-82
M(N01W03)01	481780.000	2149896.000	2238.324	2238.299	2238.280	2238.189	2238.170	2238.118	2238.100	2238.072	2238.101	2238.063	2238.052	R-00
M(N01W03)02	481588.000	2149389.000	2239.447	2239.412	2239.397	2239.306	2239.295	2239.236	2239.208	2239.174	2239.136	2239.086	2239.063	
M(N01W03)04	481561.000	2148745.000	2240.183	2240.139	2240.110	2240.007	2239.970	2239.904	2239.886	2239.861	2239.822	2239.743	2239.432	R-05
M(N02W03)01	481495.000	2151267.000	2239.124	2239.037	2238.978	2238.837	2238.799	2238.757	2238.753	2238.845	2238.817	2238.782	2238.783	R-98, 05
M(N04W03)01	481668.000	2153676.000	2236.640	2236.159	2236.084	2235.977	2235.932	2236.014	2236.013	2235.966	2235.938	2235.929	2235.928	R-94
M(N04W03)02	481595.000	2153004.000	2236.335	2236.273	2236.227	2236.128	2236.095	2236.035	2236.032	2236.012	2235.988	2235.967	2235.965	R-94
M(N05E01)01	486608.000	2155415.000	2232.965	2232.894	2232.808	2232.587	2232.401	2232.297	2232.213	2232.156	2232.103	2232.039	2231.981	
M(N05E01)02	486276.000	2154837.000	2232.687	2232.626	2232.528	2232.320	2232.145	2232.040	2231.962	2231.883	2231.825	2231.755	2231.688	R-98
M(N05W01)03	485080.000	2155142.000	2233.600	2233.558	2233.502	2233.357	2233.242	2233.172	2233.131	2233.096	2233.059	2233.166	2233.129	R-02
M(N05W02)02	483903.000	2155411.000	2235.104	2235.072	2235.022	2234.910	2234.941	2234.897	2234.883	2234.871	2234.848	2235.009	2234.991	R-02
M(N05W03)01	481756.000	2155698.000	2238.201	2238.160	2238.105	2238.012	2237.960	2237.918	2237.907	2237.847	2237.823	2237.820	2237.798	
M(N05W03)02	481817.000	2154886.000	2238.477	2238.473	2238.381	2238.246	2238.201	2238.161	2238.161	2238.150	2238.113	2238.054	2238.116	R-05
M(N05W03)03	481765.000	2154228.000	2237.513	2237.457	2237.420	2237.356	2237.460	2237.413	2237.411	2237.384	2237.358	2237.341	2237.333	R-92
M(N06E01)05	486981.000	2155825.000	2234.161	2234.115	2234.061	2233.916	2233.785	2233.707	2233.646	2233.608	2233.571	2233.678	2233.638	R02
M(N06E02)02	487924.000	2155889.000	2238.485	2238.462	2238.439	2238.343	2238.266	2238.229	2238.200	2238.172	2238.146	2238.117	2238.084	R-98
M(S02W03)01	481018.000	2146525.000	2239.700	2239.691	2239.696	2239.662	2239.683	2239.649	2239.697	2239.683	2239.656	2239.637	2239.633	R-96, 05
M(S04W04)03	480378.000	2143693.000	2257.777	2257.791	2257.804	2257.753	2257.801	2257.772	2257.778	2257.800	2257.772	2257.759	2257.783	R-98
M(S04W04)04	480610.000	2143227.000	2262.085	2262.056	2262.067	2262.009	2262.054	2262.025	2262.028	2262.020	2261.989	2261.708	2261.948	R-05
M(S05W04)02	480345.000	2142505.000	2262.003	2261.978	2261.983	2261.930	2261.972	2261.944	2261.947	2261.941	2262.053	2262.050	2262.064	R-00
M(S07W04)03	480068.000	2138865.000	2279.680	2279.629	2279.643	2279.710	2279.767	2279.745	2279.756	2279.752	2279.720	2278.765	2278.782	R02
M(S11W02)04	483400.000	2133652.000	2253.689	2253.655	2253.657	2253.495	2253.436	2253.384	2253.395	2253.377	2253.347	2253.344	2253.342	R-92
M(S11W02)06	483764.000	2133307.000	2245.769	2245.737	2245.726	2245.668	2245.662	2245.607	2245.603	2245.583	2245.550	2245.539	2245.539	R-89, 98
M(S12W01)05	485336.000	2131954.000	2243.034	2242.981	2242.936	2242.826	2242.846	2242.794	2242.784	2243.135	2243.088	2243.073	2243.063	R-98
P(S10W04)01	480432.000	2134540.000		2305.972	2306.028			2305.844	2305.853	2305.693	2305.660	2305.656	2305.654	R-98
P(S12W01)01	484140.000	2132590.000	2245.640	2245.625	2245.622		2245.681	2245.633	2245.653	2245.639	2245.605	2245.528	2245.527	R-92
P(S13E01)01	486094.000	2131078.000	2246.184	2246.766	2245.660			2245.416	2245.405	2245.367	2245.311	2245.253	2245.246	R-94, 02

