



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“NIVELACIÓN DE PRECISIÓN DE LA LINEA
ATZACOALCO-CHAPULTEPEC
UBICADA EN EL DISTRITO FEDERAL”**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO TOPÓGRAFO Y
GEODÉSTA**

QUE PRESENTA:

ROLANDO PALACIOS GONZÁLEZ

ASESOR DE TESIS

ING. ADOLFO REYES PIZANO



MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE 2008

INTRODUCCIÓN.....	1
I. ANTECEDENTES	
I.1 Proceso de Nivelación.....	4
I.2 Datum Vertical.....	8
II. EQUIPO TOPOGRÁFICO EMPLEADO	
II.1 Características del Tipo de Nivel.....	11
II.2 Ajuste y Calibración del Equipo Topográfico.....	18
II.3 Accesorios Complementarios.....	27
III. TRABAJOS PRELIMINARES	
III.1 Organización de la Brigada.....	32
III.2 Reconocimiento.....	35
III.3 Monumentación.....	38
III.4 Elaboración de Croquis y Descripciones.....	42
IV. NIVELACIÓN DE PRECISIÓN	
IV.1 Especificación para las Observaciones.....	46
IV.2 Determinación de la Constante Taquimétrica..	50
IV.3 Errores y Correcciones.....	53
IV.4 Procedimiento de Campo.....	61
V. RESULTADOS	
V.1 Registros de Campo.....	65
V.2 Cálculos.....	71
V.2.1 Programa Level.....	74
VI. CÁLCULO DEL HUNDIMIENTO DE LOS BANCOS DE NIVEL	
VI.1 Comparación con los Valores Anteriores.....	76
VI.2 Equipos Electrónicos Digitales.....	83
VI.3 Afectación de Obras de Servicio Público.....	89
VII. CONCLUSIONES.....	94
APÉNDICES.....	96
BIBLIOGRAFÍA.....	127

I N T R O D U C C I Ó N

La altimetría ó control vertical tiene por objeto determinar las diferencias de alturas entre puntos del terreno.

Las alturas de los puntos se toman sobre Planos de Comparación diversos, siendo el más común de ellos el del nivel del mar. A las alturas de los puntos sobre esos planos de comparación se les llama Elevaciones, Cotas ó Alturas, y a veces Niveles.

Para indicar las cotas de los puntos sobre el terreno se deben tener puntos de referencia y de control los cuales se construyen ó eligen en lugares convenientes. Estos puntos son los que se llaman Bancos de Nivel.

En el establecimiento del control vertical geodésico se utiliza una forma refinada de sistema de nivelación designada Nivelación Diferencial de Primer Orden ó Geodésica.

Para que un levantamiento sea considerado como geodésico deberá tomar en cuenta los efectos de curvatura terrestre y ejecutarse con instrumental y procedimientos que permitan una precisión interna compatible con las especificaciones de exactitud y con respecto a un determinado sistema de referencia.

La meta principal de la Nivelación Geodésica es la de establecer un sistema de control vertical de alta precisión que sirva para proporcionar elevaciones precisas en grandes extensiones de terreno.

Además estos levantamientos por su orden y clase deberán destinarse al establecimiento de la Red Geodésica Vertical Primaria ó fundamental del país, y en áreas metropolitanas a proyectos de ingeniería extensivos e importantes, también para la investigación regional de movimientos de la corteza terrestre.

Dada la necesidad de extender, densificar y mantener la Red Geodésica Vertical, y con la finalidad de proporcionar información confiable y actualizada, se realizan trabajos de Nivelación de Primer Orden a lo largo de todo el territorio nacional.

En este texto se presentan las normas, especificaciones y metodologías de los levantamientos para establecer la Red Geodésica Vertical perteneciente a la Red Geodésica Nacional.

Se define como Red Geodésica Nacional al conjunto de puntos situados sobre el terreno, dentro del ámbito del territorio nacional, establecidos físicamente mediante monumentos permanentes, sobre los cuales se han hecho medidas directas y de apoyo de parámetros físicos, que permiten su interconexión y la determinación de su posición y altura geográficas, así como el campo gravimétrico asociado, con relación a un sistema de referencia dado.

Todo levantamiento geodésico deberá formar parte de la Red Geodésica Nacional.

En la integración y funcionamiento del Sistema Nacional de Información Geográfica, se hace necesario uniformar los levantamientos geodésico, sean éstos, horizontales, verticales ó gravimétricos, con el objeto de incrementar y mantener la Red Geodésica Nacional; y que asimismo sirvan de apoyo a los trabajos cartográficos.

Las Normas Técnicas para levantamientos Geodésicos tienen el propósito de servir como referencia normativa para la evaluación de trabajos y levantamientos geodésicos existentes, así como para regular los que se hagan en el futuro y darles un carácter uniforme a los Levantamientos Geodésicos que se efectúen dentro del Territorio Nacional.

De acuerdo a las características de precisión y densificación de las líneas de nivelación, existen varios usos de las mismas.

- Determinación precisa del relieve del territorio.
- Origen para las grandes obras públicas.
- Establecimiento de la cartografía a cualquier escala necesaria para el ordenamiento territorial.
- Conocimiento muy preciso del nivel medio del mar y sus variaciones a causa del efecto invernadero.
- Detección de posibles variaciones verticales de la corteza en zonas con previsibles fenómenos sísmicos y volcánicos.

La razón por la que se utiliza la nivelación geodésica para determinar movimientos verticales en lugar de GPS es debido a que el posicionamiento vertical, para periodos de observación cortos y distancias menores a los 30 Km., la precisión que brinda éste es mucho menor que la que se puede obtener con nivelaciones geodésicas de alta precisión.

I.- ANTECEDENTES

I.1 Proceso de Nivelación

La nivelación de primer orden, también es llamada nivelación precisa, nivelación de alta precisión, nivelación de precisión ó nivelación geodésica, por algunas organizaciones, refiriéndose a la nivelación con nivel de burbuja de un alto grado de exactitud.

Como el eje vertical del instrumento se dispone perpendicularmente al geoide, la línea resultante de una nivelación seguirá la curvatura del geoide y por esto se le considera como *Nivelación Geodésica*.

El primer intento por asegurar un acuerdo internacional fue el acuerdo tomado en 1867 por la Asociación para la medición de Europa central. Esa organización adoptó el término "Nivelación precisa" y la definió como sigue: La nivelación será considerada precisa, si el error probable de la diferencia de elevación entre dos bancos de nivel apartados un kilómetro no excediera de 3 milímetros sobre el promedio y no fuera mayor de 5 milímetros como máximo.

La asociación internacional de geodesia, en su reunión de 1912 en Hamburgo, Alemania, introdujo otra clase de nivelación llamada "Nivelación de Alta Precisión", para la cual, los límites de error fueron ± 1 milímetro para el error probable accidental y ± 0.2 milímetros por kilómetro para el error probable sistemático. Esta reducción en los límites fue posible por el importante avance de las técnicas de nivelación durante el periodo comprendido entre 1867 y 1912.

En la sexta Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, la asociación Internacional de Geodesia adoptó una resolución final definiendo a la nivelación con nivel de burbuja como "Nivelación de Alta Precisión" y "Nivelación Precisa"; para la primera el error probable no debería exceder de ± 2 milímetros por kilómetro y para la segunda de ± 6 milímetros.

La junta de Levantamientos y Mapas del Gobierno Federal de los Estados Unidos de Norteamérica, en sus especificaciones para control topográfico horizontal y vertical aprobado el 9 de mayo de 1933, clasificó la nivelación en cuatro grados diferentes según su exactitud y especificó los criterios que han de seguirse para esta clasificación, mostrándose a continuación los necesarios para la nivelación que nos ocupa.

En el año de 1949 se concertó un convenio de colaboración cartográfica entre México y los Estados Unidos de Norteamérica, para la ejecución de triangulaciones geodésicas así como nivelación de precisión, celebrándose un segundo acuerdo en 1955 para la continuación de estos trabajos.

Las dependencias encargadas en la realización de estos trabajos fueron por México el departamento cartográfico militar (dcm) de la secretaria de la defensa nacional y por los estados unidos de Norteamérica el interamerican geodetic survey (iags).

Los trabajos de nivelación de precisión se iniciaron en el año de 1952, cubriendo para fines de esta década aproximadamente 12,000 Km.

Se consideraron como elevaciones fijas las de bancos de nivel referidas al nivel medio del mar determinado por mareógrafos localizados en Mazatlán,

Sin. (4 años de observación), Manzanillo, Col. (2 y medio años de observación), Acapulco, Gro. (2 años de observación), Veracruz, Ver. (4 años de observación), Tampico, Tamps. (10 años de observación), Guaymas, Son. (2 años de observación) y Topolobampo, Son. (22 meses de observación). Además los bancos referidos al nivel medio del mar datum de 1929, establecidos por el U.S. coast and geodetic survey (e.u.n.a.), a-680 en Bronsville, Tex., t-64 en eagle pass tex., a-110 en el paso Tex. y k-77 en Nogales, Ariz.

Para el cálculo y compensación de estas nivelaciones se dividieron en tres grupos. El primer grupo quedo formado por líneas de nivelación en circuitos cerrados y ligados a elevaciones fijas. El segundo grupo comprende líneas de nivelación de orden inferior comprendidas dentro del área compensada y el tercer grupo lo conforman las líneas de nivelación abiertas, la discrepancia en el cierre del circuito mas largo fue de -422.6 mm siendo la tolerancia 117.1mm, se atribuye este error a la aparente diferencia que existe entre los niveles medios del mar en el golfo de México y el océano pacífico.

En el año de 1969 se acordó otro convenio entre la universidad nacional autónoma de México (Instituto de Geofísica) y el Servicio Geodésico Interamericano (iags siglas en ingles) de los Estados Unidos de Norteamérica para realizar trabajos únicamente de nivelación de precisión, auxiliando en la ejecución de este trabajo personal del departamento cartográfico militar.

A partir de 1968 se creo la comisión de estudios del territorio nacional hoy dirección general de

geografía del instituto nacional de estadística geografía e informática la cual continúa los trabajos de nivelación hasta la fecha, las nivelaciones fueron ligadas a bancos de nivel establecidos en las etapas anteriores y ajustados por métodos geométricos lineales.

NIVELACIÓN DE PRIMER ORDEN: La nivelación de primer orden debe destinarse al establecimiento de la red geodésica vertical primaria ó fundamental del país y en áreas metropolitanas, a proyectos de ingeniería extensivos e importantes, a la investigación regional de movimientos de la corteza terrestre y a la determinación de valores geopotenciales. Las líneas de nivelación estarán representadas por una serie de bancos de nivel establecidos a lo largo de vías de comunicación. Todas las líneas deben ser divididas en secciones de 1 a 2 kilómetros de longitud, y cada sección deberá nivelarse hacia adelante y hacia atrás, no debiendo diferir ambas determinaciones en $4 \text{ mm} \cdot \sqrt{K}$, donde K es la longitud de la sección en kilómetros.

I.2 Datum Vertical

Todos los trabajos de nivelación geodésica son referidos a una superficie de nivel fundamental ó *Datum Vertical*, este Datum en nuestro caso es el "Nivel Medio del Mar", el cual se puede definir como: La superficie de marea nula; que es el promedio de las alturas del nivel del mar para todas las etapas de la marea, es decir, la superficie del agua del mar ya depurada de los efectos meteorológicos ajenos a la marea misma. En la práctica se determina por la integración de la curva mareográfica, es decir, por media aritmética de las alturas del mar determinada a intervalos iguales durante una larga serie de observaciones.

Este plano se ha adoptado como plano fundamental ó de origen desde el cual se cuentan las alturas topográficas y las altitudes de las nivelaciones geodésicas. El nivel medio del mar (N.M.M.) puede ser diario, semanal, mensual y anual, esto se obtiene promediando las alturas horarias según el periodo de observación. Se emplea un periodo de diecinueve años consecutivos para completar el ciclo fundamental para la fijación de un *Datum*, y el periodo se llama "*Ciclo del Meton*".

Este consiste en que los tres valores principales astronómicos que tienen influencia en la marea, los cuales son: fase, declinación y paralaje, han completado un ciclo bien determinado.

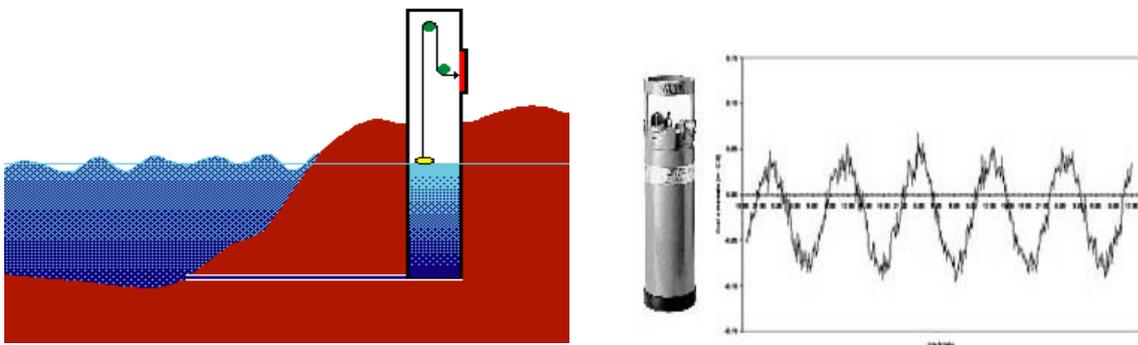
En una serie continua de observaciones, el nivel para cada mes se obtiene por la combinación de todas las sumas diarias de todos los meses y dividiéndola entre el número total de horas. La precisión de una determinación independiente del nivel medio del mar depende en la mayor parte del número de años de observación. En general una serie cubierta por no menos de tres años servirá para obtener una determinación independiente del *Datum*.

Para una serie corta de observaciones, el nivel del mar obtenido será reducido por comparaciones con observaciones simultáneas con una estación mareográfica de control apropiado, desde la cual los datos necesarios para la comparación puedan ser obtenidos. El término "Nivel Medio del Mar" será aplicado solamente al *Datum* derivado de observaciones tomadas en las costas abiertas ó en las aguas que tengan acceso directo al mar.

Para poder obtener la altitud de un punto que esté bajo el *N.M.M.* con relación a un plano de referencia, habrá que sumar a la elevación del punto el valor absoluto de dicho plano. Lo contrario se hará para los planos que estén sobre el *N.M.M.*, es decir a la elevación del punto se le restará el valor del plano de referencia.

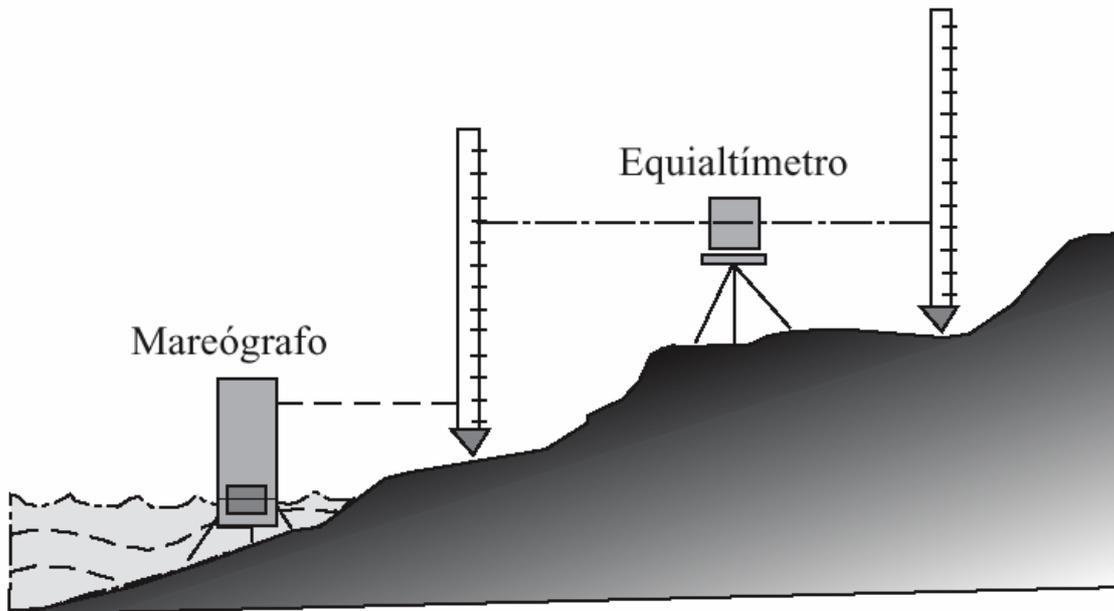
El *Datum Vertical*, al que se refieren las elevaciones de los puntos, es generalmente la superficie de nivel medio del mar, aunque esta puede ser cualquier superficie de nivel arbitraria definida por una altura supuesta para alguna marca altimétrica.

El nivel medio del mar es un dato que proporcionan los mareógrafos (aparatos instalados en varios lugares de la costa que registran el nivel del agua).



Gráfica 1.2.1 Mareógrafo

Varios de ellos han sido utilizados como puntos de partida para rutas de nivelación mediante las cuales se va determinando la altura del terreno en relación con el nivel medio del mar como se muestra en la siguiente figura.



Gráfica 1.2.2 Punto de partida de Nivelación

El INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) ha establecido líneas de nivelación de este tipo a lo largo de todo el país para dar soporte a productos relevantes de información geográfica, entre los que se encuentran las cartas topográficas. Este método para obtener datos de altura ofrece resultados muy confiables, pero siempre relacionados a un nivel medio particular que no coincidiría con los resultados derivados de otro mareógrafo. Así que tomar al nivel medio del mar como referencia para datos de altura es aceptable sólo para aplicaciones que puedan tolerar 1 ó 2 metros de incertidumbre.

II. EQUIPO TOPOGRÁFICO EMPLEADO

II.1 Características del Tipo de Nivel

En la realización de una nivelación de primer orden se deberán de utilizar únicamente niveles montados que estén equipados con un micrómetro de caras plano paralelas que permiten la apreciación exacta de las fracciones de milímetros, con una sensibilidad de 0"25 a 0"50, que tenga una calidad óptica tal que permita la repetibilidad de lecturas dentro de 0.2 mm sobre una mira geodésica a una distancia de 50 metros en condiciones atmosféricas normales.

En ésta nivelación se utilizó el Nivel Wild N3, del cual se enumeran a continuación sus partes principales:

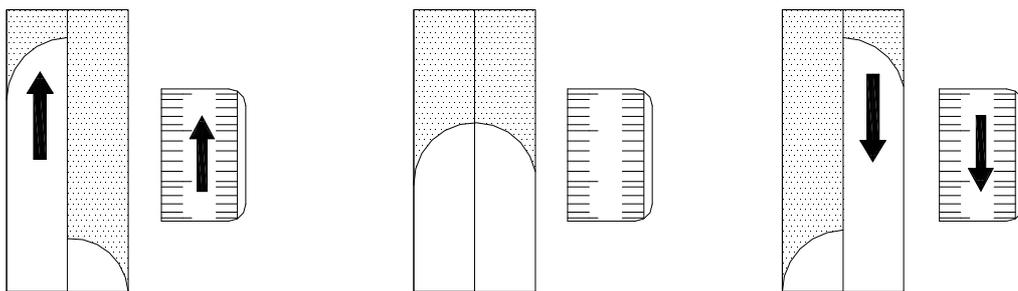
- 1-Placa base
- 2-Tornillo nivelante
- 3-Anillo de bayoneta
- 4-Ocular del anteojo con graduación en dioptrías
- 5-Ocular de observación para el nivel de coincidencia y el micrómetro de placa plano paralela
- 6-Escala contador de giros del botón 11
- 7-Botón de enfoque
- 8-Ventanilla de iluminación para la división del cristal del micrómetro de placa plano paralela
- 9-Asa
- 10-Botón del micrómetro
- 11-Botón para basculamiento en línea con graduación
- 12-Tornillo de sujeción lateral
- 13-Tornillo de movimiento fino
- 14-Cristal cuneiforme de protección
- 15-Visor óptico
- 16-Ventanilla de iluminación para el nivel de coincidencia
- 17-Nivel esférico
- 18-Tornillo de ajuste para el nivel esférico



Gráfica 2.1.1 Partes principales del Nivel N-3

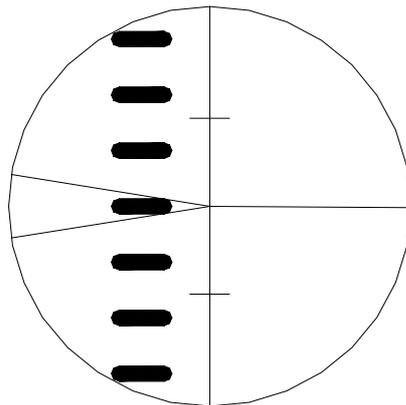
El nivel Wild N-3 es basculante y cuenta con una base para colocar sobre un trípode, en la base se encuentran tres tornillos niveladores para centrar la burbuja del nivel esférico con que cuenta, haciendo que el eje azimutal quede aproximadamente vertical. Con el tornillo de presión se fija el movimiento azimutal y con el tornillo tangencial se dan los movimientos lentos y precisos.