EN LAS OBSERVACIONES SE INDICARÁN LA REPOSICIÓN DE PLACAS DE LOS BANCOS DE NIVEL DESDE 1983 SÓLO SE PRESENTA UN FRAGMENTO DEL LISTADO

ANEXO 6

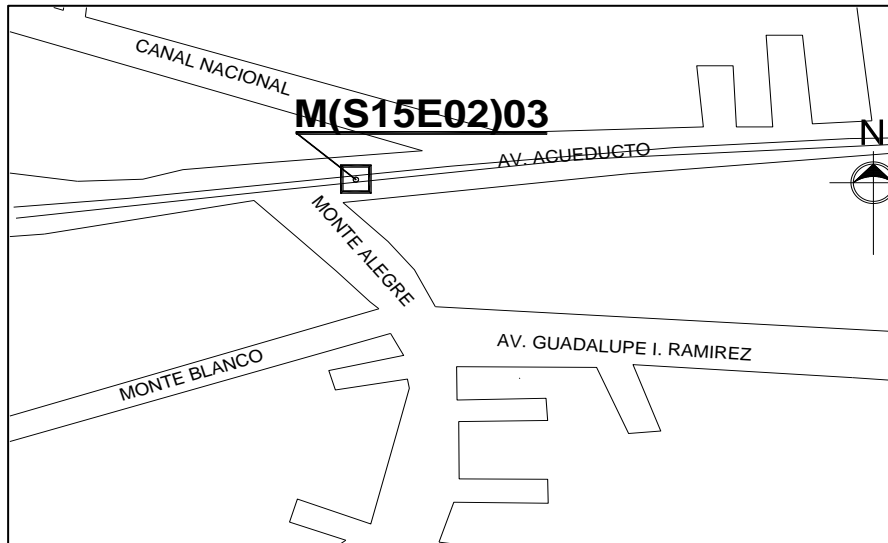
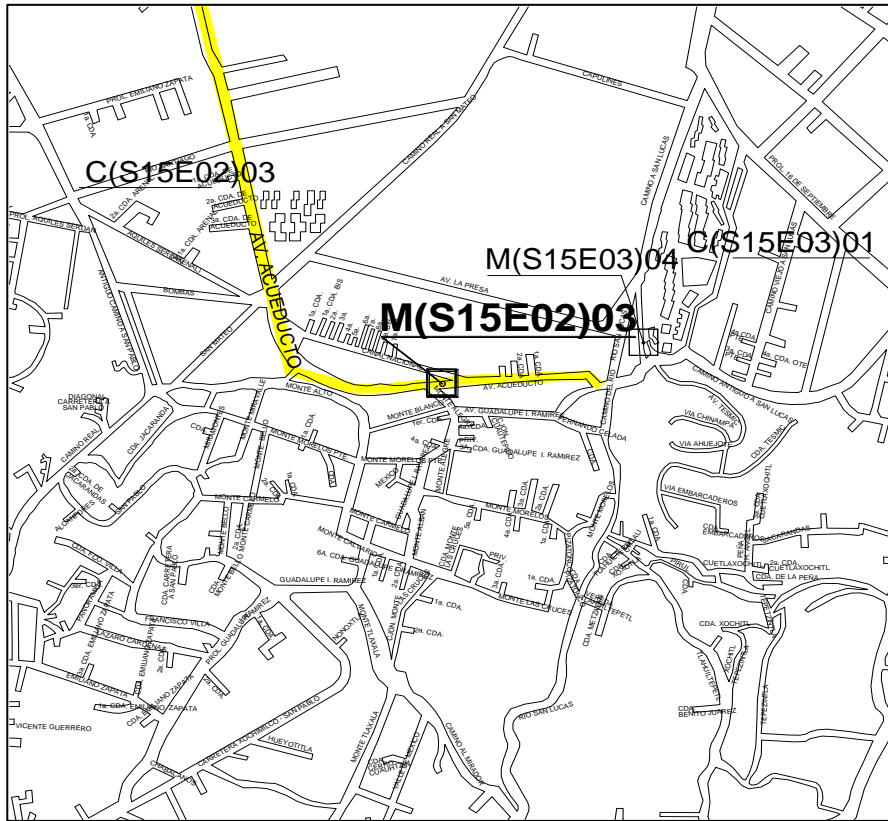
TABLA No. 7 TABLA RESUMEN DE HUNDIMIENTOS

No. DE FOLIO	NOMBRE DEL BANCO	HUNDIMIENTO 1983-2005	HUNDIMIENTO 1985-2005	HUNDIMIENTO 1987-2005	HUNDIMIENTO 1989-2005	HUNDIMIENTO 1992-2005	HUNDIMIENTO 1994-2005	HUNDIMIENTO 1996-2005	HUNDIMIENTO 1998-2005	HUNDIMIENTO 2000-2005	HUNDIMIENTO 2002-2005	OBSERVACIONES
1	C(N01W03)06			0.410		0.252		0.161	0.137	0.102	0.036	
2	C(N02W03)02			0.322		0.134		0.072	0.056	0.028	0.005	
26	M(N04W03)02	0.370	0.308	0.262	0.163	0.130	0.070	0.067	0.047	0.023	0.003	
27	M(N05E01)01	0.984	0.913	0.827	0.606	0.420	0.316	0.232	0.175	0.122	0.058	
28	M(N05E01)02	0.999	0.938	0.840	0.632	0.457	0.352	0.274	0.195	0.137	0.067	
29	M(N05E02)01	0.000	-0.005	0.007	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	-0.004	0.000	
30	M(N05E02)02	0.010	-0.040	0.008	0.004	0.002	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	
31	M(N05W01)02	0.467	0.432	0.381	0.249	0.177	0.127	0.108	0.087	0.060	0.025	
32	M(N05W01)03	0.471	0.429	0.373	0.228	0.113	0.043	0.002	-0.033	-0.069	0.037	
33	M(N05W01)04	0.761	0.707	0.636	0.463	0.386	0.240	0.183	0.142	0.097	0.047	
34	M(N05W02)01	0.340	0.306	0.164	0.165	0.121	0.087	0.075	0.062	0.042	0.024	
35	M(N05W02)02	0.113	0.081	0.031	-0.081	-0.050	-0.094	-0.108	-0.120	-0.142	0.018	
36	M(N05W03)01	0.403	0.362	0.307	0.214	0.162	0.120	0.109	0.049	0.024	0.021	
37	M(N05W03)02	0.361	0.357	0.265	0.130	0.085	0.045	0.045	0.034	-0.003	-0.061	
38	M(N05W03)03	0.180	0.124	0.087	0.023	0.127	0.080	0.078	0.051	0.025	0.008	
39	M(N06E01)03	0.002	-0.004	0.008	-0.002	0.010	-0.001	0.000	0.000	-0.003	-0.005	
40	M(N06E01)05	0.523	0.477	0.423	0.278	0.147	0.069	0.008	-0.030	-0.067	0.040	
41	M(N06E02)02	0.401	0.378	0.355	0.259	0.182	0.145	0.116	0.088	0.063	0.033	