En cada lectura que se tome, es necesario, que se corrijan los meniscos mediante el tornillo de basculamiento (micrómetro), moviendo este tornillo se harán coincidir dos mitades de burbuja (meniscos) de manera que formen un solo arco, logrando esto se tendrá el ajuste azimutal en posición vertical. Para hacer coincidir los extremos de las dos mitades de la burbuja, se gira el tornillo de basculamiento hasta formar un arco, una flecha indica con toda claridad en qué sentido debe girarse este botón para poner la burbuja en coincidencia como a continuación se muestra:



Gráfica 2.1.2 Movimientos del Tornillo de Basculamiento

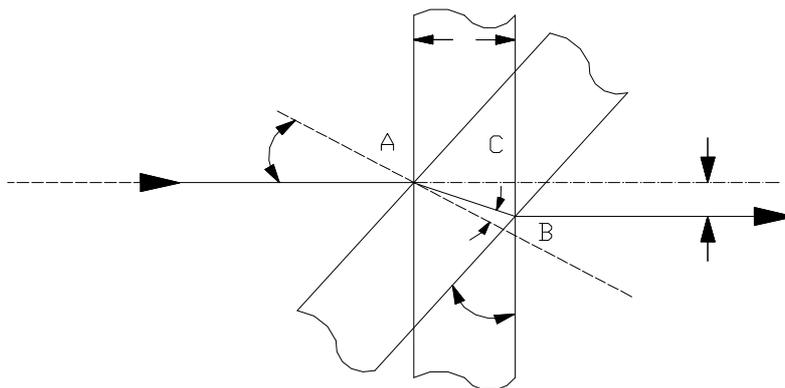
La retícula se encuentra grabada sobre cristal, la cual cuenta con una línea horizontal a partir del centro hacia la derecha del hilo vertical, a la izquierda dos líneas convergentes formando una cuña, también cuenta con dos líneas horizontales cortas, conocidas como hilos de estadía. Por medio de un sistema óptico se desplazan los hilos hasta hacer coincidencia con la línea correspondiente a la división de lectura más cercana al observar una mira, la cuña tiene que quedar exactamente en vértice con la marca centimétrica, como se muestra en la siguiente figura:



Gráfica 2.1.3 Posición de la Retícula sobre la Mira

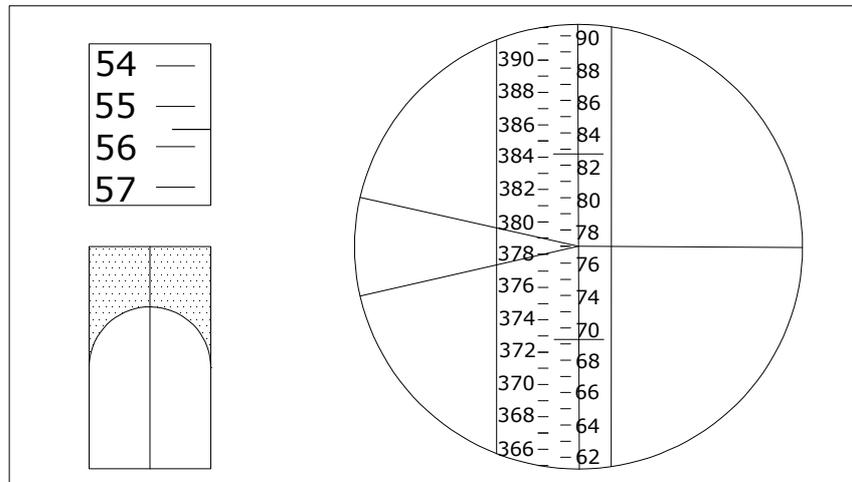
El micrómetro de placas plano-paralelas es una característica esencial de estos instrumentos y puede ser parte integral de los mismos ó una unidad removible. El micrómetro permite leer directamente más que estimar, el décimo de milímetro entre el hilo horizontal de la retícula y la división más cercana de la mira.

El micrómetro de placas plano-paralelas consta esencialmente de una placa paralela de cristal, colocada frente al objetivo y protegida contra el polvo por un vidrio de protección, la placa se mueve conforme se gira un micrómetro localizado en el extremo ocular del telescopio. Por el efecto de refracción, un rayo de luz paralelo al eje del telescopio se desplaza hacia arriba ó hacia abajo, de acuerdo a la dirección de la inclinación y por una cantidad que varía con el ángulo de la misma; cuando la placa está vertical, no hay desplazamiento. La siguiente figura ilustra esta teoría.



Gráfica 2.1.4 Diagrama de Placa Plano Paralela

La placa paralela que conforma el micrómetro óptico permite una deflexión máxima de 10 mm teniendo un intervalo de 0.1 mm y una estimación posible de 0.01 mm. El movimiento se registra por una escala que también se puede observar en el ocular, como el nivel de coincidencia. El rango de lectura de la escala va de 0 a 100, siendo 50 la posición vertical de la placa.



Gráfica 2.1.5 Vista del Movimiento del Tornillo Micrométrico

El nivel Wild N-3 tiene las siguientes características:

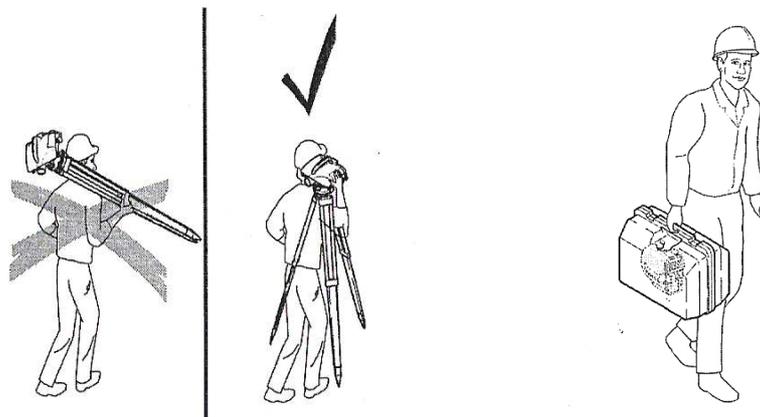
- Tipo basculante.
- Un anteojo con óptica panfocal de imagen real directa.
- Abertura libre del objetivo de 52 mm.
- Campo visual en 100 metros de 180 cm.
- Campo visual en 1 metro de 5 cm.
- Enfoque mínimo a 0.45 m.
- Poder amplificador de 42 diámetros.
- Largo del telescopio 297 mm.



Gráfica 2.1.6 Nivel Wild N-3

Un buen mantenimiento del instrumento evitará al máximo errores los cuales retrasan el avance en la línea, por eso deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Guardar el nivel en la correspondiente caja cuando no se usa y durante la transportación (como lo muestra la figura).
- Mantener en condiciones de limpieza los lentes del telescopio usando cepillo de pelo de camello.
- Cuidar de que la lente del objetivo esté firmemente montada.
- Mantener limpios los tornillos de nivelación y el tornillo micrométrico, lubricándolos y frotándolos.
- El instrumento debe ser conservado, mientras sea posible, en un lugar seco, sin polvo y sin grandes variaciones de temperatura.
- El N-3 es un instrumento de precisión que debe ser manipulado con cuidado además de protegerlo contra choques violentos, así como contra sacudidas.
- Cuando se esté realizando la nivelación la forma apropiada de cargar el aparato, entre estaciones, es lo más vertical posible, como lo muestra la siguiente figura.



Gráfica 2.1.7 Forma apropiada de cargar el aparato

II.2 Ajuste y Calibración del Equipo Topográfico

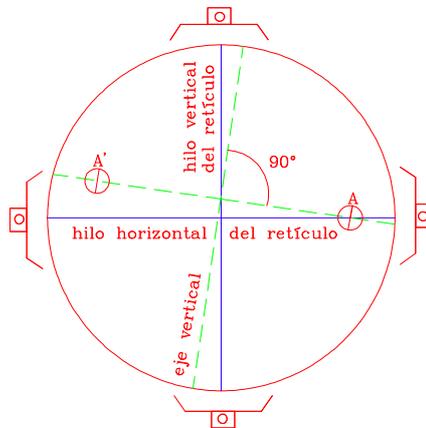
Todo instrumento antes de dar principio y al final de medidas, deberá ser verificado y ajustado para asegurar que se han conservado las relaciones geométricas entre los diversos componentes y las condiciones de operación durante el periodo de medición.

El instrumento debe ser revisado y ajustado, de no estarlo esto debe hacerse antes de efectuar una nivelación, ó en caso de sufrir un golpe ó después de haber sido trasladado. A continuación se muestran algunos ajustes y calibraciones que se le tienen que hacer al aparato:

- Perpendicularidad entre el hilo horizontal del retículo y el eje vertical.

Se enfoca el hilo horizontal sobre un punto fijo tal como "A" (como se muestra en la figura) y se hace girar muy despacio el instrumento alrededor de su eje vertical; si se ve el punto trasladarse sobre el hilo, no hay que hacer corrección alguna.

Pero si el punto se aparta del hilo y se sitúa en una posición tal como "A'" en la parte opuesta del campo visual, entonces se aflojan dos tornillos consecutivos y se gira el retículo hasta que en el nuevo ensayo se vea que el punto recorre el hilo en toda su longitud. Para hacer esta prueba y corrección no es preciso que el instrumento esté perfectamente nivelado.

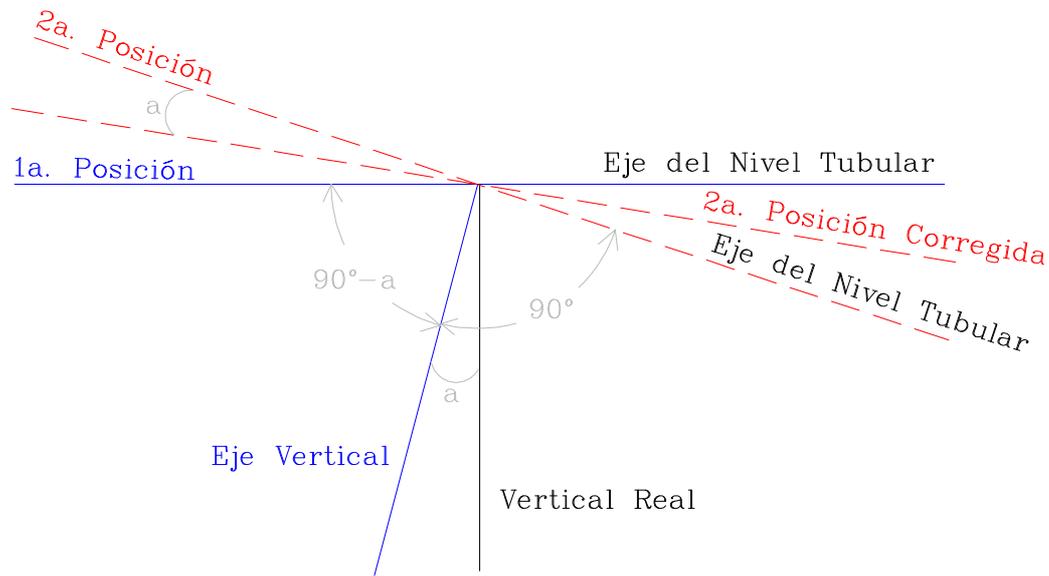


Grafica 2.2.1 Ajuste a la perpendicularidad entre el hilo horizontal del retículo y el eje vertical

- Perpendicularidad entre la directriz del nivel tubular y el eje vertical.

Se centra aproximadamente la burbuja con los tornillos nivelantes, después se centra con toda precisión sobre un par de tornillos niveladores y se gira el instrumento 180° alrededor de su eje vertical. Si el nivel está corregido permanecerá calada. Si el nivel no está corregido el corrimiento de la burbuja es igual al doble del error verdadero.

Si llamamos $(90^\circ - a)$ el ángulo formado por el eje vertical y el nivel tubular, al estar centrada la burbuja el eje vertical determinara un ángulo (a) con la verdadera vertical. Al dar la media vuelta al nivel, la burbuja recorrerá un arco cuyo ángulo en el centro será $(2a)$ luego la corrección que hay que aplicar es un arco cuyo ángulo correspondiente es (a) , y para ello se hace que la burbuja recorra la mitad de su distancia al punto medio del nivel por medio de los tornillos situados en uno de los extremos de éste último.



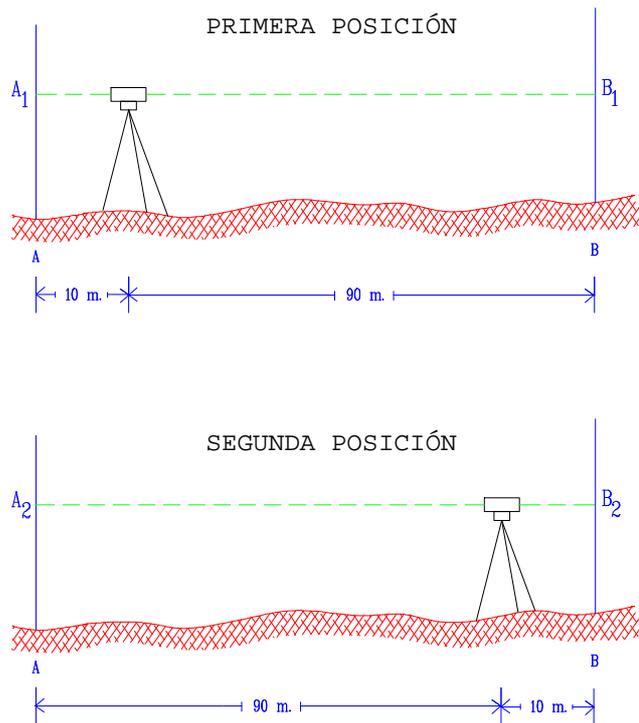
Gráfica 2.2.2 Diagrama del ajuste

Se vuelve a nivelar el instrumento con los tornillos nivelantes y se repiten las operaciones hasta conseguir el calado permanente de la burbuja. Lo más común es que se tenga que repetir tres ó cuatro veces estas correcciones. Como comprobación se ve si la burbuja está calada estando el nivel paralelo a un par de tornillos niveladores y en posición perpendicular a la misma, ó sea en dirección del tercer tornillo.

- Paralelismo Entre la Línea de Colimación del Anteojo y la Directriz del Nivel Tubular.

Como no es posible satisfacer la condición de paralelismo en una forma absoluta, la magnitud del error deberá determinarse diariamente, antes de empezar las labores, y en el caso de que el instrumento se golpee, con el objeto de comprobar que éste se encuentra dentro del límite tolerable.

Se elegirán dos puntos estables en el terreno, A y B, separados por una distancia de 100 metros aproximadamente, con una pendiente no mayor del 1 %, sobre los cuales se colocarán las miras (ver figura).



Gráfica 2.2.3 Secuencia de posicionamiento del aparato para la corrección "C"

Se colocará el instrumento a una distancia aproximada de 10 metros del punto A y se efectuarán las lecturas A₁ (cercana) y B₁ (lejana) empleando los tres hilos de la retícula.

Se trasladará el instrumento a una distancia aproximada de 10 metros del punto B y se efectuarán las lecturas B₂ (cercana) y A₂ (lejana).

Las lecturas tomadas sobre la mira lejana se corregirán por curvatura y refracción.

Se determinarán por comprobación, los intervalos de las miras cercana y lejana, restando de la lectura superior la media y de ésta, la inferior y luego se suman estas dos diferencias.

Se efectuará la suma de las lecturas cercanas y lejanas, así como la de los intervalos respectivos.

El factor de colimación "C" se determinará por la formula:

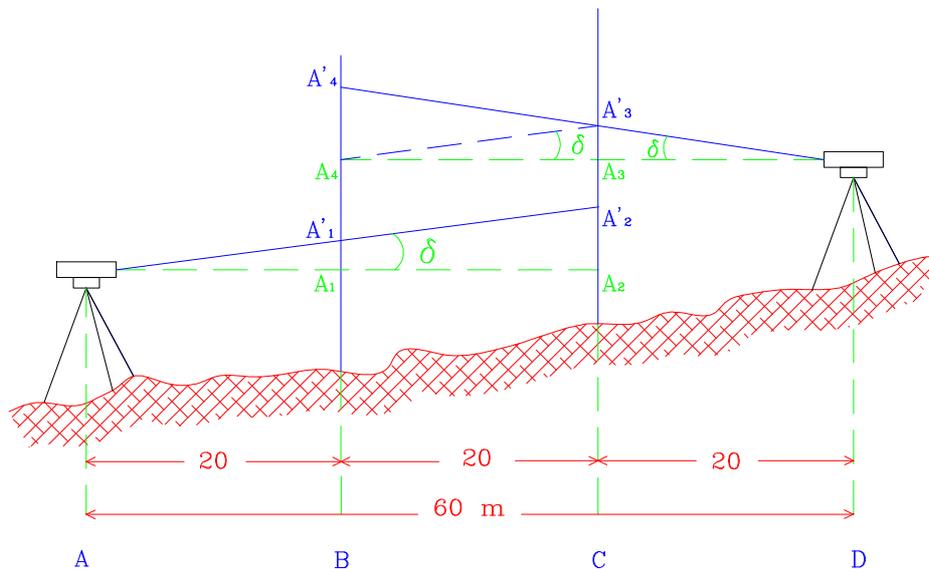
$$C = \frac{(\text{suma de lecturas mira cercana}) - (\text{Suma de lecturas mira lejana})}{(\text{suma intervalos mira lejana}) - (\text{suma intervalos mira cercana})}$$

Si el error no excede de 0.004 m. se considera que el aparato está en ajuste satisfactorio. Si resulta mayor que el límite, se ajusta el instrumento hasta que el valor de la constante (C) resulte menor que el límite. Se recomienda que cuando se encuentre un valor para "C" de 0.008 ó mayor se ajuste el instrumento.

Para hacer la corrección primero se corrige el nivel tubular y posteriormente el error "C". Para éste cálculo se efectúa una nivelación de control que consiste en lo siguiente:

En un terreno llano se mide una distancia de aproximadamente 60 metros, y se divide en tres partes iguales por medio de una cinta métrica, sean los puntos A, B, C, D, resultantes, y se coloca una mira con apoyo (sapo), firmemente instalado en cada uno de los puntos intermedios, B y C. Se instala el instrumento en uno de los puntos extremo "A" y se efectúan las lecturas A₁ sobre la mira en "B" y A₂

sobre la mira en "C", inmediatamente se traslada el instrumento al extremo opuesto "D" y se efectúan las lecturas A_3 sobre la mira en "C" y A_4 sobre la mira en "B".



Gráfica 2.2.4 Procedimiento para la corrección

Si la línea de colimación y la directriz del nivel tubular fueran prácticamente paralelas se obtendrán las lecturas A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , por lo tanto se tiene la relación:

$$A_4 - A_1 = A_3 - A_2$$

Si existe una línea de puntería inclinada se formará un ángulo δ , por lo tanto A_4 se puede calcular a partir de las lecturas realizadas :

$$A_4 - A'_1 = A'_3 - A'_2$$

$$A_4 = A'_1 - A'_2 + A'_3$$

Cuando el valor teórico difiere del valor práctico en un valor inadmisibles, habrá que repetir toda la operación para comprobar que no se ha cometido un error en el procedimiento de campo.

Se procede al ajuste, se aflojará el tornillo de sujeción de la cubierta protectora del objetivo, aproximadamente media vuelta.

Se inscribirá en el micrómetro (en milímetros y fracción) la parte decimal de la lectura A4.

Se mantendrá centrada la burbuja del nivel tubular mientras se gira la cubierta protectora del objetivo hasta obtener la otra parte de la lectura (metros, decímetros y centímetros).

Se apretará el tornillo de sujeción.

Se comprobará y ajustará las veces que sea necesario hasta cumplir con la condición establecida para "C".

- Comprobación y Ajuste del Nivel Esférico.

Se ajustará el instrumento sobre terreno fino, colocando el anteojo en dirección de dos tornillos nivelantes.

Se centrará la burbuja del nivel esférico mediante los tornillos nivelantes.

Se girará el anteojo 180° . Si el nivel está correcto la burbuja permanecerá centrada. En caso contrario se procede al ajuste de la siguiente manera:

Se eliminará la mitad del desplazamiento con los tornillos de corrección y la otra mitad con los tornillos nivelantes, comprobándose y ajustándose cuantas veces sea necesario.

- Determinación del punto de Inversión de la burbuja del Nivel Tubular.

Punto de inversión es el punto central de la carrera del tornillo basculante.

En esta posición la burbuja del nivel tubular será visible.

Se determinará como se describe a continuación:

Se nivelará el instrumento mediante el nivel esférico y se colocará el anteojo en dirección de dos tornillos niveladores.

Se girará el tornillo basculante en sentido contrario de las manecillas del reloj hasta su tope y se tomará la lectura que señale.

Se girará el mismo tornillo en sentido de las manecillas del reloj hasta su tope, se contará el número de vueltas y se anotará la lectura final.

Con el número de vueltas y las lecturas, se determinará el punto medio de la carrera del tornillo basculante.

Se llevará el tornillo basculante al tope izquierdo y tomándolo como origen, se girará hasta la posición calculada en el inciso anterior.

Si la burbuja está en coincidencia, éste será su punto de inversión.

Si no se cumple, se anotará la lectura del tambor graduado, se hará la coincidencia de meniscos fijándose en qué sentido se hizo girar el tornillo basculante y se anotará nuevamente la lectura del mismo.

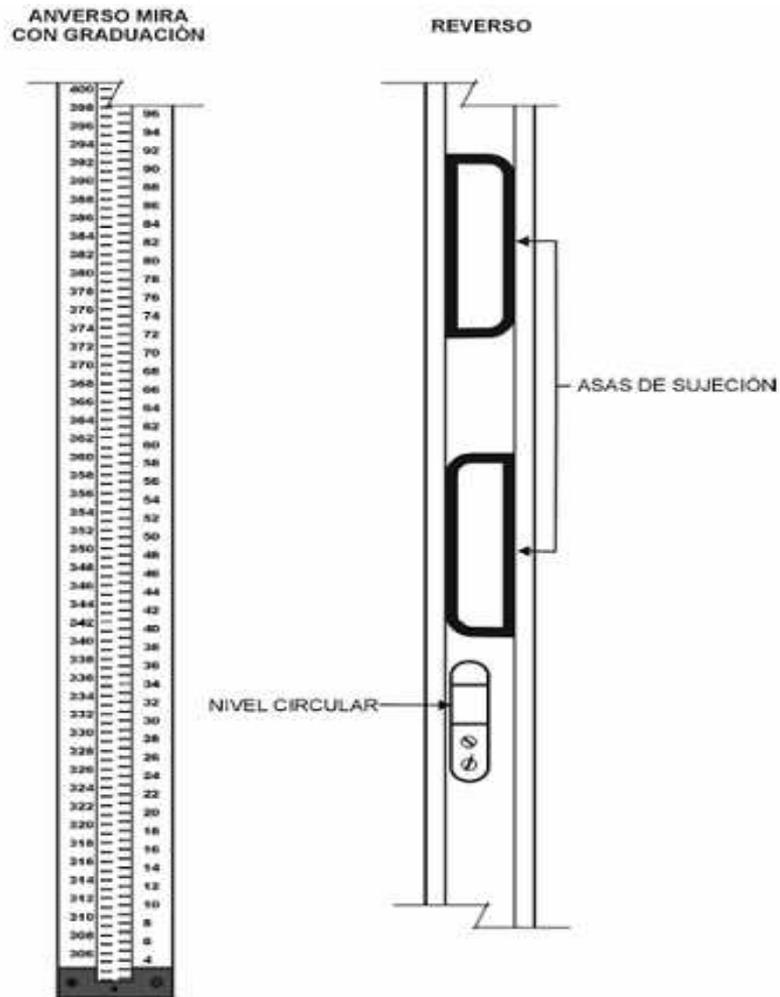
Se encontrará la media de ambas lecturas, se llevará el tornillo basculante a esta lectura y se hará la coincidencia de meniscos con uno de los tornillos nivelantes paralelos al eje del anteojo.

Para comprobar este ajuste se girará el anteojo 180° y se observarán los meniscos. En caso de desplazamiento se repetirán los dos pasos anteriores usando el mismo tornillo nivelante.

II.3 Accesorios Complementarios

Miras

La mira está compuesta de una cinta invar con divisiones centimétricas a trazos, su longitud es de 3 metros, está alojada en una ranura de la mira la cual consiste de un cuerpo de aluminio.