42	M(N06W02)03	0.363	0.290	0.261	0.191	0.154	0.115	0.095	0.084	0.069	0.049	
43	M(N06W03)02	0.159	0.136	0.126	0.089	0.065	0.033	0.035	0.023	0.005	-0.003	
44	M(N06W03)03	0.186	0.160	0.149	0.101	0.073	0.039	0.041	0.030	0.016	-0.001	
45	M(S01W03)02	0.573	0.523	0.472	0.313	0.272	0.211	0.192	0.164	0.128	0.049	
46	M(S01W03)03	0.465	0.435	0.402	0.299	0.269	0.205	0.189	0.159	0.115	0.042	
47	M(S01W03)06	0.033	0.025	0.031	0.024	0.043	0.007	0.014	0.008	-0.014	-0.023	
48	M(S02W03)01	0.067	0.058	0.063	0.029	0.050	0.016	0.064	0.050	0.023	0.004	
49	M(S02W04)01	0.138	0.119	0.123	0.067	0.092	0.060	0.057	0.041	0.007	-0.013	
50	M(S03W04)01	0.071	0.048	0.064	0.019	0.055	0.026	0.028	0.018	-0.009	-0.021	
51	M(S03W04)02	0.070	0.046	0.059	0.013	0.052	0.026	0.029	0.020	-0.010	-0.018	
52	M(S04W04)03	-0.006	0.008	0.021	-0.030	0.018	-0.011	-0.005	0.017	-0.011	-0.023	
76	M(S12W01)03	0.195	0.179	0.180	0.078	0.112	0.070	0.069	0.050	0.012	0.006	
77	M(S12W01)04	0.249	0.212	0.211	0.099	0.125	0.083	0.079	0.057	0.014	0.005	
78	M(S12W01)05	-0.029	-0.082	-0.127	-0.237	-0.217	-0.269	-0.279	0.072	0.024	0.010	
79	M(S13E01)03	0.630	0.561	0.489	0.315	0.258	0.170	0.146	0.099	0.080	0.016	
80	M(S14E01)01	1.081	0.972	0.830	0.497	0.356	0.237	0.174	0.111	0.087	0.016	
81	M(S14E01)03	0.076	0.039	0.045	0.028	0.044	-0.001	0.036	0.021	0.022	-0.020	
82	P(S10W04)01		0.318	0.374			0.190	0.199	0.039	0.006	0.002	
83	P(S11W02)01	0.220	0.177	0.184		0.084	0.041	0.055	0.038	0.010	0.007	
84	P(S12E01)02	-0.527	-0.656	-0.688			-0.863	-0.883	-0.912	-0.959	0.020	
85	P(S12W01)01	0.113	0.098	0.095		0.154	0.106	0.126	0.112	0.078	0.001	
86	P(S13E01)01	0.938	1.520	0.414			0.170	0.159	0.121	0.065	0.007	