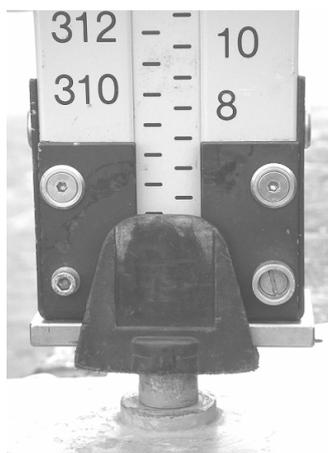
Gráfica 2.3.1 Anverso y reverso de una mira

Los trazos sobre la cinta invar están pintados de la siguiente forma:

Hay dos escalas, "a" y "b", una al lado de la otra, indicando cada centímetro en negro sobre fondo amarillo y van desfasadas verticalmente una con relación a la otra en un valor constante de 301.5 centímetros.

El intervalo de 1 centímetro de la división de la mira corresponde a la amplitud del desplazamiento del micrómetro. La división de la izquierda va numerada de dos en dos centímetros, desde 0 hasta 300 centímetros empezando con el número 4; y la de la derecha desde 302 hasta 600, empezando en el 306. Como el desfase de la numeración es constante, se tiene así una comprobación de la lectura en la mira, obteniendo la diferencia de las lecturas de la derecha con la de la izquierda, dando como resultado siempre 301.5 centímetros tomando en cuenta la precisión de la lectura que se haya realizado.

La mira cuenta con un arillo (riostra) que puede fijarse en su base con el fin de colocarla sobre una plataforma metálica pesada (sapo) durante el levantamiento, excepto cuando la mira se coloque sobre la placa de la marca (BN).



Gráfica 2.3.2 Mira con riostra en soporte metálico

Las miras deberán tratarse con el cuidado, que corresponde a un instrumento de precisión, ya que por su longitud, fácilmente tropieza con otros objetos, por lo cual se procurara que no sufra golpes, además de que se evitará ejercer alguna presión sobre la mira.

Si se tiene la necesidad de interrumpir el trabajo de nivelación por cierto tiempo y se quiere hacer descansar la mira en el suelo se cuidara que ésta se apoye sobre un costado en toda su longitud y a la sombra.

La mira se tomará por sus asas ó se apoyara sobre los hombros del portamira, alternando uno y otro costado por tiempos iguales para evitar su pandeo. La cinta invar no deberá tocarse para evitar el deterioro de su graduación.

Cuando se transporten en vehículo, las miras deberán acomodarse en su estuche, asegurándolo adecuadamente; si no se cuenta con tal, entonces tendrán que ser colocadas con los bordes hacia abajo, sobre soportes especiales; las partes expuestas a esfuerzo deberán ser protegidas por cojines y las caras envueltas en paños gruesos ó arpillera para evitar el contacto.

Al termino de cada jornada deberán limpiarse con una tela suave y seca para no dañarlas, siempre que no se usen se guardaran en su estuche, colocando este en posición horizontal.

Para estar seguro del estado de las miras se hace una comprobación de la verticalidad de éstas:

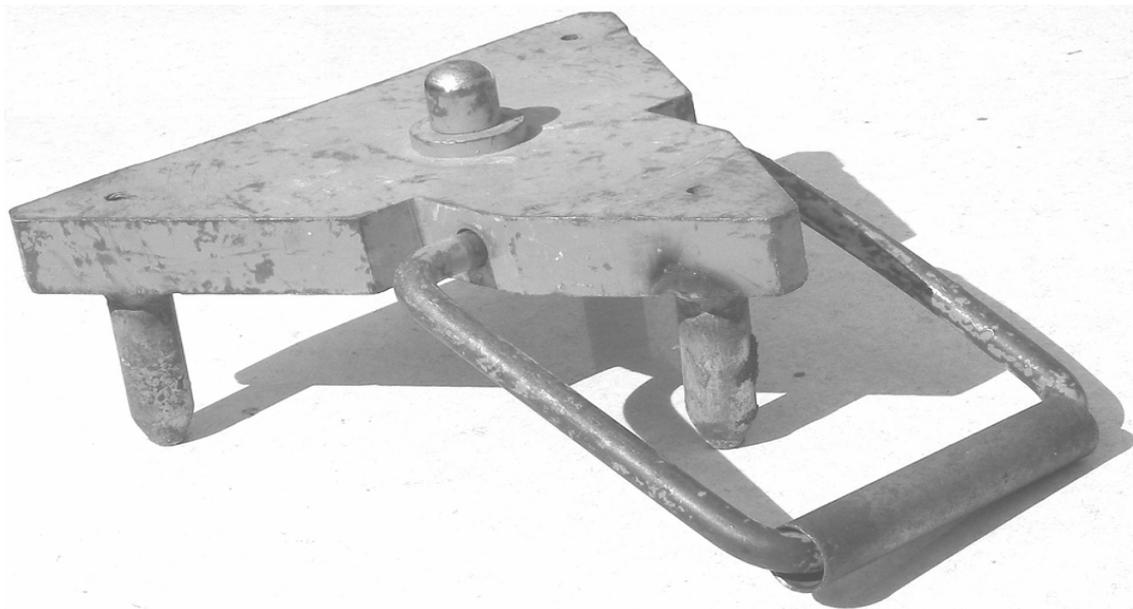
Se suspende una plomada desde la rama de un árbol, colocando la mira de tal forma que la cara de la misma esté aproximadamente a $\frac{1}{2}$ pulgada de la línea de plomada. Se medirá desde la línea de la plomada hasta la faja invar en las marcas 3.2, 2.2, 1.2 y 0.2 metros. Estas medidas son tomadas en un plano horizontal, después de tomar las medidas en la mira, ésta se gira y se repiten las operaciones anteriores, sometiéndose a una comprobación para

asegurar que la máxima desviación de cualquier sección de metro de la mira no exceda de 3 milímetros, ó que en la longitud total de la mira, la desviación no sea mayor de 10 milímetros.

Si hay una desviación mayor de 10 milímetros, el nivel cilíndrico de la mira debe ajustarse para asegurar que esté centrado cuando la mira se coloque vertical. Esta comprobación debe realizarse por lo menos una vez al mes ó antes si es que las miras han sufrido golpes severos, alterándose de este modo el ajuste del nivel circular de burbuja de la mira.

Sapos

El aditamento que se conoce con el nombre de sapo es un apoyo metálico que consta de un bulbo esférico central a una placa de metal y que a su vez tiene tres pequeñas patas puntiagudas y una asa para transportarla, además garantiza que el aro (riostra) que se coloca en la base de la mira gire sobre el bulbo del sapo sin sufrir desplazamiento con respecto al terreno.



Gráfica 2.3.3 Soporte metálico ò Sapo

Trípode

El trípode tiene como función en la nivelación geodésica soportar el nivel y para este fin estará constituido por piezas de madera y por piezas de metal, sin embargo, la conexión de estos elementos pueden sufrir un cierto aflojamiento debido a las influencias climatológicas y al uso. Los tornillos y las tuercas deben apretarse de manera que aseguren un buen apuntalamiento de las patas de madera y su perfecta unión con la cabeza y las puntas del trípode. Sin embargo, los tornillos no deben apretarse demasiado para que conserven una cierta elasticidad. También es importante que las tres patas tengan la misma rigidez, para comprobarlo se para el trípode con las patas separadas normalmente y se levanta tomándolo de la plataforma, si las patas mantienen su separación de considera el trípode ajustado, en caso contrario se apretarán los tornillos correspondientes.



Gráfica 2.3.4 Trípode

III. TRABAJOS PRELIMINARES

III.1 Organización de la Brigada

El trabajo en campo para realizar una nivelación de primer orden requiere de una brigada con el siguiente personal:

Observador

El observador también actúa como Jefe de brigada, encargándose de que se realice la nivelación de acuerdo a las especificaciones.

El observador debe aprender el trabajo del anotador y viceversa, para que así puedan cambiar de puesto cuando les sea conveniente.

En la instalación del instrumento en las *estaciones ó puntos de puesta de aparato* el observador pondrá cuidado en escoger lugares que proporcionen el mejor sostén para el trípode. El observador se cerciorará que las dos mitades de la burbuja estén en perfecta coincidencia en el instante de tomarse las lecturas en la mira.

El observador dará en voz alta, clara y sin titubeos las lecturas.

Anotador

El anotador deberá hacer todas las anotaciones en las libretas de campo en forma clara, ordenada, legible con todos los datos exactos y completos. Debe ser rápido y exacto en todos los cálculos aritméticos, según se requiera para completar los registros de campo. El anotador debe estar alerta para informar al observador acerca de cualquier irregularidad, omisión ó descuido antes de cambiar el instrumento a la siguiente estación, con la finalidad de evitar errores que en algunos casos ocasionan una nueva corrida de la sección.

Portamiras

El portamira debe de tener en mente que la mira es un instrumento de precisión, y que la eficiencia en la utilización de ésta es muy importante para lograr un trabajo de primer orden.

La mira debe manejarse con mucho cuidado, pues debido a su longitud se puede golpear con facilidad. Durante la nivelación, el portamira debe cargar la mira sobre los hombros alternando uno y otro costado por tiempos iguales para evitar su pandeo. Si una mira se lleva siempre en la misma posición horizontal, se torcerá ligeramente tomando la forma de un arco y afectando la precisión de las graduaciones.

El portamiras tendrá cuidado especial al establecer los puntos de liga, posicionando la mira en lugares accesibles para la observación de ésta, procurando que quede bien firme el sapo sobre el terreno, descansar el pie de la mira exactamente sobre el mismo punto para ambas visuales y mantenerla perfectamente vertical durante la observación con la ayuda del nivel circular montado al reverso de la mira.

Porta paraguas

La persona encargada de ésta actividad siempre deberá mantener el instrumento sombreado, protegiéndolo de los rayos directos del sol; pero tendrá cuidado de no obstruir la línea de la visual del observador.

Algunas veces se podrá suprimir al porta paraguas, ya que en la actualidad se puede cubrir el instrumento con un aditamento especial de material ligero.

Conductor del Vehículo

Este individuo será el responsable de la transportación del personal y equipo, manteniendo el vehículo en perfecto estado mecánico. Pero además colaborará con todos los integrantes de la Brigada, ya sea reemplazando al porta paraguas, a un portamiras ó haciendo señales viales.

En algunas ocasiones se podrá prescindir del conductor del vehículo, puesto que los integrantes de la brigada estarán capacitados para asumir ésta función.



Gráfica 3.1.1 Integrantes de una Brigada de Nivelación Geodésica

III.2 Reconocimiento

El jefe de brigada seleccionará la ruta exacta para ser recorrida por la nivelación y escogerá los sitios para el establecimiento de los bancos de nivel permanentes y temporales.

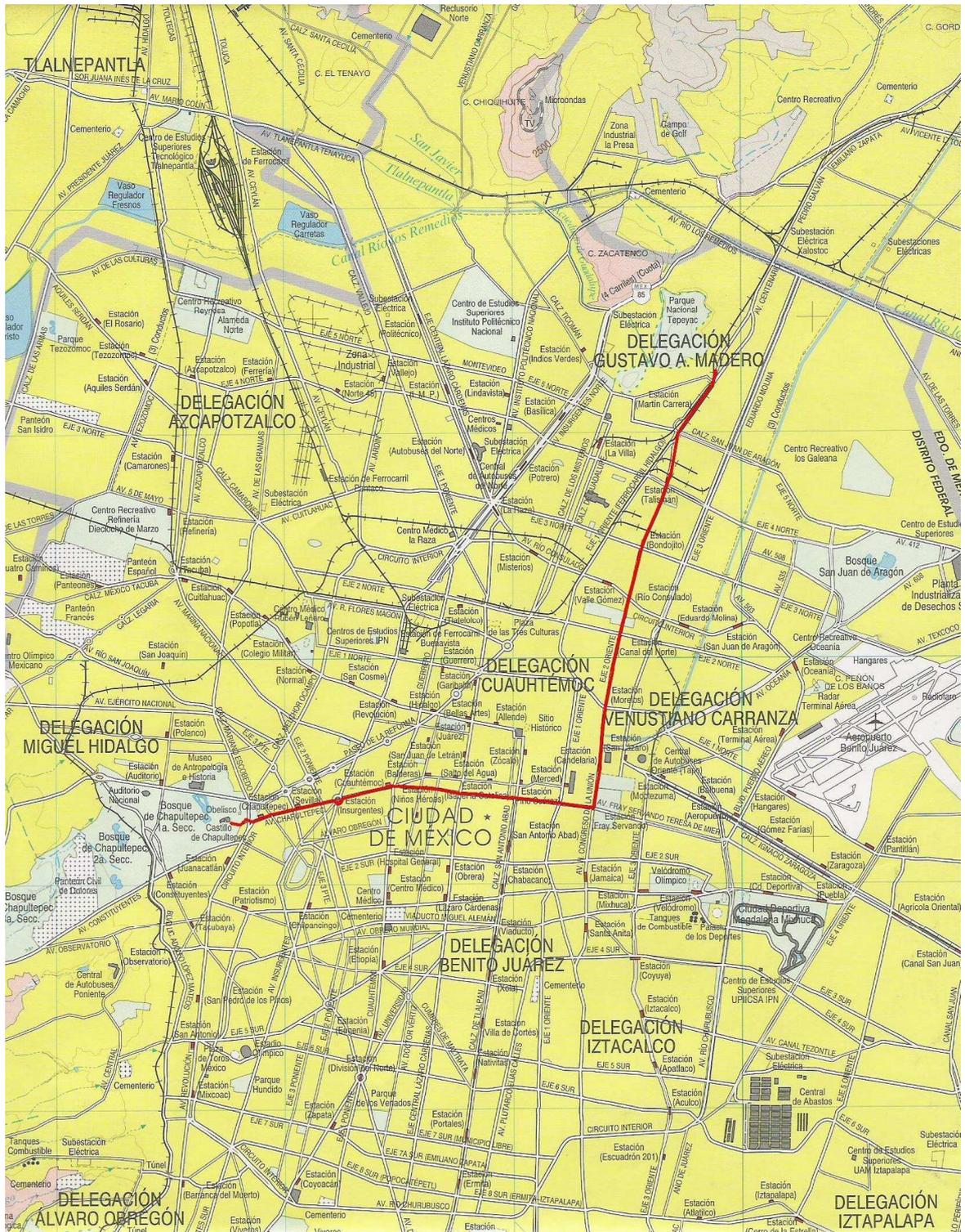
La ruta a tomar puede seguir, en muchos casos, las vías de comunicación existentes como lo pueden ser: vías de ferrocarril, carreteras, derecho de vía de las líneas de alta tensión, brechas, veredas, caminos vecinales, etc.

La selección de una ruta debe hacerse primero en gabinete sobre una carta topográfica, a escala conveniente, del lugar por el que se quiere hacer pasar la nivelación, después se debe hacer un recorrido por la ruta escogida, a fin de revisar la conveniencia de trabajar por ésta.

Recopilar información de levantamientos anteriores en la zona de trabajo y recuperar las marcas debidamente.

Todo levantamiento deberá iniciarse y terminar en puntos de parámetros conocidos previamente determinados en otros levantamientos del mismo tipo (puntos de liga), cuyo orden de exactitud sea igual ó mayor al que se propone para el levantamiento en ejecución.

La distancia entre los puntos permanentes (BNP) en nivelación de primer orden debe ser aproximadamente de 2 kilómetros, la distancia bien puede variar entre 1 y 3 kilómetros para obtener buenos sitios, buscando que haya un promedio máximo de 2 kilómetros.



Gráfica 3.2.1 Ruta de la Nivelación en un Plano Condensado del DF.

En campo se verificará el anteproyecto y se harán las modificaciones necesarias debido a accidentes naturales y artificiales que solo pueden ser detectados por observación directa.

En la selección de los sitios para el establecimiento de los bancos de nivel debe tenerse cuidado de empotrar la marca en lugares de fácil acceso, desafortunadamente los sitios más accesibles son frecuentemente los más expuestos a disturbios, lo que podría afectar la permanencia de la marca. La duración de la línea de nivelación depende de la distribución y permanencia de los bancos de nivel.

Se tendrán algunas excepciones en cuanto a la longitud de 2 kilómetros de las secciones de nivelación, cuando no se cuente con rocas sobresalientes y lo suficientemente estables para empotrar las marcas en el desarrollo de la línea, cuando la transportación del material para la construcción del monumento sea de difícil acceso ó cuando se encuentren marcas de otras organizaciones.

III.3 Monumentación

Los bancos de nivel son la única evidencia visible del trabajo, por lo que se deben ubicar en sitios que garanticen la mayor estabilidad y perpetuidad de los mismos. Los factores generales en orden de importancia para situar un Banco de Nivel de Precisión son los siguientes:

- Permanencia y estabilidad.
- Fácil foto identificación.
- Acceso para observación y construcción.

Los lugares adecuados para la ubicación de los bancos de nivel de primer orden, son:

- Cercanos a intersecciones de vías de comunicación.
- Cercanos a intersecciones de caminos y cauces.
- En caminos de ladera.
- En salientes de tierra firme.

En zonas de carretera, ferrocarril ó camino vecinal deben colocarse alejados del eje de la ruta por lo menos 15 metros, pero no más de 50 metros.

En tangentes ó rectas de carreteras deben alternarse los bancos de lado a lado del eje, previniendo una futura realineación de la ruta con la consecuente pérdida de los bancos en uno de los costados.

En curvas horizontales el sitio deseado está al costado exterior de la curva. En curvas verticales el mejor sitio son los puntos intermedios entre la cresta y el punto más bajo de la pendiente.

En carreteras donde se noten los cambios entre cortes y rellenos.

En intersecciones de vías y cauces un buen sitio estará entre los 30 y 50 metros alejados de la intersección.

Los sitios inadecuados para monumentar un banco de nivel de precisión, son los siguientes:

- En cualquier relleno ó terraplén de tierra removida.
- En cualquier pie de talud.
- En curvas horizontales, el terreno del lado interior.
- En curvas verticales, en la cresta y en la parte más baja de la pendiente.
- Orillas de cauces.
- Puntos mal drenados.
- Cualquier obra de concreto de poca profundidad.
- Pavimentos de calles y carreteras.
- Postes de kilometraje.
- Cualquier punto sujeto a tránsito sobre el mismo.

Al establecer las marcas se buscará que no estén sujetas a disturbios, dentro de un periodo de entre 10 y 15 años.

La marca de referencia deberá ser empotrada de manera que resista a la extracción, al cambio de cota y a la rotación.

Las marcas, que contiene un banco de nivel de primer orden, son placas en forma de disco de 9.5 centímetros de diámetro, hechas de aluminio ó de bronce y estampadas con la designación del banco de nivel de precisión (BNP), dependencia que lo estableció y la fecha en que se ubicó. La designación de los BNP es distinta para cada línea de nivelación.

El INEGI ha optado por hacer la designación de los BNP de la siguiente manera:

Cuando se reemplaza una placa de BNP destruido ó alterado, cuando haya que cambiar la designación ó cuando se mueve por cualquier razón; puede emplearse la designación original solamente si se estampa la letra "R" en la placa después del número.

Las partes más usuales en que pueden colocarse las placas son: monumentos de concreto, rocas vivas, obras de mampostería tales como: puentes, dalas de las alcantarillas, bases de monumentos conmemorativos en ciudades ó poblaciones; si el desarrollo de la línea de nivelación pasa por lugares inestables como lechos de crecientes, llanuras aluviales, zonas de terremotos, etc., se usaran varillas cobrizadas.

La forma que garantiza mayor economía en la instalación de los bancos de nivel consiste en utilizar rocas que sobresalgan del terreno y sean lo suficientemente estables, así como también en estructuras permanentes.

El empotramiento se reduce a hacer un hueco apropiado para fijar la placa con mezcla. En las ciudades a fin de evitar poner monumentos cada 2 kilómetros, lo cual sería excesivo, y para hacer más practica la instalación de placas, el empotramiento se puede hacer en monumentos conmemorativos ó en obras de mampostería.

Una descripción gráfica y por escrito (croquis) deberá ser preparada para cada marca de referencia permanente que sea establecida.

Se ubicaran los bancos de nivel en cartas 1:50,000 de las cuales se obtendrán las coordenadas geográficas de dichos puntos.



Gráfica 3.3.1 Monumentación de un Banco de Nivel.

III.4 Elaboración de Croquis y Descripciones

La descripción de las marcas de referencia permanentes es de suma importancia puesto que es el único medio que permite su recuperación.

El objetivo fundamental de los croquis es el de contar con información gráfica y descriptiva del banco de nivel para facilitar la localización de la placa para posteriores eventos de medición.

Después de llenado el formulario, el texto deberá ser cotejado para cerciorarse de que no han sido invertidas las direcciones y no contenga partes vagas, ambiguas ó erróneas.

La mala elaboración de los croquis y descripción de la ubicación de los BNP, puede ser causa de la perdida de los mismos. Por lo que se debe de poner mayor cuidado al efectuar estas actividades, ya que de ello depende la efectiva localización de la marca. Se tendrá como finalidad que tanto en el croquis como en la descripción aparezca la mayor cantidad de detalles sobresalientes cercanos al banco de nivel de precisión.

Esta actividad se realiza durante los trabajos de monumentación y el responsable del llenado del formato y dibujo del croquis es el Jefe de la brigada.

Para la elaboración de croquis y descripciones se debe de contar con los implementos necesarios como lo son brújula, cinta métrica, tabla, hojas, además de seguir las normas correspondientes como a continuación se indica.

La información contenida en un formato de "Croquis y Descripción de la marca" esta dividida en tres partes:

Encabezado

- Estación Geodésica (banco de nivel, punto GPS ó estación gravimétrica)
- Denominación (clave de la marca)
- Nombre de la Línea (a la que pertenece la marca)
- Orden (dependiendo el levantamiento)
- Dependencia (que lo estableció ò lo recuperó)
- Estado (estado de la republica donde se encuentra la marca)
- Municipio ó Delegación
- Localidad (población ó colonia)
- Coordenadas (Latitud, Longitud y Altura Elipsoidal obtenidas de un equipo GPS navegador)
- Fecha de establecimiento
- Fecha de Verificación
- Condición de la marca (en la verificación)
- Carta (clave de la Carta Topográfica 1:50,000 donde se ubica la marca)

Croquis y Referencias

- Se toma el norte magnético para la correcta orientación de la persona en el terreno, con ayuda de la brújula.
- Se dibuja a una escala apropiada sobre el formato correspondiente orientando el croquis de acuerdo a la meridiana magnética impresa en la forma.
- El banco de nivel se indicará mediante un círculo, con su denominación correspondiente.
- Se anota en los extremos de la ruta las poblaciones más cercanas al banco de nivel.
- Se debe dibujar la mayor cantidad de rasgos y detalle del sitio para garantizar la pronta recuperación de la marca.
- Se toman tres puntos de referencia con la distancia correspondiente hasta el banco de

nivel y el azimut respecto al Norte magnético con dirección al banco de nivel.

- Tomando en cuenta que las referencias deben estar en distintos cuadrantes de la marca y las distancias no sobrepasen los 30 metros.

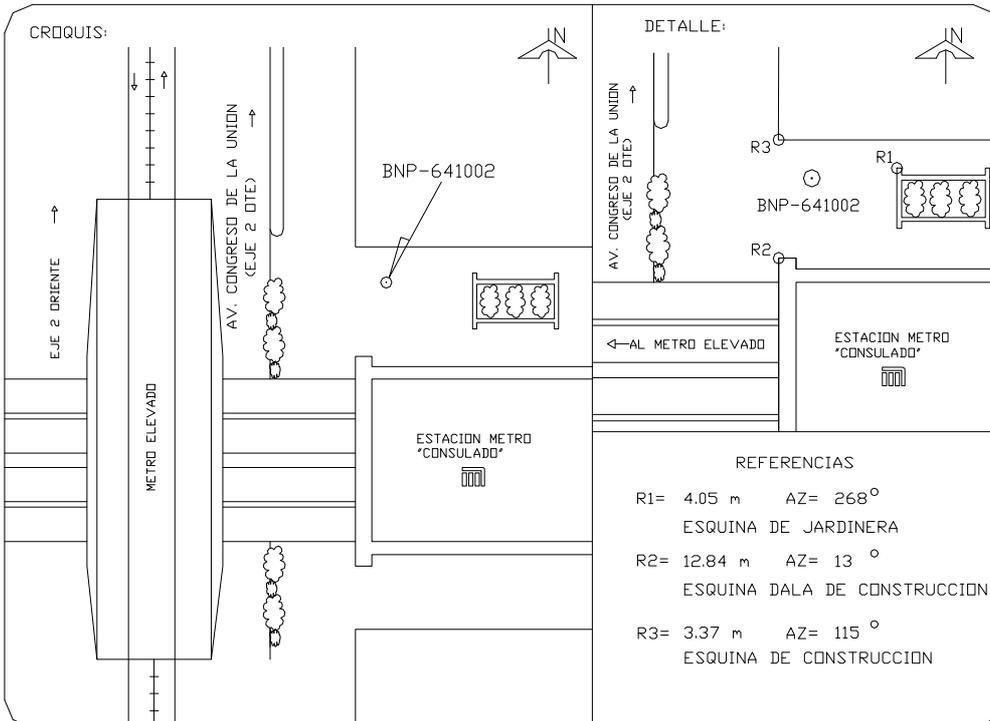
Descripción e Itinerario

- Las descripciones deberán ser claras, concisas, y completas. La primera parte deberá ofrecer toda la información que permita su identificación, y en la segunda parte se dará una descripción detallada que facilite su localización.
- Se anotaran la descripción y dimensiones del monumento ó lugar donde está incrustada la placa y la clave que la designa además de la fecha de su monumentación (esta información esta grabada en la marca).
- En el itinerario se debe anotar de forma precisa la información detallada para llegar a la zona donde se encuentra la placa.
- Se debe asegurar que el punto de partida ó de referencia para la recuperación del banco de nivel, sea localizable geográficamente, en un futuro, tratando de que aparezca en cartas ó mapas, ésta referencia puede ser: una ranchería, un puente predominante, una iglesia, una escuela, un entronque de caminos, etc.
- Se debe anotar la distancia que hay hasta el banco de nivel a partir de ésta referencia, usando el odómetro del vehículo hasta el décimo de kilómetro.

Un formato de croquis de BNP realizado por INEGI, se muestra a continuación. En este se puede observar toda la información gráfica y escrita que deben contener estos para la rápida y exacta localización de un Banco de Nivel.



ESTACION GEODESICA:	BN DE PRECISION	LATITUD APROX.:	19°27'21"
DENOMINACION:	BN-641002	LONGITUD APROX.:	99°06'51"
LINEA:	ATZACDALCO-CHAPULTEPEC- TOPILEJO	ALTURA ELIPSOIDAL:	-
ORDEN:	PRIMERO	ALTURA SNMM:	2229.1976 m
DEPENDENCIA:	D.G.G.	FECHA DE ESTABLECIMIENTO:	07-2001
ESTADO:	MEXICO, D.F.	FECHA DE VERIFICACION:	07-2001
DELEGACION O MPID:	GUSTAVO A. MADERO	CONDICION DE LA MARCA:	BUENA
LOCALIDAD:	COLONIA LA JOYA	CARTA ESC. 1:50 000:	E14-A39



DESCRIPCION DE LA MARCA:

DESCRIPCION:
 CONSISTE EN UN DISCO DE ALUMINIO DE 9.5 CENTIMETROS DE DIAMETRO, CON LA INSCRIPCION: INEGI, D.G.G., BN-641002, FECHA: 07-2001. ESTA EMPOTRADA AL RAS DEL PISO DE LA BANQUETA.

ITINERARIO:
 A PARTIR DEL CRUCE (PASO A DESNIVEL) DE LAS AV. RIO CONSULADO Y CONGRESO DE LA UNION AVANZAR SOBRE ESTA ULTIMA HACIA EL NORTE HASTA LA ESTACION DEL METRO "CONSULADO" (LINEA 4), EL BNP-641002 SE ENCUENTRA A 20 m AL COSTADO ORIENTE DE LA RUTA A 25 m DE SU EJE.

INFORMACION ADICIONAL:
 LA DISTANCIA DEL BN A UN LUGAR CERCANO LOCALIZABLE, ES A 18 m AL NORTE DE LA ENTRADA ORIENTE DE LA ESTACION DEL METRO "CONSULADO" DE LA LINEA 4.

Gráfica 3.4.1 Ejemplo de Formato de Croquis

IV. NIVELACIÓN DE PRECISIÓN

IV.1 Especificación para las observaciones

En el Diario Oficial del lunes 1º de Abril de 1985 se encuentran las normas técnicas para levantamientos geodésicos verticales las cuales explican de manera detallada las operaciones de campo y gabinete a realizar para llevar a cabo un levantamiento de éste tipo.

Antes de iniciar la nivelación de la línea se tienen que tomar en cuenta ciertas especificaciones para el levantamiento.

Cabe aclarar que se nombrarán como *estaciones* a los puntos donde se sitúa el instrumento, sabiendo de antemano que este punto es llamado *puesta de aparato, posición de aparato ó golpe de nivel*; solo para hacer más fluida la explicación de los pasos a seguir.

En los formatos, que se llenan en campo, no tiene ninguna importancia el anotar las *estaciones*, solo se tomarán en cuenta los puntos observados, en este caso, los Puntos de Liga (PL).

- Una línea de nivelación, en general, debe iniciar y terminar en marcas de cota fija previamente establecidas (BN) .
- Todas las secciones de una línea deben nivelarse independientemente tanto en dirección de ida como de vuelta. Las mediciones deben efectuarse en condiciones atmosféricas diferentes, se recomienda efectuar la nivelación de vuelta por la tarde cuando la nivelación de ida de la sección se haya hecho por la mañana.

- Se debe proteger el instrumento de los rayos directos del sol.
- Por lo menos una vez al mes debe hacerse la comprobación de la verticalidad de las miras.
- Realizar conexión con todos los bancos de nivel estables, de otras dependencias que se encuentren a lo largo de la ruta.
- Si se interrumpe la nivelación de una sección, por un periodo considerable de tiempo, se tomará y anotará la lectura de la temperatura cuando se interrumpa y se reanude dicha nivelación.
- Antes de iniciar la nivelación, por la mañana, se debe hacer la determinación del error del nivel (factor "C"). Si "C" excede de 0.004 debe efectuarse el ajuste correspondiente.
- La longitud máxima de vistas será de 60.00 metros (lo que equivale a un intervalo estadimétrico de 56.0), y éste máximo solo se debe hacer bajo las condiciones más favorables.
- La mínima longitud recomendada a leer será de 1.50 metros.
- Se debe evitar el uso constante de vistas extremadamente cortas ó largas.
- No debe reenfocarse el telescopio si es posible entre las dos vistas en una estación de instrumento individual, puesto que los brazos de nivel deben ser equidistantes.

- La diferencia de longitud entre la vista adelante y la de atrás no debe exceder 10%. Esta diferencia debe reducirse al mínimo posible en cada *estación*, además de que se tratará de que la diferencia no esté siempre hacia las lecturas adelante ó las de atrás, esto se evita moviendo a los portamiras.
- En todas las secciones en las cuales la nivelación de ida y vuelta difieran de más de $4\text{mm} \cdot \sqrt{K}$ (donde K es la distancia en kilómetros), deberá repetirse la nivelación hasta que las dos medidas en direcciones opuestas estén dentro de la tolerancia, esta tolerancia es para un levantamiento de primer orden clase II.
- En las secciones de nivelación que midan 0.5 kilómetros ó menos, se considerará como comprobación satisfactoria una discrepancia no mayor de 2.8 mm entre las nivelaciones de ida y vuelta, haciéndose caso omiso de la fórmula $4\text{mm} \cdot \sqrt{K}$. Esta tolerancia debe considerarse como aplicable a secciones cortas de dos ó más *puestas de instrumento* y no a secciones de una sola puesta de aparato. En el caso de secciones con una sola puesta de aparato, la comprobación entre las corridas no debe exceder de 1.0 mm y deben tener un promedio de 0.6 mm ó menos.
- Se rechazará a simple vista y antes de hacer el promedio, cualquier corrida que por una simple comparación de valores resulte anormal.
- En lugar de referirse a las miras por su número de serie, se acostumbra designar a las miras con las letras A y B, así también a los portamiras se designarán con las mismas letras, dependiendo de la mira que porten.

- La mira A siempre se lee primero en cada punto de liga. Las designaciones de mira A y mira B no deben confundirse con mira adelante y mira atrás.
- Siempre se lee primero la vista atrás en los puntos de *estación* de número impar, y en los puntos de *estación* de número par se lee primero la vista adelante.
- Los puntos donde se colocan las miras se llaman puntos de liga y puesto que son puntos de cambio temporales, no existe el interés en conocer sus elevaciones.
- Para comenzar la nivelación, el portamiras A coloca su mira sobre el banco de nivel y el portamiras B se adelanta a una distancia del instrumento igual a la que hay entre el instrumento y la mira A, posteriormente el portamiras A se traslada a una distancia del instrumento, sobre la línea de nivelación, a la misma distancia que hay entre el instrumento y la mira B, de ésta forma se continua hasta terminar la sección colocando la mira A sobre el banco de nivel de llegada.
- Ningún punto podrá ser abandonado por la brigada de observación en tanto no se haya hecho a satisfacción las comprobaciones que le correspondan en relación con las observaciones efectuadas.

IV.2 Determinación de la Constante Taquimétrica

La constante taquimétrica es un factor por el cual se multiplican las sumas de los intervalos de todas las visuales atrás y adelante, determinándose así la longitud de la sección en metros.

Se determina antes de usar un aparato nuevo y es recomendable comprobarla periódicamente, de la siguiente manera:

- Se selecciona un tramo de terreno largo y plano.
- Desde un punto de partida se miden, en línea recta, distancias a 75, 85, 95, 105, 115 y 125 metros, marcando éstas en el terreno.
- Se posiciona el instrumento a 20 centímetros a partir del punto de partida en la dirección de la línea, con lo cual, las distancias desde el instrumento hasta los puntos serán de 74.80, 84.80, 94.80, 104.80, 114.80, 114.80 y 124.80 m.
- Se nivela el instrumento, se transporta la mira a cada uno de los seis puntos antes marcados y se hacen las respectivas lecturas registrándolas en la libreta.
- Se calcula la constante taquimétrica sumando las distancias y dividiéndola entre la suma total de los intervalos de las seis lecturas.
- Como comprobación del cálculo, se determina por separado la constante taquimétrica para cada observación y se promedia el resultado de los seis cálculos.

- Si alguno de los seis valores obtenidos varía por más de 0.002 del promedio, el valor que así difiera se comprobará y la distancia correspondiente se medirá por segunda vez en forma más cuidadosa.
- Cuando se trate de Niveles Wild N3 "panfocales" (como en este proyecto), dado que no son analíticos, la longitud de las visuales se determinará según la siguiente tabla, dada por el fabricante donde el intervalo estadimétrico está en centímetros y la distancia en metros.

La tabla se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$D = C_1L - \sqrt{(C_1 L)^2 - (C_2 L + C_3 L^2)} + C_4$$

Donde:

D = Distancia
 L = Intervalo estadimétrico en centímetros
 $C_1 = 1.773974$
 $C_2 = -9.482552$
 $C_3 = 2.776029$
 $C_4 = 1.692$ (para micrómetro con divisiones de 10 mm)

intervalo	distancia	intervalo	distancia	intervalo	distancia	intervalo	distancia
5.50	3.49	29.50	29.48	53.50	56.99	77.50	84.74
6.00	3.95	30.00	30.04	54.00	57.56	78.00	85.32
6.50	4.43	30.50	30.61	54.50	58.14	78.50	85.90
7.00	4.91	31.00	31.18	55.00	58.72	79.00	86.48
7.50	5.41	31.50	31.75	55.50	59.30	79.50	87.06
8.00	5.90	32.00	32.32	56.00	59.87	80.00	87.64
8.50	6.41	32.50	32.89	56.50	60.45	80.50	88.22
9.00	6.92	33.00	33.46	57.00	61.03	81.00	88.80
9.50	7.43	33.50	34.03	57.50	61.60	81.50	89.38
10.00	7.95	34.00	34.60	58.00	62.18	82.00	89.96
10.50	8.47	34.50	35.17	58.50	62.76	82.50	90.54
11.00	8.99	35.00	35.74	59.00	63.34	83.00	91.12
11.50	9.52	35.50	36.31	59.50	63.91	83.50	91.70
12.00	10.05	36.00	36.88	60.00	64.49	84.00	92.28
12.50	10.58	36.50	37.45	60.50	65.07	84.50	92.86
13.00	11.12	37.00	38.03	61.00	65.65	85.00	93.44
13.50	11.65	37.50	38.60	61.50	66.22	85.50	94.02
14.00	12.19	38.00	39.17	62.00	66.80	86.00	94.60
14.50	12.74	38.50	39.74	62.50	67.38	86.50	95.18
15.00	13.28	39.00	40.31	63.00	67.96	87.00	95.76
15.50	13.82	39.50	40.89	63.50	68.54	87.50	96.34
16.00	14.37	40.00	41.46	64.00	69.11	88.00	96.92
16.50	14.92	40.50	42.03	64.50	69.69	88.50	97.50
17.00	15.47	41.00	42.61	65.00	70.27	89.00	98.08
17.50	16.02	41.50	43.18	65.50	70.85	89.50	98.66
18.00	16.57	42.00	43.75	66.00	71.43	90.00	99.24
18.50	17.12	42.50	44.33	66.50	72.01	90.50	99.82
19.00	17.68	43.00	44.90	67.00	72.58	91.00	100.40
19.50	18.23	43.50	45.48	67.50	73.16	91.50	100.98
20.00	18.79	44.00	46.05	68.00	73.74	92.00	101.56
20.50	19.34	44.50	46.63	68.50	74.32	92.50	102.14
21.00	19.90	45.00	47.20	69.00	74.90	93.00	102.72
21.50	20.46	45.50	47.78	69.50	74.48	93.50	103.30
22.00	21.02	46.00	48.35	70.00	76.06	94.00	103.88
22.50	21.58	46.50	48.93	70.50	76.63	94.50	104.46
23.00	22.14	47.00	49.50	71.00	77.21	95.00	105.04
23.50	22.70	47.50	50.08	71.50	77.79	95.50	105.62
24.00	23.26	48.00	50.65	72.00	78.37	96.00	106.20
24.50	23.82	48.50	51.23	72.50	78.95	96.50	106.78
25.00	24.32	49.00	51.80	73.00	79.53	97.00	107.36
25.50	24.95	49.50	52.38	73.50	80.11	97.50	107.94
26.00	25.51	50.00	52.95	74.00	80.69	98.00	108.32
26.50	26.03	50.50	53.53	74.50	81.27	98.50	109.10
27.00	26.64	51.00	54.11	75.00	81.85	99.00	109.68
27.50	27.21	51.50	54.68	75.50	82.42	99.50	110.26
28.00	27.78	52.00	55.26	76.00	83.00	100.00	110.84
28.50	28.34	52.50	55.83	76.50	83.58		
29.00	28.91	53.00	56.41	77.00	84.16		

Tabla 4.2.1 Conversión de intervalos estadimétricos en distancia

IV.3 Errores y Correcciones

Error es la diferencial entre valor observado ó calculado de una cantidad física y su valor verdadero.

Los errores presentes en una nivelación geodésica son: equivocaciones, errores sistemáticos y errores accidentales.

Se debe tener especial cuidado para evitar *equivocaciones* que no son consideradas como errores pero causan contratiempos en el proyecto que se realiza. En algunas ocasiones será necesario repetir la nivelación de una sección para localizar el error.

Las causas más usuales son:

- Lectura equivocada al observar la mira.
- Alteración no descubierta en una marca de referencia temporaria.
- Inversión, por el anotador, de las visadas hacia atrás y hacia delante en una puesta de aparato.
- Omisión de unir una marca de referencia permanente a la línea de nivelación, antes de efectuar las nivelaciones de ida y vuelta.

Un error en la lectura de la mira probablemente se cometerá en los cambios bruscos de pendiente ó cuando, en una marca de referencia, las visadas sean cambiadas de adelante para atrás ó viceversa.

Podemos encontrar clasificaciones de los errores que los dividen en errores constantes, personales, instrumentales y teóricos, sin embargo, solo se pueden catalogar como accidentales y sistemáticos.

Hay un sinnúmero de errores que en cierto grado influyen sobre la nivelación, los que a continuación se nombran son los más serios y requieren la constante atención del observador.

ERRORES SISTEMATICOS

Son aquellos que siguen una ley física ó matemática definida. Generalmente su influencia puede ser eliminada ó reducida, ya sea por cálculo ó por método operativo apropiado.

A continuación se nombran los errores sistemáticos más comunes.

Error de Colimación.

Es debido a la falta de paralelismo de la línea de observación con respecto a la directriz del nivel. Se minimizará procurando la menor discrepancia entre la longitud de las visuales hacia atrás y adelante en cada puesta de aparato y en cada sección. Se detectará mediante la comprobación instrumental.

Error por variación de temperatura.

Se debe al desigual calentamiento de las partes del nivel, lo que ocasiona desplazamiento de la burbuja. Se minimizará evitando que los rayos solares incidan directamente en el instrumento, para lo cual en todo momento, deberá protegerse con una sombrilla.

Error por cambio de altura de Instrumento.

Sucede cuando se hace puesta de aparato en terrenos blandos, esponjosos, de compactación irregular, etc. Se minimiza tomando las precauciones siguientes:

- a) Se elegirá la parte más compacta de los terrenos donde se opera, para apoyar el tripie.
- b) Se hincarán los regatones del tripie tanto como el terreno lo permita.
- c) Se efectuarán las lecturas tan rápido como sea posible.

Errores de graduaciones de las miras.

Se deben a imperfecciones en la graduación de las miras. Las miras deberán ser calibradas, por comparación en el laboratorio, antes de usarse en campo, para obtener su longitud más probable. El error se minimizará aplicando el coeficiente de dicha calibración.

Error cero (de índice) de las miras.

Se presenta si el cero de la graduación no coincide con las bases de la mira. Se minimizará estableciendo un número par de estaciones por sección. Esto equivale a iniciar y terminar la sección con la misma mira.

Error por inclinación de las miras.

Se debe a que la mira no queda contenida en un plano vertical en el momento de la lectura. Este error se minimizará usando un nivel circular de burbuja en cada mira. Para detectarlos deberá comprobarse frecuentemente el nivel circular de burbuja.

Error por pandeo de las miras.

Se debe a que las miras no quedan contenidas en un mismo plano. Se detectará por comparación de las distancias horizontales medidas entre la cinta invar y la línea de la plomada, estas distancias se tomarán las graduaciones 1.10, 1.10, 2.10 y 3 metros de la mira. Esta comprobación se hará también al costado de la mira.

Error por efecto de la temperatura.

Es debido al cambio de longitud de la cinta invar causado por la diferencia entre la temperatura de operación y la calibración. Se minimizará tomando la temperatura de las miras y aplicando las correcciones correspondientes de acuerdo al coeficiente de expansión térmica del metal invar.

Error por hundimiento de las miras.

Ocurre durante el intervalo de tiempo transcurrido entre las dos lecturas de una mira desde dos estaciones contiguas, cuando se trabaja en terrenos blandos, de compactación irregular, etc. Se minimiza:

- a) Seleccionando el sitio más estable posible.
- b) Evitando apoyar la mira más de lo necesario.

ERRORES ACCIDENTALES.

Es la parte del error de observación desconocida en signo y magnitud, producida por alteraciones fortuitas de las condiciones teóricamente exactas de observación, tales como la imperfección de los instrumentos utilizados, las limitaciones del observador, las condiciones meteorológicas cambiantes, etc.

Los errores accidentales más frecuentes son:

Error por descentrado de la burbuja.

Se debe a coincidencia defectuosa de los meniscos y/ó a movimientos del tripie después de nivelado el instrumento. Se minimiza:

- a) Dejando que la burbuja se estabilice en su coincidencia.
- b) Comprobando el centrado de la burbuja antes y después de las lecturas.
- c) Procurando que el tripie no sufra movimientos.

Error por inexactitud de la lectura de la mira.

Es provocado por: condiciones instrumentales, ambientales, personales, metodológicas, etc., que provocan una apreciación incorrecta de la lectura. Se minimiza de la siguiente manera:

- a) Haciendo que la diferencia de lecturas entre las dos escalas esté dentro de lo especificado dentro de la normatividad.
- b) Colocando las miras a una distancia convenientes para que las condiciones ambientales y personales desfavorables se reduzcan.

Error por oscilación de la imagen (reverberancia).

Es debido a la diferencia de temperatura entre el suelo y el aire. Se minimiza evitando lecturas de hilo inferior menores a 0.50 m. y observando en la mañana y en la tarde ó en días nublados.

Error por paralaje.

Se debe a un enfoque defectuoso. Se minimizará enfocando cuidadosamente el anteojo hasta lograr la máxima nitidez de la imagen.

ERROR	VALOR
Por variación de la temperatura.	Por cada 0.2° C de variación habrá un error de 1" para un nivel de 100 mm.
Por graduación de la mira.	En caso de existir variará alrededor de ± 0.1 mm.
Por inclinación de la mira.	$e = \frac{s\theta^2}{2}$ s = distancia obtenida. θ = ángulo entre la mira y la vertical.
Por pandeo de la mira.	Si el pandeo es de 20 mm el error será 0.1 mm.
Por efecto de la temperatura en la mira.	Coefficiente de expansión térmica = 1.3×10^{-6} por grado centígrado.
Por efecto de curvatura y refracción.	$e = 6.7s^2 \times 10^{-5} \text{ mm.}$ Donde: s = distancia de la visual en metro.

TABLA 4.3.1 Valores de los Errores en Nivelación Geodésica *

CORRECCIONES.

El cálculo de la nivelación de primer orden deberá someterse a varias correcciones.

- *Corrección por error del índice de la mira (Ci).* Ésta corrección se aplica al desnivel cuando el cero de la graduación de una ó ambas miras no coincida exactamente con la base real fija de la superficie de la mira. Si se utilizan dos miras alternándolas adecuadamente ésta corrección es nula.