SOLO SE PRESENTA UN FRAGMENTO DEL LISTADO

ANEXO 7

BANCO DE NIVEL CROQUIS DE LOCALIZACIÓN	M(S15E02)03	DELEGACION	XOCHIMILCO
	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRÁFICAS
	E: 488,372.672	N: 2,127,643.890	99° 6' 38.28"—19° 14' 32.36"



OBSERVACIONES:
LA PLACA SE ENCUENTRA EN EL CAMELLON DE LA AV. ACUEDUCTO, SOBRE EL REGISTRO DE LUZ CERCANO A UN PILAR.

ANEXO 7

BANCO DE NIVEL	M(S15E02)03		DELEGACION	XOCHIMILCO
	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
FOTOGRAFÍAS	E: 488,372.672	N: 2,127,643.890	99° 6' 38.28"—19° 14' 32.36"	



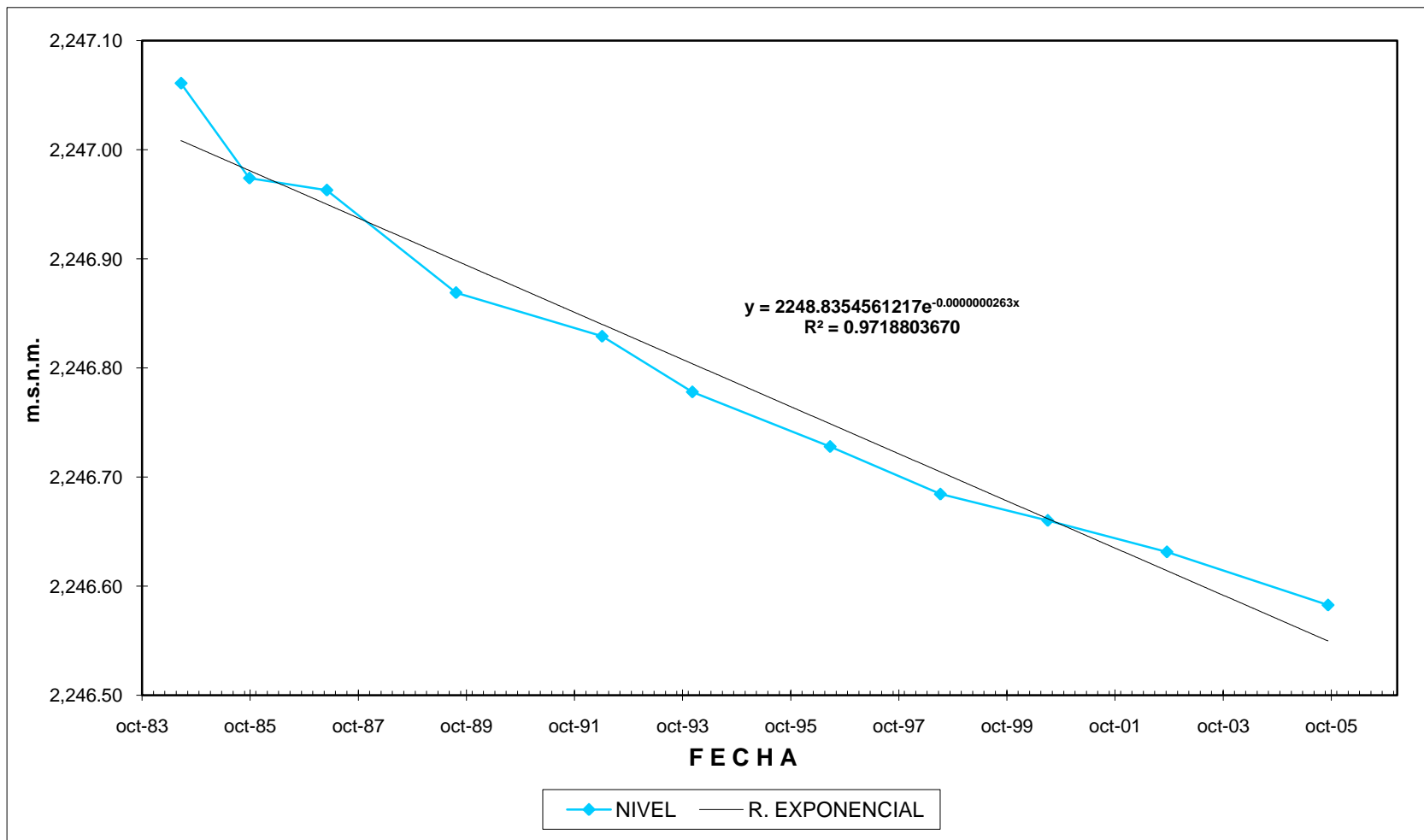
ANEXO 7

BANCO DE NIVEL	M(S15E02)03		DELEGACIÓN	XOCHIMILCO
DATOS HISTORICOS	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	E:	488,372.672	N:	2,127,643.890
			99° 6' 38.28"—19° 14' 32.36"	