*Modern Theodolite and levels. Por: M.A. Copper.

- *Corrección por longitud de la mira (Cl).*
Cuando la mira de nivelación no tenga realmente la longitud indicada en las graduaciones, se aplicará esta corrección al desnivel.

- *Corrección por variación de temperatura de la mira (Ct).*
Ésta corrección se aplica al desnivel cuando la temperatura a la cual se usaron las miras en el desarrollo de la nivelación es diferente a la que fueron estandarizadas y se calcula a partir del coeficiente de dilatación de las miras.

- *Corrección por la falta de paralelismo entre el eje de colimación del anteojo y la directriz del nivel tubular.*
Conocida también como corrección instrumental y se aplica cuando las vistas atrás y adelante no tengan la misma longitud, la corrección se calcula por el producto de la constante del instrumento (C) y la diferencia de las distancias acumuladas entre las vistas hacia atrás y adelante, aplicando este valor al desnivel.

- *Corrección por curvatura y refracción (Cc).*
El efecto de curvatura se debe a que la visual del nivel es horizontal y la superficie de nivel es curva, por lo que siempre se hacen lecturas mayores en la mira. El efecto de refracción es causado por la desviación de la línea visual en la superficie de la tierra al pasar por medios de distinta densidad. Los efectos de curvatura y refracción son de signo contrario y en combinación causan una lectura mayor que la real.

Este tipo de corrección se aplica al desnivel cuando una visual positiva (atrás) y otra negativa (adelante) difieren en longitud, cada una de ellas debe ser corregida. Para anular este error en el trabajo de campo únicamente se debe colocar el instrumento equidistante de ambas miras en todas las estaciones. El error de refracción es difícil eliminar completamente dados los rápidos cambios de temperatura pero para reducir su efecto se debe procurar que la visual pase arriba del suelo 50 cm por lo menos y se reducirá la distancia hasta que la mira se vea claramente sin la menor oscilación de sus divisiones. Además, se efectuaran dos nivelaciones en sentido contrario en condiciones ambientales diferentes. Si la primera nivelación se efectuó en la mañana, la segunda se hará en la tarde. También, en terreno con pendiente fuerte se procurara llevar la nivelación en "zig-zag".

DISTANCIA	CORRECCIÓN	DISTANCIA	CORRECCIÓN
0 a 13	0.0	102 a 109	0.8
13 a 37	0.1	109 a 116	0.9
37 a 54	0.2	116 a 122	1.0
54 a 67	0.3	122 a 128	1.1
67 a 77	0.4	128 a 134	1.2
77 a 86	0.5	134 a 139	1.3
86 a 95	0.6	139 a 144	1.4
95 a 102	0.7	144 a 150	1.5

DISTANCIA EN METROS
CORRECCIONES EN MILIMETROS

Tabla 4.3.2 Corrección por Refracción y Curvatura

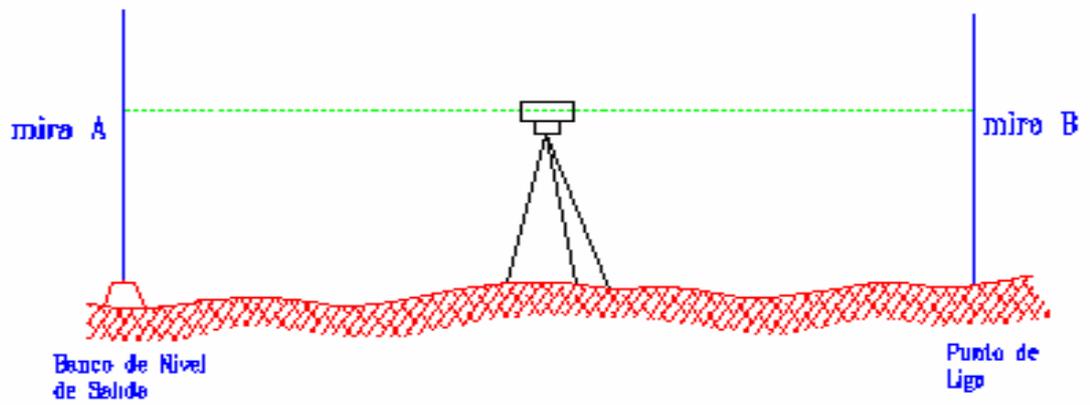
IV.4 Procedimiento de Campo

Para tener buenos resultados durante y al finalizar la nivelación de precisión, es necesario efectuar el siguiente procedimiento:

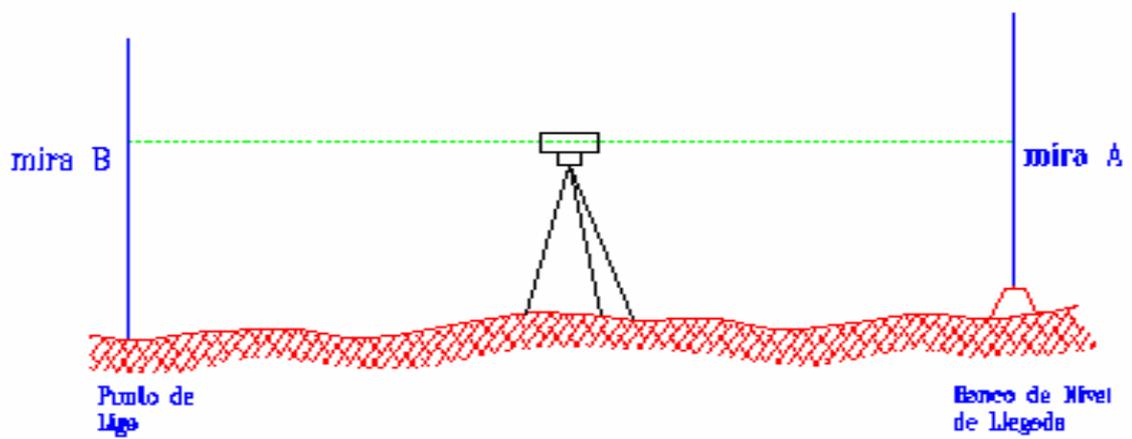
- Se coloca la mira "A" en el banco de partida, cuidando que se quite la riostra.
- Se sitúa el instrumento en *estación* de acuerdo a las condiciones topográficas y meteorológicas existentes, en el punto medio de la línea que une las miras, de modo que dos patas del tripie quedan en línea paralela a la ruta y la tercera sobre la perpendicular.
- En todo momento se protegerá el instrumento de los rayos del sol con una sombrilla.
- Se coloca la mira "B" a una distancia igual a la que existe entre la mira "A" y el instrumento, medida a pasos por el portamira.
- Se nivela el instrumento con el nivel esférico.
- Se dirige la visual hacia la mira "A", enfocando adecuadamente para evitar el *error de paralelaje*.
- Se hace la coincidencia de meniscos de la burbuja del nivel tubular (como se indica en el capítulo II.1).
- Se mueve el hilo horizontal por medio del tornillo micrométrico a la escala "a", de tal forma que los lados de la cuña de la retícula sean tangentes a la marca correspondiente de la mira (como se indica gráficamente en el capítulo II.1).

- Se leen los hilos superior, medio e inferior, complementando la lectura del hilo medio con la del micrómetro, anotando en la libreta de campo correspondiente.
- Se lee y anota la escala "b" únicamente con el hilo medio con la correspondiente del micrómetro, de la misma mira en que se tomó la escala "a".
- Se obtienen los intervalos estadimétricos y se comprueba que la diferencia entre ellos no pase de 0.002 metros, se suman y anota el resultado, el cual se introduce en una tabla (Ver capítulo IV.2) para obtener la distancia que se anota en el registro.
- Se comprueba además que la diferencia de lecturas entre el hilo medio de la escala "a" y el hilo medio de la escala "b" sea de 3.015 metros con una tolerancia de ± 0.0005 metros.
- Se dirige la visual hacia la mira "B" repitiendo las instrucciones antes señaladas desde la coincidencia de meniscos.
- Se comprueba que las distancias de las visuales no varíen en más de un 10%, una con respecto a la otra, debiéndose cuidar de no exceder en 60 metros los brazos nivelados.
- Se traslada el instrumento a la siguiente estación y también el portamira "A", el cuál debe de insertarle la riostra a la mira y colocarla en el sapo en el nuevo punto de liga.
- Se repiten las operaciones para la vista adelante.

- Se continúa la nivelación leyendo en las estaciones pares primero la mira adelante y en las estaciones impares primero la mira atrás, lo que significa que, no importa en que posición se encuentre siempre se leerá primero la mira "A".
- Se debe incluir en la línea cualquier banco de nivel que se localice sobre la ruta.
- Será siempre par el *número de estaciones*, lo que significa que la mira con la que se sale del banco, será con la que se llegue al siguiente banco, eliminando de esta forma el *error de índice*.
- Al terminar la sección, la cual no debe pasar de 2 kilómetros, se procederá a efectuar la nivelación de regreso, con el mismo procedimiento.
- Las nivelaciones efectuadas deberán cumplir con las tolerancias para cierres de secciones corridas en ambos sentidos (Ver Capítulo IV.1).



PRIMERA POSICIÓN DEL APARATO



SEGUNDA POSICIÓN DEL APARATO

Gráfica 4.4.1 Posiciones del Aparato durante la Nivelación

V. RESULTADOS

V.1 Registros de Campo

Las lecturas que se obtienen del procedimiento de campo deben anotarse en una libreta con formato especial para Nivelaciones de Primer Orden, como se indica a continuación:

- Todas las anotaciones se deben de hacer con tinta negra para que de este modo sean permanentes y en caso de que sea necesario obtener fotocopias éstas sean nítidas.
- No se harán borraduras ni enmendaduras sobre las cifras escritas, si no que únicamente se tachara con una línea inclinada la cifra que se quiera corregir y se escribirá la correcta.
- A fin de evitar confusiones se anotara sobre cada hoja los siguientes datos:
 - Nombre con el que se identifica a la línea de nivelación.
 - El tramo de la línea sobre el cual se está efectuando la nivelación.
 - El sentido de la nivelación (ida ó vuelta).
 - Nombre del observador.
 - Nombre del anotador.
 - Instrumento utilizado.
 - Fecha.
 - Hora.
 - Estado atmosférico.
 - Número de hoja.

Al final de éste capítulo se aporta un ejemplo de registro de campo con el fin de hacer más contundente la explicación además de que servirá como ilustración del método de observación.

Continuando con las anotaciones que se deben hacer a cada punto de liga, se tiene que:

1. Se empieza por anotar, en la parte izquierda de la hoja, el punto al que se dirige la visual, en este caso al Banco de Nivel de Precisión, en la sección de lecturas positivas (vista atrás) y el número de mira que se observa en esta posición.
2. Se anotan las lecturas de los tres hilos, iniciando con el hilo de mayor lectura en la escala "a".
3. Se escribe la cifra del micrómetro en el mismo renglón del hilo medio.
4. Sobre ese mismo renglón, solo que en la sección de "suma", se anotan las tres primeras cifras del hilo medio junto con las del micrómetro (la cual es la cifra más importante y que se utiliza para calcular los desniveles y la tolerancia).
5. Se calculan los intervalos de los hilos anotándose en sus respectivos renglones.
6. Se escribe la cantidad total de la suma de los intervalos.
7. Esta cantidad servirá para saber la distancia por medio de la tabla de conversión de intervalos estadimétricos y se escribe arriba de la anterior cifra.
8. Se anota la cantidad únicamente del hilo medio y del micrómetro de la escala "b".
9. Se observa la mira "B" (vista adelante) y se escriben las lecturas para las dos escalas, en la parte derecha de la hoja, como se mencionó anteriormente.
10. En las siguientes observaciones, en la parte de punto visado (PV), se anotara el punto de liga en numeración consecutiva (PL).
11. Se suman las distancias parciales de las vistas (atrás y adelante) en cada hoja, para obtener al final la distancia total recorrida.
12. El último PV debe ser un Banco de Nivel de Precisión, del cual se anotara su nomenclatura.

Línea _____

Sección _____ Tramo _____

Observador _____ Analizador _____

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						
02	1	2	3	4	5	7
03						6
04						
05		8	8			
06						
07						
08	10					
09						
10						11
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21	12					
22						
23						
24						
25						

HOLJA

Instrumento _____

Fecha _____ Hora _____

Estado Atmosférico _____ Nivelación de _____ M - VALU

	No DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						
02		9				
03						
04						
05		9				
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

Gráfica 5.1.1 Registro en Libreta de Campo

Antes de iniciar la nivelación, por la mañana, se debe hacer la determinación del error del nivel (factor "C") y anotarse en la sección que se encuentra al final de cada libreta de campo.

A continuación se tienen los pasos a seguir para anotar en el formato correspondiente.

Al igual que en las hojas del procedimiento de campo en el encabezado debe escribirse la siguiente información:

- Nombre con el que se identifica a la línea de nivelación.
- El tramo de la línea sobre el cual se está efectuando la nivelación.
- Nombre del observador.
- Nombre del anotador.
- Instrumento utilizado.
- Fecha.
- Hora.
- Estado atmosférico.
- Número de hoja.

Las anotaciones que deben realizarse están enumeradas para evitar confusiones.

1. Se anota el punto visado ("A" mira cercana y "B" mira lejana).
2. Se anota el número de mira visada.
3. Se anotan las lecturas de los tres hilos, iniciando con el hilo de mayor lectura en la escala "a".
4. Se escribe la cifra del micrómetro en el mismo renglón del hilo medio.
5. Sobre ese mismo renglón, solo que en la sección de "suma", se anotan las tres primeras cifras del hilo medio junto con las del micrómetro.
6. Se calculan los intervalos de los hilos anotándose en sus respectivos renglones.

7. Se escribe la cantidad total de la suma de los intervalos.
8. Se gira 180° el aparato y se observa la mira lejana "B", se repiten los pasos 3 al 7 en la parte derecha de la hoja.
9. Se cambia de posición el aparato y ahora la mira cercana es "B" y la lejana es "A", anotándose la mira observada en esta posición.
10. Se repiten los pasos del 2 al 8, anotándose en el área correspondiente.
11. Se realizan las sumatorias en las cuatro columnas nombradas "suma".
12. En el renglón nombrado "Refracción y Curvatura" se anota la cifra que le corresponde, al resultado de la "suma" de las distancias lejanas, en la tabla que esta al final de cada libreta (Ver en Tabla 4.3.2).
13. Para el renglón de "suma corregida" del lado derecho de la hoja se anota la suma algebraica de los dos renglones superiores a éste, el resultado se anota también en la sección de la parte izquierda de la libreta en el renglón del mismo nombre.
14. En el renglón "resta A" se anota la suma algebraica de los dos renglones superiores.
15. En el renglón "suma de intervalos de mira cercana" se anota el resultado de la suma de los intervalos de las "lecturas cercanas".
16. La anterior cantidad se le resta a la suma de los intervalos de las "lecturas lejanas" y se anota en el renglón "resta B".
17. El valor de "C" es el resultado de dividir el valor del paso 14 entre el resultado paso 15, respetando el signo correspondiente.

DETERMINACION DE C

Línea _____
 Sección _____ Tramo _____
 Observador _____ Ayudador _____

P.V.	LECTURAS CERCAÑAS	MICROMETRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
1	3	4	5	6	7
9	10				
SUMA			11		11
Suma Corregida			13		
Resta A			14		

OPERACIONES

Instrumento _____
 Fecha _____ Hora _____
 Estado Atmosférico _____
 HOJA No. _____

No. DE MIRA	LECTURAS LEJANAS	MICROMETRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
2	8				
10	10				
SUMA			11		11
Retracción y Curvatura			13		12
Suma Corregida					
Suma de intervalos mira cercanas					15
Resta B					16

C = $\frac{A}{B}$ = _____ = 17

CALCULO _____

C No debe exceder de 0.004

Gráfica 5.1.2 Registro en Libreta de Campo de la Determinación de C

V.2 Cálculos

En la nivelación de primer orden cualquier detalle que pueda parecer insignificante en realidad podrá afectar los cálculos y ajustes finales de la línea de nivelación, por lo que habrá la necesidad de inspeccionar y comprobar todos los aspectos que intervienen en el trabajo.

Los cálculos y comprobaciones que se llevarán a efecto son los siguientes:

- Los propios para el registro de las anotaciones en el desarrollo de la nivelación.
- Los necesarios para comprobar que el trabajo se esté realizando dentro de las especificaciones establecidas.

Los cálculos que se realizan en campo están ligados a la necesidad de ir verificando el acuerdo de los valores observados con las normas de precisión establecidas y se inician con los referentes a encontrar el factor de colimación "C", al comienzo de cada sección (Capítulo II.2).

Siguiendo el procedimiento para la nivelación de precisión, en cada estación se anotan las lecturas de los tres hilos, de los cuales se deberán calcular los valores de los intervalos de los hilos, superior menos medio y medio menos inferior, se anotan estos valores. Estos intervalos no deberán diferir por más de 2 milímetros, cumpliendo esto se suman y se anota el resultado, manteniéndose una suma continua de los totales de cada estación, de las vistas atrás y adelante, para que al final se tenga el resultado de la distancia total recorrida con ayuda de la "tabla para convertir valores estadimétricos en distancia".

En cada vista (adelante ó atrás) se realiza una diferencia entre las lecturas del hilo medio de la escala "a" y la escala "b" cuidando de que cumpla con 3.015 metros y una tolerancia de ± 0.0005 metros. (Que es la diferencia entre la escala "a" y la escala "b" de la mira).

Al terminar la sección de ida se tendrán los resultados de las sumatorias de los hilos medios ó centrales con los cuales se calculará la diferencia entre escala "a" y "b", el resultado no debe diferir en más de 2.5 milímetros. La misma operación se debe de realizar para la *vuelta* de la sección.

La tolerancia de cada sección (ida y vuelta) se calcula con la formula $0.004 \cdot \sqrt{K}$, donde k es la distancia recorrida en kilómetros. Y se compara con la diferencia entre las sumatorias de la escala "a" de *ida*, restándola de la escala "a" de la *vuelta*. Este resultado debe quedar dentro de la tolerancia calculada para poder continuar la nivelación, de lo contrario se deben revisar las anotaciones y cálculos tratando de encontrar errores con el fin de decidir que parte de la sección (ida ó vuelta) se tiene que repetir para estar dentro de tolerancia.

En el *Apéndice 1* se muestra un ejemplo de registro de campo y sus respectivos cálculos de una sección de la nivelación que nos ocupa.

Las primeras dos hojas pertenecen a la operación y cálculo del factor de colimación "C", que como lo indican las normas se debe realizar al comienzo de cada sección. Las siguientes hojas son el registro del levantamiento de *ida y vuelta*.

Los datos recabados en campo se utiliza para capturarlos en un formato de Excel el cual ya contiene ciertas fórmulas que nos darán como resultado información fidedigna y necesaria para vaciarla a formatos finales, dicho formato se muestra en el *Apéndice 2*.

La información resultante nos indicara si el tramo nivelado es correcto al compararlo con la tolerancia para éste mismo.

Cada tramo (ida y vuelta) tendrá que capturarse en este formato a fin de estar seguro del resultado y poder continuar nivelando tramos posteriores ó regresar a nivelar dicha sección.

Este formato de captura ya contiene la transformación de distancia estadimétrica a distancia real lo que nos da como resultado el kilometraje recorrido para dicho tramo sin necesidad de realizar la transformación por medio de la tabla pues ya está contenida dicha fórmula en éste formato de Excel.

No solo da como resultado la distancia real recorrida también indica el desnivel del tramo trabajado.

La información es utilizada para posteriores formatos a llenar (ver *Apéndice 3*), teniendo el total de la línea levantada, y finalmente vaciada al formato del programa "LEVEL" (ver *Apéndice 4*) para realizar la *corrida* y tener como resultado la elevación de cada Banco de Nivel (ver *Apéndice 5*), objetivo fundamental de estos trabajos.

V.2.1 Programa LEVEL

El programa LEVEL calcula y analiza una red de nivelación por mínimos cuadrados utilizando el método de Variación de Parámetros.

Para completar el análisis de la red hecha por el programa LEVEL es utilizado el programa CIRCUIT que calcula el error permisible para cada circuito ó circuitos de nivelación. Estos circuitos pueden ser entre estaciones fijas ó circuitos que cierren en el mismo punto inicial.

LEVEL es un programa de cómputo en el sistema UNIVAC 1100 para el ajuste por mínimos cuadrados de diferencias de elevaciones observadas entre bancos de una red de nivelación. El programa calcula e imprime datos estadísticos de la red de nivelación para su análisis por los Geodestas. El método de Variación de Parámetros se usa para calcular las elevaciones de los bancos desconocidos; se calculan también sus precisiones (*sigmas*). Las observaciones que entran al programa son probadas para saber si están dentro de las especificaciones. Las especificaciones que se siguen son las indicadas en las publicaciones 234 y 240 para Levantamientos Geodésicos y Costeros en Estados Unidos. Los valores observados que no cumplen con la prueba del error permisible son rechazados.

El programa está escrito en FORTRAN V, conteniendo varias subrutinas.

Los datos de entrada pueden ser las observaciones de cada puesta de aparato tomadas directamente de las libretas de campo ó las diferencias de elevación que aparecen en los resúmenes de campo.

La entrada de los datos de observación puede ser en cualquier orden, reales ó ficticios, ó mezclas de observaciones por puestas de aparato y/o diferencias de elevaciones.

Los datos resultantes son:

- a) Correcciones ortométricas
- b) Diferencias medias en elevación
- c) Tabla de ligas
- d) Elevaciones definitivas
- e) Análisis estadístico (resumen estadístico)

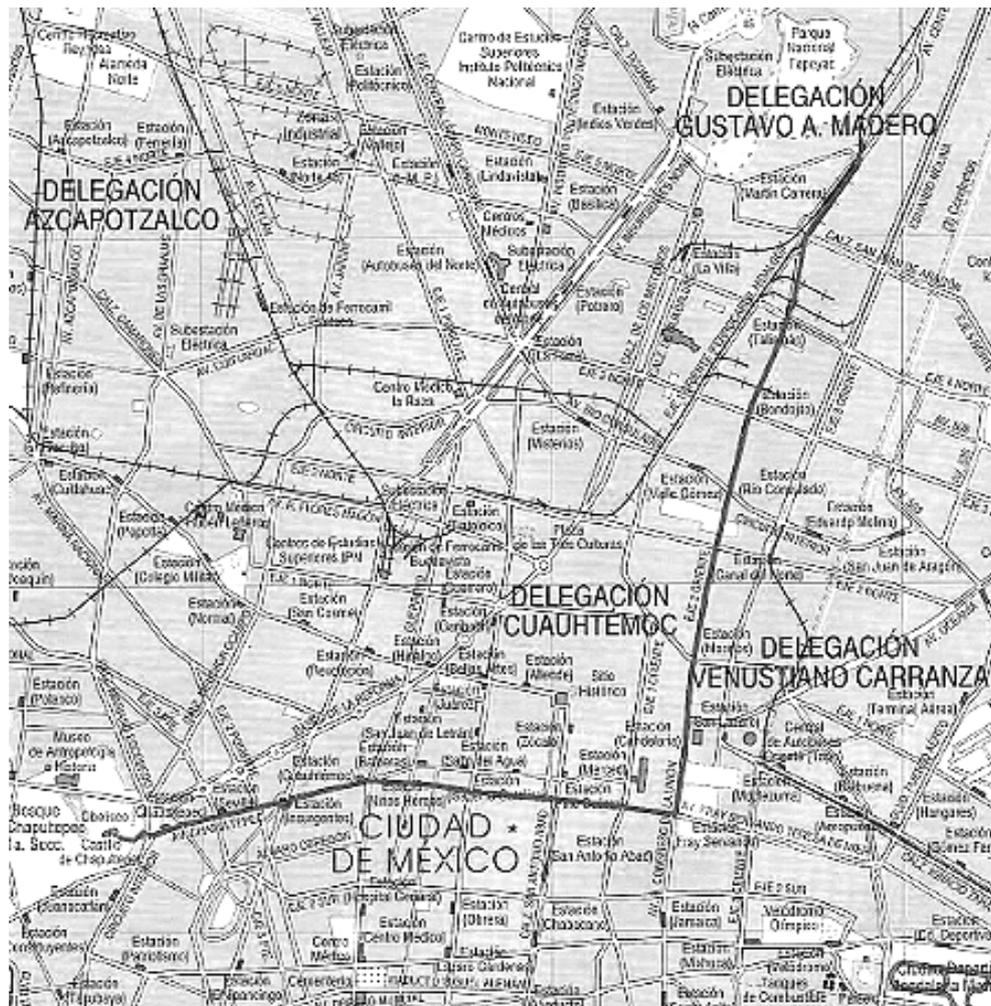
Consisten en el número de:

- i. Kilómetros de la nivelación
- ii. Secciones rechazadas
- iii. Ligas en la red e nivelación
- iv. Bancos de amarre
- v. Elevaciones desconocidas
- vi. Observaciones
- vii. Iteraciones
- viii. Suma del cuadrado de los residuos
- ix. Redundancia ó grados de libertad
- x. Error estándar del peso unitario

VI. CALCULO DEL HUNDIMIENTO DE LOS BANCOS DE NIVEL

VI.1 Comparación con los valores anteriores

En mayo de 1984 la Secretaría de Programación y Presupuesto (ahora INEGI), realizó una Nivelación de Precisión de la línea Atzacocalco-Chapultepec. Para hacer éste trabajo monumentaron 8 bancos de nivel de primer orden, 5 sobre la Av. Congreso de la Unión de Norte a Sur, de la Av. San Juan de Aragón hasta Fray Servando Teresa de Mier, y 3 sobre esta última avenida, Dr. Río de la Loza y Av. Chapultepec, de oriente a poniente (como se observa en el plano).





Gráfica 6.1.1 Ruta de la Nivelación desde Atzacolco hasta Chapultepec

Los bancos Atzacocalco y Chapultepec son bancos de nivel de primer orden que están monumentados desde mediados del siglo XIX, con cotas referidas a otro plano (TICA) y también al nivel medio del mar, en ésta época se iniciaron trabajos de nivelación para estudiar el hundimiento de la Ciudad de México.

"Se sabe que en 1856, después de largas discusiones, se convino en aprobar como referencia común un plano que pasaba 10 metros debajo de la Tangente Inferior del Calendario Azteca (TICA), localizado entonces en la base de la torre oeste de Catedral...

...Según indicaciones del Ing. Roberto Gayol, se sabe que a fines del siglo XIX y con motivo de las obras del Desagüe General, se estableció una referencia sentada sobre roca, en Atzacocalco, a la que correspondió la cota 12.35 m respecto al plano de comparación adoptado en 1856. En la década de los 30 del siglo pasado, la Dirección de Geografía tuvo que desplazar este banco a un punto cercano, construyendo un monumento de concreto, ya que el antiguo estaba a punto de destruirse. Este banco tiene dos placas: la superior, 1.64 m arriba de la primitiva referencia de Atzacocalco, y la inferior, 0.94 m. De acuerdo con nivelaciones respecto al mar, la Dirección de Geografía asigna a cada una de ellas en 1937, las cotas 2244.39 y 2243.70 m, respectivamente; de modo que, el antiguo banco de Atzacocalco estaba a la elevación 2242.75 m; a esta elevación le correspondía en 1898 la cota 12.35 m.

La Comisión Hidrográfica tenía otro banco fijo al pie del cerro de Chapultepec, junto al Monumento (en forma de obelisco) a los Niños Héroe; su cota respecto al plano +10.00 (TICA) era de 16.08 m en 1898"*

* *El Subsuelo de la Ciudad de México, Marsal y Mazar, F.I. UNAM, 1959.*

Desde entonces estos bancos de nivel han servido como referencia para distintos trabajos de nivelación de precisión realizados por diferentes instituciones. Por esto se les tiene plena confianza, además de encontrarse, cada uno de ellos, a las faldas de cerros. El primero en el cerro llamado "El Guerrero" de la Sierra de Guadalupe y el segundo en el cerro de Chapultepec. Por lo cual es difícil que se tengan movimientos verticales (hundimientos) considerables en estos sitios.



Gráfica 6.1.2 Banco de Nivel DI-277 "Atzacocalco"

En el año 2001 el INEGI, después de 17 años, realiza una nivelación de primer orden en la línea Atzacocalco-Chapultepec, como parte de un proyecto de nivelación que pretende abarcar todo el Distrito Federal en una gran red geodésica a nivel nacional.



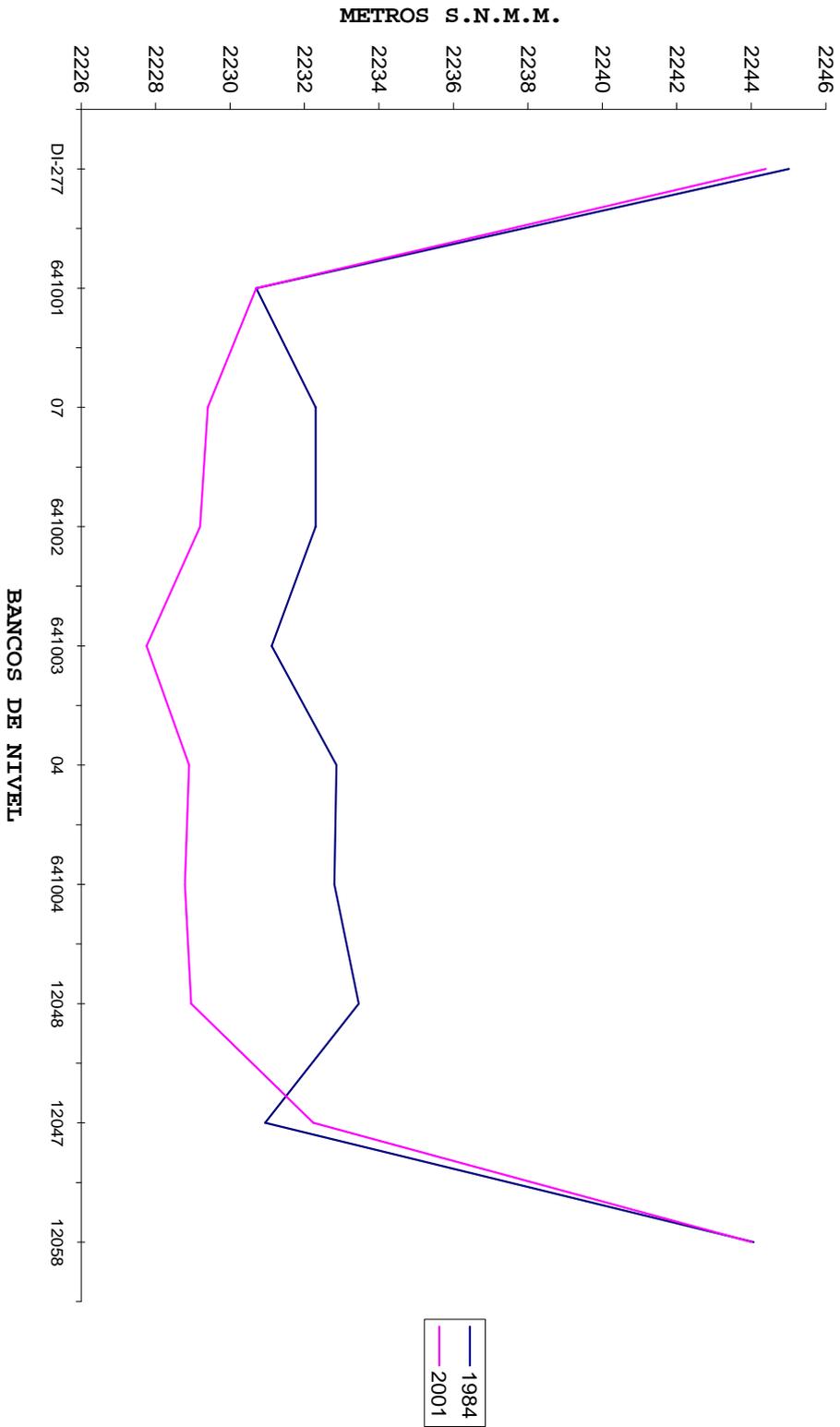
Gráfica 6.1.3 Banco de Nivel 12058 "Chapultepec"

A continuación se presenta la comparación de las nivelaciones de 1984 y 2001 respectivamente, con el fin de poder observar el movimiento vertical en cada banco de nivel que se toco. Cabe mencionar que algunas placas de la línea nivelada en 1984, no se recuperaron debido a la destrucción ó maltrato de las mismas, por lo tanto se tuvieron que empotrar otras marcas quedando estas fuera de la comparación como se muestra en la siguiente tabla.

BNP	ELEVACION 2001	ELEVACION 1984
DI-277	2244.3933	2245.0078
641001	2230.7869	SIN COMPARACIÓN
07	2229.4971	2232.2952
641002	2229.3122	SIN COMPARACIÓN
641003	2227.8875	SIN COMPARACIÓN
04	2229.0388	2232.8635
641004	2228.8339	SIN COMPARACIÓN
12048	2228.9975	2233.4528
12047	2232.2765	2230.9494
12058	2244.0520	2244.0606

Tabla 6.1.1 y Gráfica 6.1.4 Comparación de Elevaciones

COMPARACION DE ELEVACIONES



VI.2 Equipos Electrónicos Digitales

En la actualidad muchos de los trabajos de topografía se realizan con aparatos electrónicos, ya que optimizan las actividades, pues se ahorra tiempo, se eliminan los errores humanos y es sencilla la transferencia de datos.

El INEGI a partir del año 2004 realiza levantamientos geodésicos verticales en todo el país con equipo electrónico además del equipo óptico-mecánico que ya se venía utilizando.

El equipo electrónico que se utiliza para estas actividades es el Nivel Digital DiNi 12 de Trimble. Ya que debido a sus características cumple con las exigencias para los trabajos en campo y gabinete.

Los niveles digitales DiNi geodésicos de Trimble están diseñados para un uso fácil y productivo, particularmente cuando se los utiliza en aplicaciones de control ó ingeniería. Desde trabajos de nivelación general a proyectos para el control de deformaciones con precisión, los niveles DiNi de Trimble le permiten realizar y registrar mediciones verticales precisas en un tiempo mínimo, ya que puede almacenar mediciones en tan solo 3 segundos.



Gráfica 6.2.1 Nivel Electrónico DiNi12 de Trimble

Gracias a su innovadora tecnología y a la interfaz fácil de utilizar, los niveles digitales DiNi proveen herramientas que se podrán aprender a utilizar en el campo rápidamente, haciéndole ahorrar tiempo y dinero.

Con la capacidad de registrar mediciones en tan sólo tres segundos, la productividad mejora realmente.

Además, puesto que los niveles leen y registran los datos digitalmente, se eliminan los errores humanos, lo que reduce aún más los costos en tanto que se mejora la integridad de los datos. La capacidad de medición de distancias proporciona un medio rápido para compensar las visuales hacia delante y atrás en las series de nivel, asegurando que no se exceda la distancia de visualización máxima, lo que provee una confiabilidad mayor y optimiza la distribución de errores.

La interfaz controlada por menús del DiNi está estructurada claramente. Al estar combinada con una amplia pantalla gráfica y una codificación de puntos alfanuméricos, su manejo es muy fácil y rápido. Además, el teclado con 22 teclas permite asegurar que los niveles digitales DiNi podrán utilizarse con facilidad en una gran variedad de entornos.

A menudo se pueden encontrar dificultades para ver la mira completa por obstrucciones de edificios ó terrenos irregulares, los niveles DiNi requieren que solo sea visible un tramo de apenas 30 cm de mira ó estadía para realizar una medición.

Con los niveles DiNi, la transferencia de datos del campo a la oficina resulta fácil y segura. El DiNi 12 utiliza una tarjeta PC (PC Card) para el almacenamiento de datos y una transferencia ininterrumpida. Las mediciones verticales de precisión pueden transferirse a una gran variedad de

paquetes de software topográfico y de diseño, incluyendo todos los paquetes de software de oficina de Trimble.

Además, los datos se podrán transferir y utilizar de inmediato en una hoja de cálculo. Ya no hará falta preocuparse por problemas de transferencia y conversión de datos.

Independientemente de la aplicación, los niveles digitales DiNi de Trimble son las herramientas perfectas para el registro y control de mediciones verticales.

Estos aparatos permiten leer y registrar datos digitalmente mediante el uso de miras geodésicas de invar con código de barras.



Gráfica 6.2.2 Nivel Electrónico DiNi12 de Trimble sobre Trípode

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Precisión, DIN 18723 (medición electrónica)

Desviación típica en nivelación bidireccional en 1 km
Mira de nivelación precisa,
Escala codificada 0,3 mm (0,0015 pies)
Mira plegable para ingeniería,
Escala codificada 1,0 mm (0,003 pies)

Precisión, distancia (medición electrónica)

Modo taquímetro (lectura sobre 50 cm de mira)
Mira de nivelación precisa
Escala codificada. D* 0,0005 m
Mira plegable para ingeniería,
Escala codificada. D* 0,001 m
Modo nivelación (lectura sobre 30 cm de mira, 20 m de alcance)
Mira de nivelación precisa,
Escala codificada. 20 mm (0,066 pies)
Mira plegable para ingeniería,
Escala codificada. 25 mm (0,082 pies)

Precisión, ángulos

Limbo externo graduado
Lectura a. 1°/1 gon
Estimación a. 0,1°/0,1 gon
Limbo eletrônico (código absoluto)
Unidades angulares. . . grad/grados.min.seg/grados
Desviación típica para una dirección.. 6"/2 mgon

Intervalo de medición

Medición electrónica
Mira de nivelación precisa,
Escala codificada. 1,5-100 m (5
pies-328 pies)
Mira plegable para ingeniería,
Escala codificada. . 1,5-100 m (5 pies-328 pies)
Medición visual
Mira plegable para ingeniería,
Graduación métrica. . a partir de 1,3 m (4 pies)

Tiempo de medición

Alturas y distancias. 3 s
Aumentos del telescopio. 32x
Compensador
Incrementos de inclinación. . . . ± 15'/ ±270 mgon
Precisión de los ajustes. . . . ±0,2"/ ±0,06 mgon
Pantalla. . De cuatro líneas de 21 caracteres
Cada una, con capacidades gráficas
Teclado. . . 22 teclas, teclas programadas con
referencia a la pantalla
(Funcionamiento con menú y cuadros de diálogo)

Programa de medición

Estándar. Mediciones sencillas o múltiples,
Líneas de nivel con vistas intermedias,
Nivelación de áreas, replanteos
Métodos de nivelación. BF, BFFB, BFBF, BBFF**
Reloj de tiempo real
Registro
Memoria de datos. Tarjeta PCMCIA (SRAM);
Opcional de 256 KB hasta 8 MB
Conexión en línea. Interfaz RS232 C
para conexión externa
(Descarga y control remoto)

Fuente de alimentación. . . . Paquete de baterías
NiMH: 6.0 V; de 1.5 Ah recargables, tiempo de
carga con un solo cargador: 2,5 horas
Duración de la batería totalmente cargada. .3 días

Temperaturas de funcionamiento -20 °C a +50 °C
(-5 °F a +122 °F)
Peso (sólo el instrumento) 3,5 kg (7,7 lb)

**D = Distancia ** B = Visual atrás (referencia) F = Visual
adelante*



- | | |
|---|---|
| 1.- Mirilla. | 8.- Botón de enfoque. |
| 2.- Objetivo del anteojo con protector solar integrado. | 9.- Tapa removible para el ajuste del nivel circular. |
| 3.- Ocular del anteojo. | 10.- Botón de toma de lecturas (Gatillo de medición). |
| 4.- Pantalla. | 11.- Ventanilla del nivel circular. |
| 5.- Teclado. | 12.- Compartimiento de la batería (parte frontal inferior). |
| 6.- Tornillos de nivelación. | 13.- Tornillo tangencial horizontal (movimiento fino sinfin). |
| 7.- Base Nivelante | 14.- Enchufe de la tarjeta PCMCIA. |

Gráfica 6.2.3 Partes principales del Nivel Electrónico DiNi12 de Trimble

VI.3 Afectación de Obras de Servicio Público

Paralelamente al desarrollo extraordinario de la Ciudad de México en los últimos 50 años, se observa la ocurrencia de un fenómeno de gran importancia, el hundimiento general, que ocasiona graves trastornos al funcionamiento de las instalaciones de servicios públicos y serios problemas de estabilidad a las construcciones de toda índole asentadas en el fondo del antiguo lago de Texcoco.

Edificios sustentados por pilotes y aun inmuebles cimentados superficialmente, que en el pasado habían tenido un buen comportamiento, acusan asentamientos diferenciales de importancia que ponen en peligro su integridad.

AGUA POTABLE

La comprobación de que la extracción de agua subterránea es la razón fundamental de dicho hundimiento obliga a cambiar proyectos y programas de inversión, obliga a buscar nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable alejadas de la superficie urbanizada y provoca restricciones en el consumo de ese elemento vital para el desenvolvimiento del Distrito Federal.

Existen pruebas suficientes para confirmar que la causa principal del hundimiento es la exhaustiva explotación de los acuíferos dentro de la ciudad; en 1954 se suspende el programa de perforación de pozos y es decretada la veda correspondiente, en todo el Valle de México.

Los más de 5000 pozos que operan en el Valle de México y que extraen cerca de 45 m³ por segundo de agua del subsuelo, provocan hundimientos de entre 20 y 40 centímetros por año, algo que va reduciendo la eficacia del drenaje profundo.

DRENAJE

El Sistema de Drenaje Profundo cuenta en la actualidad con más de 100 Km. de interceptores, además de los 50 Km. del Emisor Profundo. El objetivo fundamental del sistema es evitar la ocurrencia de inundaciones que causen daños directos a la vida de la población ó sus bienes, así como daños indirectos por la afectación al desarrollo normal de las actividades humanas. La mayoría de ríos que cruzan la zona urbana han sido entubados para evitar el contacto de la población con las aguas negras.

El Gran Canal del Desagüe recibe directamente las descargas de toda la zona urbana situada al oriente de la ciudad y al norte del río Churubusco, con el agravante de que, por el hundimiento de la ciudad, dichas descargas tienen que efectuarse mediante bombes pues la pendiente de este ducto es prácticamente nula ó se invierte. El sistema de desagüe y eliminación de aguas negras se disloca por la alteración de sus pendientes y es causa de inundaciones en distintas zonas de la urbe.

SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO

Como parte de la ampliación de la red del Sistema de Transporte Colectivo Metro de la ciudad de México, a finales de la década de los 70 y principios de los 80, se realizó la construcción de la Línea 4. Esta línea tiene la particularidad que 9.15 Km. de los 10.40 Km. con que cuenta la totalidad de su longitud, es elevada. Tiene su recorrido de norte a Sur y se localiza al oriente de la ciudad de México. Los tramos elevados de la Línea 4 se encuentran ubicados, desde el punto de vista estratigráfico, en la denominada Zona de Lago, de acuerdo con la zonificación existente para la ciudad de México. El comportamiento general de esta línea

ha sido satisfactorio ante cargas estáticas y sísmicas, mostrando una respuesta aceptable de los apoyos, aun durante los sismos de 1985. El hundimiento regional del Valle de México repercute en la línea. Este fenómeno, es causado por las perdidas de presión hidrostática que se presenta en el subsuelo por efectos de la extracción de agua que se hace en la ciudad y por aumento de sobrecargas a los mantos compresibles debido al desmedido crecimiento de la zona urbana.

La línea 1 del metro es otra línea involucrada en la zona del proyecto entre las estaciones Cuauhtemoc, Sevilla y Chapultepec. En las cuales no se nota alteración alguna en cuanto a movimientos verticales hasta la fecha en la cual se realizó la nivelación de primer orden.

VIALIDADES

Las avenidas por las cuales se hace el recorrido de la línea de nivelación son: FF CC Hidalgo, Congreso de la Unión, Fray Servando Teresa de Mier, Dr. Río de la Loza y Av. Chapultepec. De estas en la que se observa a simple vista el deterioro por hundimiento es en la Av. Congreso de la Unión, ya que las otras no presentan ninguna visible deformación, además de que la Av. Chapultepec está sobre la línea 1 del metro lo que la hace más estable.

A continuación se muestran fotografías recientes de la Av. Congreso de la Unión, la cual presenta deformaciones en la carpeta asfáltica debido al hundimiento de ésta en la mayor parte de la zona de rodamiento excepto en las partes donde descansan las bases del metro elevado puesto que están sobre pilotes. Lo que muestra el movimiento diferencial del terreno y el agrietamiento.



Gráfica VI.3.1 Av. Congreso de la Unión



Gráfica VI.3.2 Deformación de la carpeta asfáltica

VI. CONCLUSIONES

En la presente tesis se ha expuesto de manera puntual cada una de las etapas para la realización de un levantamiento geodésico vertical de primer orden, basándolo en la normatividad que rige dichos trabajos. En cada una de ellas se explican las actividades a realizar tanto en campo como en gabinete, tratando de proporcionar diversas alternativas al Ingeniero Topógrafo y Geodesta que lo llevaran a cumplir con los lineamientos para obtener resultados en un tiempo estimado reduciendo gastos físicos y económicos. Para esto se debe contar con el equipo y personal adecuados con el cual se desarrollen las diversas fases del levantamiento teniendo total conocimiento de la normatividad para evitar que la información recabada se repita ó no cumpla con la tolerancia especificada para cada tramo medido, con lo cual se ahorra tiempo y recursos.

El trabajo en campo, al realizar una nivelación de primer orden, parecerá a simple vista una actividad repetitiva, pero se debe tomar en cuenta la importancia de la precisión en dicho trabajo, por lo cual, la concentración en dichas actividades reducirá al máximo los errores que trae consigo un levantamiento de este tipo.