CIA. QUE NIVELA	BANCO DE PARTIDA		BANCO DE LLEGADA		OBSERVACIONES
	CLAVE	ELEVACIÓN	FECHA	ELEVACIÓN	
C.A.C.U.S.A.	M(S15E03)04	2,244.305	30/06/1984	2,247.061	
C.A.C.U.S.A.	M(S15E03)04	2,244.207	05/10/1985	2,246.974	
C.A.C.U.S.A.	M(S15E03)04	2,244.175	12/03/1987	2,246.963	
I.U.T.S.A.	M(S15E03)04	2,244.070	01/08/1989	2,246.869	
I.U.Y.E.T.	M(S15E02)02	2,248.909	14/04/1992	2,246.829	
I.U.Y.E.T.	M(S15E02)02	2,248.739	15/12/1993	2,246.778	
S.I.C.	M(S15E02)02	2,248.629	03/07/1996	2,246.728	
S.I.C.	M(S15E02)02	2,248.535	18/07/1998	2,246.684	
E.I.	M(S15E02)02	2,248.305	13/07/2000	2,246.660	
E.I.	M(S15E02)02	2,248.195	26/09/2002	2,246.631	
C.IUYET	M(S15E02)02	2,248.090	19/09/2005	2,246.583	

ANEXO 7

BANCO DE NIVEL	M(S15E02)03		DELEGACIÓN	XOCHIMILCO
GRAFICA DE EVOLUCIÓN	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	E:	488,372.672	N:	2,127,643.890
				99° 6' 38.28"—19° 14' 32.36"



BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, R. "Deformaciones inducidas en el subsuelo de la Ciudad de México por hundimiento regional", *Sísmica de Suelos*, México, 2008.

AUVINET Y. Gabriel, JUAREZ Moisés. "Ingeniería Geotécnica en zonas Urbanas afectadas por Hundimiento Regional". *ISSMGE Comité Técnico No. 36- Instituto de Ingeniería UNAM- Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos*. México, 2009.

BALLESTEROS TENA, Nabor. "Topografía". *Limusa*. México. 1992.

BERBEYER MOLINA, Rafael. "Hundimiento de la Ciudad de México y su relación con los Estudios de Mecánica de Suelos, Geoquímicos y Geofísicos de las Aguas del Subsuelo de la Cuenca del Valle de México". México. 1957.

CARRILLO, Nabor. "Hundimiento de la Ciudad de México y Proyecto Texcoco". *VII Congreso Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones*. México. 1969.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. *Boletín de Mecánica de Suelos*. Núm. 10. 1983-1986. México.

CRUZ GONZALEZ, J.L. "Instrumentos Topográficos". *Universidad de Jaén*. Andalucía, España. 1995.

KASSER, Michel. "Nuevas técnicas para la determinación de altitudes". *Topografía y Cartografía*. Volumen XVIII. núm. 106. Sep-Oct. 2001.

LESSER ILLADES, Juan Manuel. "El hundimiento del terreno en la Ciudad de México y sus implicaciones en el sistema de drenaje". *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XIII. núm. 3. 1998.

LUEGE TAMARGO, J.L. "Equilibrio Hidrológico en la Cuenca del Valle de México. *CONAGUA, SEMARNAT*. México. Mayo. 2008.

MARSAL J., Raúl. "El subsuelo de la Ciudad de México". *Revista Hundimiento General de la Ciudad de México*. Parte B.

MARSAL R.J., HIRIART F., Y SANDOVAL R. "Hundimiento de la Ciudad de México, Observaciones y Estudios Analíticos". *Ediciones I.C.A. Serie B*, núm. 3. México.1952.

MENDEZ E., AUVINET G., FLORES M., PÉREZ D. "Evaluación del Hundimiento de la Ciudad de México". *Laboratorio de Geoinformática, Instituto de Ingeniería. UNAM.* México. 2008.

NAVARRO HUDIEL, Sergio J. "Manual de Topografía y Altimetría. México.2008.

REVISTA Internacional de Ciencias de la Tierra. México. Oct-Nov. ISSNI. 131-9, 100

SCHMIDT, Rayner. Fundamentos de Topografía. *CECSA.* México. 1998.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS. Comisión Hidrológica de la Cuenca del Vale de México. "Bancos de Precisión y Circuitos de Nivelación Establecidos por la CHCVM". México. D.F. septiembre 1961.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS. Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. "Boletín de Mecánica de Suelos". núm. 3. junio 1956-junio 1959. México, D.F.

TOSCANO, R. "Métodos Topográficos". México.

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES. "Uso Sustentable del Suelo y Topografía". *Universidad Nacional de Salta.* Salta, Argentina. 1999.