A la información resultante del levantamiento en campo se le aplican varias correcciones, todas estas son procesadas en conjunto a la información en el programa "Level", el cual da como resultado de la corrida, las elevaciones de cada punto (Bn) de los que consta la línea.

Ésta es la finalidad de la nivelación; a partir de puntos que contengan información de elevación se realizarán levantamientos geodésicos verticales y obtener la elevación de nuevos puntos ó para comparar la elevación de puntos ya medidos y así con las líneas de nivelación desarrollar la red geodésica nacional.

La información validada de los bancos de nivel es utilizada en actividades que realizan los sectores público y privado en las áreas de cartografía, ingeniería, geodesia e investigación, entre otros.

A P É N D I C E S

APÉNDICE 1 Captura de información (libreta de campo)

DETERMINACION DE C

Línea ATZACOTALCO - CHARULETEPEC
 Sección Tramo 641002 / 641003
 Observador N. COETES G. Anotador R. Palacios G.

Hoja No. 3

Instrumento WILD N°3 390914
 Fecha 16 Julio 2001 Hora 9:15
 Estado Atmosférico Despejado

P.V.	LECTURAS CERCANAS	MICROMETRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
A	1496	909	146909	36	72
	1460			36	
	1424			35	
B	1495	631	146631	35	70
	1460			35	
	1425			35	
SUMA			2935.90		142
Suma Corregida			2930.90		
Resta A			+ 5.00		

No. DE MIRA	LECTURAS LEJANAS	MICROMETRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
21248	2379	520	202520	359	718
	2020			359	
	1661			358	
21257	1258	600	090600	358	716
	0900			358	
	0592			358	
SUMA			2931.20		1434
Refacción y Curvatura			- 0.80		
Suma Corregida			2930.90		
Suma de intervalos mira cercanas					142
Resta B					1292

$$C = \frac{A}{B} = \frac{+ 5.00}{1292} = 0.003$$

CALCULO R. Palacios G.

C No debe exceder de 0.004

OPERACIONES

DETERMINACION DE C

Línea ARRIUNDO - SAN CARLOS
 Sección ARRIUNDO - SAN CARLOS Tramo SAN CARLOS - SAN CARLOS
 Observador J.V.A. Andador N.S.B.

P.V.	LECTURAS CERCANAS	MICROMETRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
A	1494	661	144661	54	108
	1440			54	
	1386			54	
B	1404	466	135466	54	108
	1350			54	
	1296			54	
SUMA			280127		216
Suma Corregida			280438		
Resta A			- 311		

OPERACIONES

Instrumento 01170 03 290914 HOJA No. 4
 Fecha 18.05.2001 Hora 9:00
 Estado Atmosférico Despejado

No. DE MIRA	LECTURAS LEJANAS	MICROMETRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
21248	1092	524	084524	252	504
	0840			252	
	0588			252	
21257	2202	454	195954	252	504
	1950			252	
	1698			252	
SUMA			280438		1008
Reflexión y Curvatura			- 0.40		
Suma Corregida			280438		
Suma de intervalos mira cercana					216
Resta B					392

$$C = \frac{A}{B} = \frac{-3.11}{392} = -0.003$$

CALCULO N.S.B.

C No debe exceder de 0.004

Linea ARRANCOS - ARRANCOS
 Seccion ARRANCOS - ARRANCOS
 Tramo ARRANCOS - ARRANCOS
 Observador J.G.A. Anotador N.L.F.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01	914	1524				
02	64102	1310	049	131049	234	49.29
03		1076			234	468
04						
05		4320	614	437614		
06						
07	91	1764				
08	911	1910	523	191523	254	53.20
09		1256			254	508
10						976
11		4530	093	453093		
12						
13		1486				
14	913	1900	263	139263	096	17.87
15		1294			096	192
16						1168
17		4400	830	440830		
18						
19		1757				
20	914	1550	619	155619	207	43.08
21		1343			207	414
22						1582
23		4570	194	457194		
24						
25						

Instrumento W110 153 300914
 Fecha 16 - Julio - 2001 Hora 9:20
 Estado Atmosferico DESNUBADO Nivelación de 102
BOX - VETIN

HORA 13

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01	21248	1827				
02		1590	342	159342	237	49.27
03		1353			237	474
04						
05		4600	888	460888		
06						
07		1242				
08		1490	859	149859	252	53.42
09		1238			252	504
10						978
11		4510	388	451388		
12						
13		1567				
14		1470	556	147556	097	18.14
15		1379			097	194
16						1172
17		4490	091	449091		
18						
19		1497				
20		1290	310	129710	207	43.08
21		1083			207	414
22						1582
23		4310	253	431253		
24						
25						

Linea XXXXXXXXXXXXXXX
 Seccion XXXXXXXXXXXXXXX
 Observador V.A.

Tamo 900
 Andador N.O.A.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						1582
02		1098				
03	915	0920	506	092506	106	20.09
04		0814			106	212
05						1794
06		3940	062	394062		
07						
08		1343				
09	916	1230	434	123434	113	21.68
10		1117			113	226
11						2020
12		4240	986	424986		
13						
14		1353				
15	917	1110	999	111999	243	51.34
16		0867			243	486
17						2506
18		4130	543	413573		
19						
20		1424				
21	918	1120	176	112176	254	53.90
22		0916			254	508
23						3014
24		4180	692	418692		
25						

Instrumento WILD N3 390914
 Fecha 10 Julio 2001
 Estado Atmosferico Despejado
 Hora 10:08
 Nivelacion de 100
 (M - METRO)

HORA 14

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						1586
02		1346				
03		1240	351	124351	106	20.09
04		1134			106	212
05						1798
06		4250	922	425922		
07						
08		1520				
09		1410	032	141032	110	21.02
10		1300			110	220
11						2018
12		4420	605	442605		
13						
14		1262				
15		1020	005	102005	242	51.12
16		0778			242	484
17						2502
18		4030	595	403595		
19						
20		1664				
21		1410	290	141290	254	53.90
22		1156			254	508
23						3010
24		4420	868	442868		
25						

Linea ATMOSFERICO - CHIMENEAS

Seccion 902 91000 - 9141005

Tramo 902 91000 - 9141005

Observador J. G. B. Anclador J. G. B.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						3014
02		1434				
03	9109	1190	229	119729	247	51.59
04		0946			247	488
05						3502
06		9210	319	421319		
07						
08		1946				
09	9110	1690	996	169996	256	54.32
10		1434			256	512
11						4014
12		4210	532	421532		
13						
14		1462				
15	9111	1210	129	121129	252	53.42
16		0958			252	504
17						4518
18		4220	623	422623		
19						
20		1297				
21	9112	1050	380	105380	247	52.23
22		0805			247	494
23						5012
24		4066	929	406929		
25						

HORA 15

Instrumento 01129 03 909914

Fecha 15. 10.10. 2001 Hora 10:35

Estado Atmosferico Despejado Nivelación de 100

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						3010
02		1287				
03		1640	652	104652	247	52.23
04		0793			247	494
05						3509
06		4060	176	406176		
07						
08		1945				
09		1690	116	169116	255	54.11
10		1435			255	510
11						4014
12		4700	676	470676		
13						
14		1470				
15		1220	354	122354	250	52.95
16		0930			250	500
17						4514
18		4250	892	425892		
19						
20		1207				
21		0960	181	096181	247	52.23
22		0713			247	494
23						5008
24		3970	758	397758		
25						

Linea XXXXXXXXXX Tramo XXXXXXXXXX

Seccion XXXXXXXXXX Antelador XXXXXXXXXX

Observador J.M.A.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						5012
02		1572				
03	RL13	1340	027	134027	232	4882
04		1108			232	464
05						5476
06		4350	576	435576		
07						
08		1072				
09	RL14	6820	510	682510	252	5392
10		0568			252	504
11						5980
12		3840	020	384020		
13						
14		2007				
15	RL15	1740	230	174230	267	5688
16		1473			267	534
17						6514
18		4750	710	475710		
19						
20		1645				
21	RL16	1390	314	139314	255	5411
22		1135			255	510
23						7024
24		4400	862	440862		
25						

HORA 16

Instrumento N1120 N3 2900914

Fecha 19-10-10 1001 Hora 11:10

Estado Atmosferico 2900990 Nivelacion de 100 (m-vert)

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						5008
02		1516				
03		1280	632	128632	236	4971
04		1044			236	472
05						5480
06		4300	154	430154		
07						
08		1687				
09		1430	206	143206	257	5457
10		1173			257	514
11						5994
12		4440	796	444796		
13						
14		1688				
15		1420	148	142148	268	5710
16		1152			268	536
17						6530
18		4930	673	493673		
19						
20		2014				
21		1760	463	176463	254	5390
22		1506			254	508
23						7038
24		4770	998	477998		
25						

Linea ALMACENAMIENTO - SINGAPORE
 Seccion GRUPO AERONAVES - PASAJEROS
 Tramo GRUPO AERONAVES - PASAJEROS
 Observador D. S. A. Anotador D. S. A.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						7024
02		1750				
03	PL 17	1490	318	149318	260	55.26
04		1230			260	520
05						7544
06		4500	866	450866		
07						
08		1340				
09	PL 18	1090	483	109483	250	52.95
10		0840			250	500
11						8044
12		4110	015	411015		
13						
14		1734				
15	PL 19	1460	894	146894	274	58.51
16		1186			274	548
17						8592
18		4980	408	498408		
19						
20		1371				
21	PL 20	1090	049	109049	281	60.08
22		0809			281	562
23						9154
24		4100	664	410664		
25						

Instrumento 10110 N3 30014
 Fecha 16. Julio. 2001
 Hora 11:35
 Estado Atmosferico DESPEJADO
 Nivelacion de 109 (m - altura)

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						7038
02		1539				
03		1280	083	128083	259	55.05
04		1021			259	519
05						7556
06		4290	605	429605		
07						
08		1302				
09		1050	022	105022	252	53.42
10		0798			252	504
11						8060
12		4060	562	406562		
13						
14		1982				
15		1710	640	171640	272	58.03
16		1438			272	544
17						8604
18		4730	190	473190		
19						
20		1538				
21		1260	652	126652	278	59.41
22		0982			278	556
23						9160
24		4280	217	428217		
25						

HORA 17

Linea 11113-21

Seccion 11113-21 Tamo 11113-21
 Observador 11113-21 Anotador 11113-21

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						9154
02		1663				
03	1121	1400	533	1405333	263	55.94
04		1137			263	526
05						9680
06		4420	050	442050		
07						
08		1846				
09	1122	1640	201	164201	206	42.82
10		1434			206	412
11						10092
12		4650	249	465249		
13						
14		1405				
15	1123	1490	841	149841	215	44.90
16		0975			215	430
17						10522
18		4210	379	421379		
19						
20		1544				
21	1124	1500	597	150597	044	6.77
22		1456			044	088
23	PNR					10610
24	641003	4520	143	452143		
25						1113.21

HORA 18

Instrumento 11113-21 Fecha 10-2000-2001 Hora 12:10
 Estado Atmosferico 55480000 Nivelacion de 100-1000

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						9160
02		1312				
03		1450	647	145647	262	55.72
04		1188			262	524
05						9684
06		4470	177			
07						
08		1648				
09		1490	461	149461	208	43.28
10		1232			208	416
11						10100
12		4460	042	446042		
13						
14		1815				
15		1608	740	160740	215	44.90
16		1385			215	430
17						10530
18		4620	299	462299		
19						
20		1455				
21		1410	611	141611	045	6.92
22		1365			045	090
23						10620
24	21248	4430	158	443158		
25						1114.35

Linea ATZACAUACO-CHAPULTPEC

Seccion 641003-641002 Tramo 641003-641002
 Observador J. GONZALEZ A. Anotador R. Palacios G.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01	BNP	1503				
02	641003	1370	668	137668	133	2613
03		1237			133	266
04						
05		4390	168	439168		
06						
07		1760				
08	PL2	1490	606	149606	270	57.56
09		1220			270	570
10						806
11		4510	159	451159		
12						
13		1712				
14	PL3	1460	815	146815	252	53.72
15		1208			252	504
16						1310
17		4480	365	448365		
18						
19		2032				
20	PL4	1790	159	179159	242	51.12
21		1548			242	484
22						1794
23		4800	732	480732		
24						
25						

HORA 19

Instrumento WILD N3 390914
 Fecha 18 Julio 2001 Hora 9:23
 Estado Atmosferico DESPEJADO Nivelacion de VOLETA

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01		1331				
02	21248	1200	413	120413	131	25.71
03		1064			131	262
04						
05		4210	963	421963		
06						
07		1854				
08		1590	381	159381	264	56.20
09		1326			264	528
10						790
11		4600	885	460885		
12						
13		1889				
14		1640	240	164240	249	52.74
15		1391			249	498
16						1288
17		4650	770	465770		
18						
19		1550				
20		1300	901	130901	250	52.95
21		1050			250	500
22						1788
23		4320	423	432423		
24						
25						

Linea ATZACOTALCO-CHAPULTEPEC
 Seccion 641003-641002
 Observador J. Gonzalez A. Anotador Z. Balboa G.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						1794
02		1318				
03	PLS	1070	660	107660	248	5249
04		0822			248	496
05						2290
06		4090	194	409194		
07						
08		1200				
09	PL6	0440	103	044103	260	5526
10		0680			260	520
11						2810
12		3950	654	395654		
13						
14		2026				
15	PL7	1390	123	139123	236	4931
16		1554			236	472
17						3282
18		4800	672	480672		
19						
20		1697				
21	PL8	1440	388	144388	257	5157
22		1183			257	514
23						3416
24						
25						

Instrumento WILD N3 310914
 Fecha 18 Julio 2001 Hora 10:00
 Estado Atmosferico Despejado Nivelación de Uwelta
 (m - METR)

HORA

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						1788
02		0930				
03		0690	948	069948	240	5065
04		0450			240	480
05						2268
06		3710	468	371468		
07						
08		1702				
09		1430	636	143636	272	5803
10		1158			272	544
11						2612
12		4450	177	445177		
13						
14		1917				
15		1680	466	168466	237	4997
16		1443			237	474
17						3286
18		4700	043	470043		
19						
20		1375				
21		1120	911	112911	255	5411
22		0865			255	510
23						3796
24		4140	442	414442		
25						

Linea ATACADILCO-CHAPULTEPEC

Seccion Tramo 641003-641002

Observador J. Gonzalez A. Anotador R. Palacios G.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						3796
02		1693				
03	Pl.9	1940	572	199572	253	53.64
04		1187			253	506
05						4302
06		4460	122	446122		
07						
08		1402				
09	Pl.10	1180	581	118581	222	46.53
10		0958			222	444
11						4746
12		4200	134	420134		
13						
14		1886				
15	Pl.11	1640	360	164360	246	52.01
16		1394			246	492
17						5238
18		4650	886	465886		
19						
20		1788				
21	Pl.12	1570	345	157345	218	45.58
22		1352			218	436
23						5674
24		4580	852	458852		
25						

Instrumento UJLD N.º 390914

Fecha 18 Julio 2001 Hora 10:30

Estado Atmosferico Despejado Niveles de Umefra
(mm-Hg)

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						3796
02		1660				
03		1410	999	141999	250	52.95
04		1160			250	500
05						4296
06		4430	521	443521		
07						
08		1828				
09		1600	366	160366	228	49.89
10		1372			228	456
11						4752
12		4610	905	461905		
13						
14		1967				
15		1720	472	172472	247	52.29
16		1473			247	494
17						5246
18		4740	013	474013		
19						
20		1469				
21		1250	056	125056	219	45.81
22		1031			219	438
23						5684
24		4260	568	426568		
25						

HORA

22

Línea AT290091CO-CHAPULTEPEC

Sección Tramo 641003-641002

Observador J. González A. Anotador R. Palacios G.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						5674
02		1898				
03	PL13	1650	718	165718	248	52.49
04		1402			248	496
05						6170
06		4670	256	467256		
07						
08		1950				
09	PL14	1730	204	173204	220	46.05
10		1510			220	490
11						6610
12		4740	741	474741		
13						
14		1796				
15	PL15	1550	047	155047	246	51.80
16		1306			244	490
17						7100
18		4560	555	456555		
19						
20		1250				
21	PL16	1130	904	113904	120	23.26
22		1010			120	240
23						
24		4150	455	415455		7340
25						

Instrumento LULO N3 390914

Fecha 18 Julio 2001 Hora 11:00

Estado Atmosférico Despejado Nivelación de UICETA

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						5684
02		1666				
03		1420	954	142954	246	52.01
04		1174			246	492
05						6176
06		4440	505	444505		
07						
08		1807				
09		1590	463	159463	217	45.38
10		1373			217	434
11						6610
12		4600	999	460999		
13						
14		1646				
15		1400	018	140018	246	52.01
16		1154			246	492
17						7102
18		4410	524	441524		
19						
20		1869				
21		1750	184	175184	119	23.07
22		1631			119	238
23						7340
24		4760	741	476741		
25						

Línea ATZACACALCO - CHAPULTEPEC

Sección Tramo 641003 - 641002

Observador J. González A. Anotador R. Palacios G.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						7340
02		1930				
03	PL13	1700	153	170153	230	48.35
04		1470			230	460
05						7800
06		4710	689	471689		
07						
08		1836				
09	PL18	1590	263	159263	246	52.01
10		1344			246	492
11						8292
12		4600	781	460781		
13						
14		1818				
15	PL19	1610	518	161518	208	43.28
16		1402			208	416
17						8308
18		4630	032	463032		
19						
20		1637				
21	PL20	1600	332	160332	37	5.34
22		1563			37	74
23						8782
24		4610	880	461880		
25						

HORA

Instrumento WILCO N3 390914

Fecha 18 Julio 2001 Hora 11:33

Estado Atmosférico Despejado Nivelación de Uzeta

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						7340
02		1682				
03		1450	944	145944	232	48.82
04		1218			232	464
05						7804
06		4470	569	447569		
07						
08		1897				
09		1650	707	165707	247	52.27
10		1405			247	494
11						8298
12		4670	245	467245		
13						
14		1665				
15		1460	918	146918	205	42.61
16		1295			205	410
17						8308
18		4480	454	448454		
19						
20		1377				
21		1340	752	134752	37	5.34
22		1303			37	74
23						8782
24		4360	302	436302		
25						

Linea ATZACCOALCO-CAAPULTEPEC

Seccion Tramo 641003-641002

Observador J. Gonzalez A. Anotador R. Palacios G.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						8782
02		1540				
03	PL21	1440	856	144856	100	18.79
04		1340			100	200
05						8982
06		4460	392	446392		
07						
08		1672				
09	PL22	1470	401	147901	202	41.93
10		1268			202	404
11						9386
12		4490	418	449418		
13						
14		1771				
15	PL23	1520	301	152301	251	53.16
16		1269			251	502
17						9888
18		4530	889	453889		
19						
20		1585				
21	PL24	1350	278	135278	235	49.50
22		1115			235	470
23						10356
24		4360	822	436822		
25						

HORA

24

Instrumento WILD N3 390914

Fecha 18 Julio 2001 Hora 12:00

Estado Atmosferico Despejado Nivelacion de UDELTA

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						8782
02		1238				
03		1140	003	114003	98	18.32
04		1042			98	196
05						8978
06		4150	554	415554		
07						
08		1940				
09		1750	908	175908	190	34.17
10		1560			190	380
11						9358
12		4770	447	477447		
13						
14		1662				
15		1400	261	140261	262	55.72
16		1138			262	524
17						9882
18		4410	800	441800		
19						
20		1319				
21		1080	026	108026	239	50.44
22		0841			239	478
23						10360
24		4090	548	409548		
25						

Linea ATzacualco-CHAPULTEPEC

Seccion Tramo 641003-641002

Observador J. Gonzalez A. Anotador R. Palacios G.

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						10358
02		1283				
03	P. 25	1210	540	121540	73	12.83
04		1137			73	146
05						10504
06		4230	093	423093		
07						
08		1384				
09	P. 26	1350	002	135002	34	4.77
10		1316			34	68
11	EMP					10572
12		4360	558	436558		
13						1101.58
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

Instrumento WILD N13 340914

Fecha 18 Julio 2001 Hora 12:45

Estado Atmosferico Despejado Nivelacion de Vegeta

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						10360
02		1276				
03		1200	413	120413	76	1346
04		1124			76	152
05						10512
06		4210	969	421969		
07						
08		1401				
09		1370	492	137492	31	4.08
10		1339			31	62
11	4					10574
12	21248	4390	048	439048		
13						1102.01
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

APÉNDICE 2 Captura de información en formato Excel.

LINEA: ATZACOALCO - CHAPULTEPEC															
SECCION: 641002 - 641003				INSTRUMENTO:				WILD N3 390914		MIRA:					
LIBRETA: 2		HOJA: 13 - 18		FECHA: 16 DE JULIO 2001		HORA: 09:20									
OBSERVADOR: JOSE GONZALEZ ABAD				ANOTADOR:		NATIVIDAD CORTES									
ESTADO ATMOSFERICO: DESPEJADO				NIVELACION DE: IDA											
ATRÁS							ADELANTE								
ESTACION	LECTURAS	MICRO	SUMA	INTER.	SUMA	S. A.	DIST.	LECTURAS	MICRO	SUMA	INTER.	SUMA	S. A.	DIST.	
641002	H. SUP.	1544						H. SUP.	1827						
	H. MED.	1310	49	131049		234		H. MED.	1590	342	159342		237		
	H. INF.	1076				234	468	468	H. INF.	1353			237	474	474
	H. MED.	4320	614	432614	301565		49.3	H. MED.	4600	888	460888	301546		50.0	
2	H. SUP.	1764						H. SUP.	1742						
	H. MED.	1510	520	151520		254		H. MED.	1490	859	149859		252		
	H. INF.	1256				254	508	976	H. INF.	1238			252	504	978
	H. MED.	4530	93	453093	301573		53.9	H. MED.	4510	388	451388	301529		53.4	
3	H. SUP.	1486						H. SUP.	1567						
	H. MED.	1390	263	139263		96		H. MED.	1470	556	147556		97		
	H. INF.	1294				96	192	1168	H. INF.	1374			96	193	1171
	H. MED.	4400	830	440830	301567		17.9	H. MED.	4490	91	449091	301535		18.0	
4	H. SUP.	1757						H. SUP.	1497						
	H. MED.	1550	619	155619		207		H. MED.	1290	710	129710		207		
	H. INF.	1344				206	413	1581	H. INF.	1083			207	414	1585
	H. MED.	4570	194	457194	301575		43.0	H. MED.	4310	253	431253	301543		43.1	
5	H. SUP.	1026						H. SUP.	1346						
	H. MED.	920	506	92506		106		H. MED.	1240	351	124351		106		
	H. INF.	814				106	212	1793	H. INF.	1134			106	212	1797
	H. MED.	3940	62	394062	301556		20.1	H. MED.	4250	922	425922	301571		20.1	
6	H. SUP.	1343						H. SUP.	1520						
	H. MED.	1230	434	123434		113		H. MED.	1410	32	141032		110		
	H. INF.	1117				113	226	2019	H. INF.	1300			110	220	2017
	H. MED.	4240	986	424986	301552		21.7	H. MED.	4420	605	442605	301573		21.0	
7	H. SUP.	1353						H. SUP.	1262						
	H. MED.	1110	999	111999		243		H. MED.	1020	5	102005		242		
	H. INF.	867				243	486	2505	H. INF.	778			242	484	2501
	H. MED.	4130	543	413543	301544		51.3	H. MED.	4030	595	403595	301590		51.1	
8	H. SUP.	1424						H. SUP.	1664						
	H. MED.	1170	176	117176		254		H. MED.	1410	290	141290		254		
	H. INF.	916				254	508	3013	H. INF.	1156			254	508	3009
	H. MED.	4180	692	418692	301516		53.9	H. MED.	4420	868	442868	301578		53.9	
9	H. SUP.	1434						H. SUP.	1287						
	H. MED.	1190	779	119779		244		H. MED.	1040	652	104652		247		
	H. INF.	946				244	488	3501	H. INF.	793			247	494	3503
	H. MED.	4210	319	421319	301540		51.6	H. MED.	4060	176	406176	301524		52.3	
10	H. SUP.	1946						H. SUP.	1945						
	H. MED.	1690	996	169996		256		H. MED.	1690	116	169116		255		
	H. INF.	1434				256	512	4013	H. INF.	1435			255	510	4013
	H. MED.	4710	532	471532	301536		54.3	H. MED.	4700	676	470676	301560		54.1	

11	H. SUP.	1462							H. SUP.	1470								
	H. MED.	1210	129	121129		252			H. MED.	1220	334	122334		250				
	H. INF.	958				252	504	4517	H. INF.	970				250	500	4513		
						0								0				
H. MED.	4220	673		422673	301544			53.4	H. MED.	4230	892		423892	301558			53.0	
12	H. SUP.	1297							H. SUP.	1207								
	H. MED.	1050	380	105380		247			H. MED.	960	181	96181		247				
	H. INF.	803				247	494	5011	H. INF.	713				247	494	5007		
						0								0				
H. MED.	4060	929		406929	301549			52.3	H. MED.	3970	758		397758	301577			52.3	
13	H. SUP.	1572							H. SUP.	1516								
	H. MED.	1340	27	134027		232			H. MED.	1280	632	128632		236				
	H. INF.	1108				232	464	5475	H. INF.	1045				235	471	5478		
						0								1				
H. MED.	4350	576		435576	301549			48.8	H. MED.	4300	154		430154	301522			49.6	
14	H. SUP.	1072							H. SUP.	1687								
	H. MED.	820	510	82510		252			H. MED.	1430	206	143206		257				
	H. INF.	568				252	504	5979	H. INF.	1173				257	514	5992		
						0								0				
H. MED.	3840	20		384020	301510			53.4	H. MED.	4440	796		444796	301590			54.6	
15	H. SUP.	2007							H. SUP.	1688								
	H. MED.	1740	230	174230		267			H. MED.	1420	148	142148		268				
	H. INF.	1473				267	534	6513	H. INF.	1152				268	536	6528		
						0								0				
H. MED.	4750	790		475790	301560			56.9	H. MED.	4430	673		443673	301525			57.1	
16	H. SUP.	1645							H. SUP.	2014								
	H. MED.	1390	314	139314		255			H. MED.	1760	463	176463		254				
	H. INF.	1135				255	510	7023	H. INF.	1506				254	508	7036		
						0								0				
H. MED.	4400	862		440862	301548			54.1	H. MED.	4770	998		477998	301535			53.9	
17	H. SUP.	1750							H. SUP.	1539								
	H. MED.	1490	318	149318		260			H. MED.	1280	83	128083		259				
	H. INF.	1230				260	520	7543	H. INF.	1021				259	518	7554		
						0								0				
H. MED.	4500	866		450866	301548			55.3	H. MED.	4290	605		429605	301522			55.0	
18	H. SUP.	1340							H. SUP.	1302								
	H. MED.	1090	483	109483		250			H. MED.	1050	22	105022		252				
	H. INF.	840				250	500	8043	H. INF.	798				252	504	8058		
						0								0				
H. MED.	4110	15		411015	301532			53.0	H. MED.	4060	562		406562	301540			53.4	
19	H. SUP.	1734							H. SUP.	1982								
	H. MED.	1460	894	146894		274			H. MED.	1710	640	171640		272				
	H. INF.	1186				274	548	8591	H. INF.	1438				272	544	8602		
						0								0				
H. MED.	4480	408		448408	301514			58.5	H. MED.	4730	190		473190	301550			58.0	
20	H. SUP.	1371							H. SUP.	1538								
	H. MED.	1090	49	109049		281			H. MED.	1260	652	126652		278				
	H. INF.	809				281	562	9153	H. INF.	982				278	556	9158		
						0								0				
H. MED.	4100	604		410604	301555			60.1	H. MED.	4280	217		428217	301565			59.4	
21	H. SUP.	1662							H. SUP.	1712								
	H. MED.	1400	533	140533		262			H. MED.	1450	647	145647		262				
	H. INF.	1137				263	525	9678	H. INF.	1188				262	524	9682		
						-1								0				
H. MED.	4420	50		442050	301517			55.8	H. MED.	4470	177		447177	301530			55.7	
22	H. SUP.	1846							H. SUP.	1648								
	H. MED.	1640	201	164201		206			H. MED.	1440	461	144461		208				
	H. INF.	1434				206	412	10090	H. INF.	1232				208	416	10098		
						0								0				
H. MED.	4650	749		465749	301548			42.8	H. MED.	4460	42		446042	301581			43.3	

23	H. SUP.	1405								H. SUP.	1815						
	H. MED.	1190	841	119841		215				H. MED.	1600	740	160740		215		
	H. INF.	975				215	430	10520		H. INF.	1385				215	430	10528
	H. MED.	4210	373		421373	301532			44.9	H. MED.	4620	299		462299	301559		

641003	H. SUP.	1544								H. SUP.	1455						
	H. MED.	1500	597	150597		44				H. MED.	1410	611	141611		45		
	H. INF.	1456				44	88	10608		H. INF.	1365				45	90	10618
	H. MED.	4520	143		452143	301546			6.7	H. MED.	4430	158		443158	301547		

SUMA ESCALA "A"	3158847
SUMA ESCALA "B"	10395923
DISTANCIA ATRÁS m	1112.90

SUMA ESCALA "A"	3301733
SUMA ESCALA "B"	10538983
DISTANCIA ADELANTE m	1114.04

DESNIVEL DE LA SECCION (ESCALA "A")	-1.42886
DESNIVEL DE LA SECCION (ESCALA "B")	-1.43060
DISTANCIA DE LA SECCION EN Km.	2.23
DIFERENCIA ESTADIMETRICA EN mm	-10

LINEA:	ATZACOALCO - CHAPULTEPEC													
SECCION:	641003 - 641002			INSTRUMENTO:				WILD N3 390914		MIRA:				
LIBRETA:	2		HOJA:		19 - 25			FECHA:		18 DE JULIO 2001		HORA:		09:23
OBSERVADOR:	JOSE GONZALEZ ABAD							ANOTADOR:		ROLANDO PALACIOS				
ESTADO ATMOSFERICO:	DESPEJADO							NIVELACION DE:		VUELTA				

ATRÁS								ADELANTE							
ESTACION	LECTURAS	MICRO	SUMA	INTER.	SUMA	S. A.	DIST.	LECTURAS	MICRO	SUMA	INTER.	SUMA	S. A.	DIST.	

641003	H. SUP.	1503						H. SUP.	1331						
	H. MED.	1370	668	137668		133		H. MED.	1200	413	120413		131		
	H. INF.	1237				133	266	266	H. INF.	1069			131	262	262
						0							0		
	H. MED.	4390	168	439168	301500		26.2	H. MED.	4210	963	421963	301550		25.7	

2	H. SUP.	1760						H. SUP.	1854						
	H. MED.	1490	606	149606		270		H. MED.	1590	381	159381		264		
	H. INF.	1220				270	540	806	H. INF.	1326			264	528	790
						0							0		
	H. MED.	4510	159	451159	301553		57.6	H. MED.	4600	885	460885	301504		56.2	

3	H. SUP.	1712						H. SUP.	1889						
	H. MED.	1460	815	146815		252		H. MED.	1640	240	164240		249		
	H. INF.	1208				252	504	1310	H. INF.	1391			249	498	1288
						0							0		
	H. MED.	4480	365	448365	301550		53.4	H. MED.	4650	770	465770	301530		52.7	

4	H. SUP.	2032						H. SUP.	1550						
	H. MED.	1790	159	179159		242		H. MED.	1300	901	130901		250		
	H. INF.	1548				242	484	1794	H. INF.	1050			250	500	1788
						0							0		
	H. MED.	4800	732	480732	301573		51.1	H. MED.	4320	423	432423	301522		53.0	

5	H. SUP.	1318						H. SUP.	930						
	H. MED.	1070	660	107660		248		H. MED.	690	948	69948		240		
	H. INF.	822				248	496	2290	H. INF.	450			240	480	2268
						0							0		
	H. MED.	4090	194	409194	301534		52.5	H. MED.	3710	468	371468	301520		50.7	

6	H. SUP.	1200						H. SUP.	1702						
	H. MED.	940	103	94103		260		H. MED.	1430	636	143636		272		
	H. INF.	680				260	520	2810	H. INF.	1158			272	544	2812
						0							0		
	H. MED.	3950	654	395654	301551		55.3	H. MED.	4450	179	445179	301543		58.0	

7	H. SUP.	2026						H. SUP.	1917						
	H. MED.	1790	123	179123		236		H. MED.	1680	466	168466		237		
	H. INF.	1554				236	472	3282	H. INF.	1443			237	474	3286
						0							0		
	H. MED.	4800	672	480672	301549		49.7	H. MED.	4700	43	470043	301577		50.0	

8	H. SUP.	1697						H. SUP.	1375						
	H. MED.	1440	388	144388		257		H. MED.	1120	911	112911		255		
	H. INF.	1183				257	514	3796	H. INF.	865			255	510	3796
						0							0		
	H. MED.	4450	907	445907	301519		54.6	H. MED.	4140	442	414442	301531		54.1	

9	H. SUP.	1693						H. SUP.	1660						
	H. MED.	1440	572	144572		253		H. MED.	1410	999	141999		250		
	H. INF.	1187				253	506	4302	H. INF.	1160			250	500	4296
						0							0		
	H. MED.	4460	122	446122	301550		53.6	H. MED.	4430	521	443521	301522		53.0	

10	H. SUP.	1402						H. SUP.	1828						
	H. MED.	1180	581	118581		222		H. MED.	1600	366	160366		228		
	H. INF.	958				222	444	4746	H. INF.	1372			228	456	4752
						0							0		
	H. MED.	4200	134	420134	301553		46.5	H. MED.	4610	905	461905	301539		47.9	

11	H. SUP.	1886								H. SUP.	1967								
	H. MED.	1640	360	164360		246				H. MED.	1720	472	172472		247				
	H. INF.	1394				246	492	5238		H. INF.	1473				247	494	5246		
	H. MED.	4650	886		465886	301526			52.0	H. MED.	4740	13		474013	301541				52.3
12	H. SUP.	1788								H. SUP.	1469								
	H. MED.	1570	345	157345		218				H. MED.	1250	56	125056		219				
	H. INF.	1352				218	436	5674		H. INF.	1031				219	438	5684		
	H. MED.	4580	852		458852	301507			45.6	H. MED.	4260	568		426568	301512				45.8
13	H. SUP.	1898								H. SUP.	1666								
	H. MED.	1650	718	165718		248				H. MED.	1420	954	142954		246				
	H. INF.	1402				248	496	6170		H. INF.	1174				246	492	6176		
	H. MED.	4670	256		467256	301538			52.5	H. MED.	4440	505		444505	301551				52.0
14	H. SUP.	1950								H. SUP.	1807								
	H. MED.	1730	204	173204		220				H. MED.	1590	463	159463		217				
	H. INF.	1510				220	440	6610		H. INF.	1373				217	434	6610		
	H. MED.	4740	741		474741	301537			46.1	H. MED.	4600	999		460999	301536				45.4
15	H. SUP.	1796								H. SUP.	1646								
	H. MED.	1550	47	155047		246				H. MED.	1400	18	140018		246				
	H. INF.	1306				244	490	7100		H. INF.	1154				246	492	7102		
	H. MED.	4560	555		456555	301508			51.8	H. MED.	4410	524		441524	301506				52.0
16	H. SUP.	1250								H. SUP.	1869								
	H. MED.	1130	904	113904		120				H. MED.	1750	184	175184		119				
	H. INF.	1010				120	240	7340		H. INF.	1631				119	238	7340		
	H. MED.	4150	455		415455	301551			23.3	H. MED.	4760	741		476741	301557				23.0
17	H. SUP.	1930								H. SUP.	1682								
	H. MED.	1700	153	170153		230				H. MED.	1450	999	145999		232				
	H. INF.	1470				230	460	7800		H. INF.	1218				232	464	7804		
	H. MED.	4710	689		471689	301536			48.4	H. MED.	4470	569		447569	301570				48.8
18	H. SUP.	1836								H. SUP.	1897								
	H. MED.	1590	263	159263		246				H. MED.	1650	707	165707		247				
	H. INF.	1344				246	492	8292		H. INF.	1403				247	494	8298		
	H. MED.	4600	781		460781	301518			52.0	H. MED.	4670	245		467245	301538				52.3
19	H. SUP.	1818								H. SUP.	1665								
	H. MED.	1610	518	161518		208				H. MED.	1460	918	146918		205				
	H. INF.	1402				208	416	8708		H. INF.	1255				205	410	8708		
	H. MED.	4630	32		463032	301514			43.3	H. MED.	4480	454		448454	301536				42.6
20	H. SUP.	1637								H. SUP.	1377								
	H. MED.	1600	332	160332		37				H. MED.	1340	752	134752		37				
	H. INF.	1563				37	74	8782		H. INF.	1303				37	74	8782		
	H. MED.	4610	880		461880	301548			5.3	H. MED.	4360	302		436302	301550				5.3
21	H. SUP.	1540								H. SUP.	1238								
	H. MED.	1440	856	144856		100				H. MED.	1140	3	114003		98				
	H. INF.	1340				100	200	8982		H. INF.	1042				98	196	8978		
	H. MED.	4460	392		446392	301536			18.8	H. MED.	4150	554		415554	301551				18.3

22	H. SUP.	1672							H. SUP.	1940						
	H. MED.	1470	901	147901		202			H. MED.	1750	908	175908		190		
	H. INF.	1268				0	404	9386	H. INF.	1560				0	380	9358
	H. MED.	4490	418		449418	301517			41.9	H. MED.	4770	447		477447	301539	

23	H. SUP.	1771							H. SUP.	1662						
	H. MED.	1520	301	152301		251			H. MED.	1400	261	140261		262		
	H. INF.	1269				0	502	9888	H. INF.	1138				0	524	9882
	H. MED.	4530	889		453889	301588			53.2	H. MED.	4410	800		441800	301539	

24	H. SUP.	1585							H. SUP.	1319						
	H. MED.	1350	278	135278		235			H. MED.	1080	26	108026		239		
	H. INF.	1115				0	470	10358	H. INF.	841				0	478	10360
	H. MED.	4360	822		436822	301544			49.5	H. MED.	4090	548		409548	301522	

25	H. SUP.	1283							H. SUP.	1276						
	H. MED.	1210	540	121540		73			H. MED.	1200	413	120413		76		
	H. INF.	1137				0	146	10504	H. INF.	1124				0	152	10512
	H. MED.	4230	93		423093	301553			12.8	H. MED.	4210	969		421969	301556	

641002	H. SUP.	1384							H. SUP.	1401						
	H. MED.	1350	2	135002		34			H. MED.	1370	492	137492		31		
	H. INF.	1316				0	68	10572	H. INF.	1339				0	62	10574
	H. MED.	4360	538		436538	301536			4.7	H. MED.	4390	48		439048	301556	

SUMA ESCALA "A"	3819397
SUMA ESCALA "B"	11659386
DISTANCIA ATRÁS m	1101.66

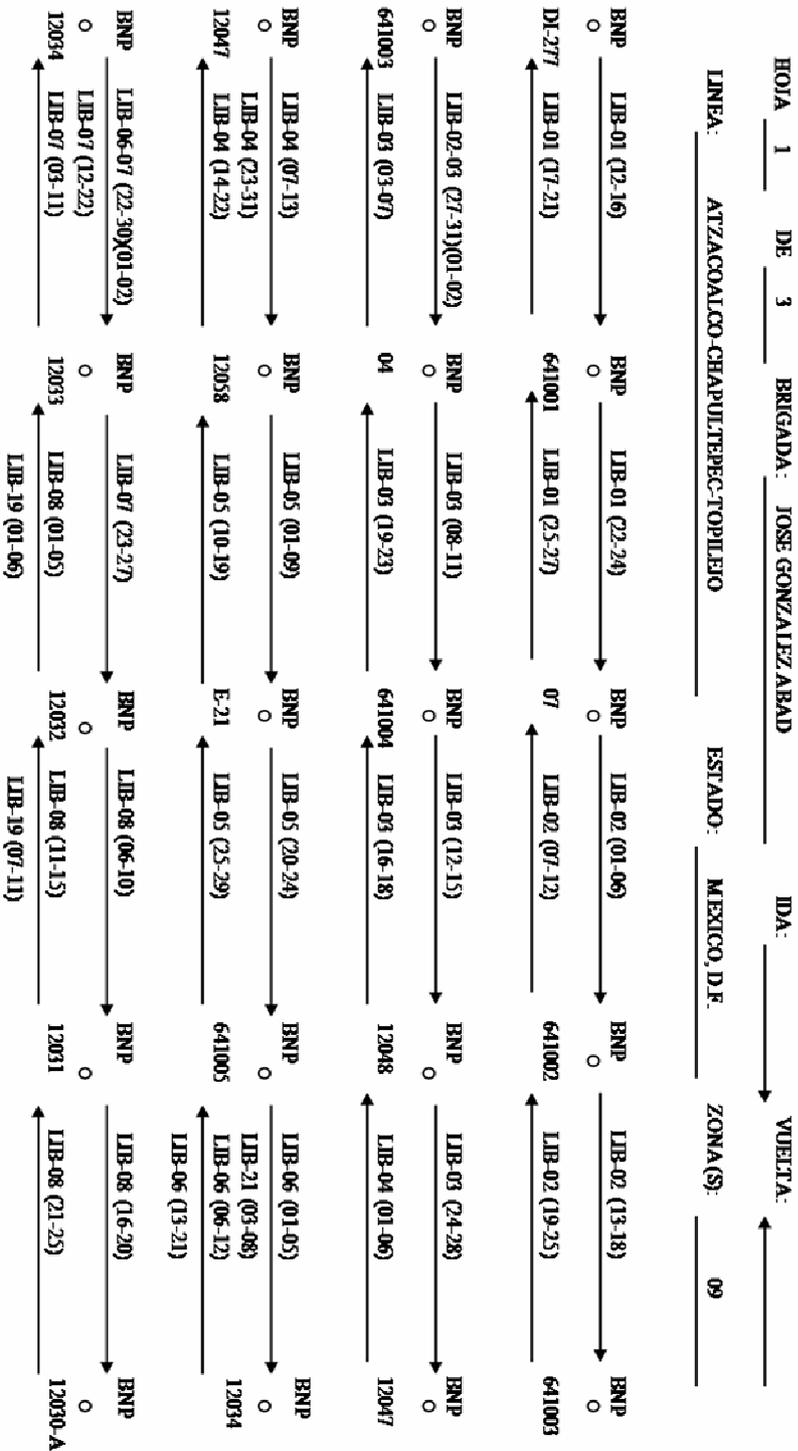
SUMA ESCALA "A"	3676887
SUMA ESCALA "B"	11516885
DISTANCIA ADELANTE m	1102.01

DESNIVEL DE LA SECCION (ESCALA "A")	1.42510
DESNIVEL DE LA SECCION (ESCALA "B")	1.42501
DISTANCIA DE LA SECCION EN Km.	2.20
DIFERENCIA ESTADIMETRICA EN mm	-2

APÉNDICE 3 Formatos para vaciar la Información.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA
 DIRECCIÓN GENERAL DE GEOGRAFÍA
 DEPARTAMENTO DE POSICIONAMIENTO
 COORDINACIÓN DE APOYO VERTICAL

ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA
DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA
DIRECCION DE INFORMACION BASICA
SUBDIRECCION DE GEODESIA
DEPARTAMENTO DE LEVANTAMIENTOS GEODESICOS REGIONALES

EXTRACTO DE NIVELACION

LINEA: ATZACOALCO-CHAPULTEPEC
 ESTADO: MÉXICO, D.F. BRIGADA: JOSÉ GONZÁLEZ ABAD

“IDA”

LIBRETA: 01		HOJAS: 12-16	
HORA: 10:00		FECHA: 28/JUN/01	
TRAMO: BNPDI-277-BNP641001		KM: 1.35	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+	24.89858	-13.60444
	-	38.50302	
B	+	91.23761	-13.60337
	-	104.84098	
			-0.007 C= - 23 D.E.=

LIBRETA: 01		HOJAS: 22-24	
HORA: 9:35		FECHA: 02/JUL/01	
TRAMO: BNP641001-BNP07		KM: 0.91	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+	17.46594	-1.29332
	-	18.75926	
B	+	53.64474	-1.30010
	-	59.94484	
			-0.006 C= -7 D.E.=

LIBRETA: 02		HOJAS: 01-06	
HORA: 11:00		FECHA: 12/JUL/2001	
TRAMO: BNP07-BNP641002		KM: 1.85	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+	33.74423	-0.18505
	-	33.92928	
B	+	106.11561	-0.18582
	-	106.30143	
			-0.008 C= -45 D.E.=

LIBRETA: 02		HOJAS: 13-19	
HORA: 9:20		FECHA: 16/JUL/01	
TRAMO: BNP641002-BNP641003		KM: 2.12	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+	31.58850	-1.42858
	-	33.01708	
B	+	103.95923	-1.43060
	-	105.38983	
			-0.004 C= - 20 D.E.=

LIBRETA: 02-03		HOJAS: 27-31 / 01-02	
HORA: 9:27		FECHA: 19/JUL/01	
TRAMO: BNP641003-BNP04		KM: 1.99	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+	34.57898	+1.15142
	-	33.42756	
B	+	106.94863	+1.13960
	-	105.80903	
			-0.008 C= - 21 D.E.=

“VUELTA”

LIBRETA: 01		HOJAS: 17-21	
HORA: 9:35		FECHA: 29/JUN/01	
TRAMO: BNP641001-BNPDI-277		KM: 1.27	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+	33.77547	+13.60832
	-	20.16715	
B	+	88.05365	+13.60913
	-	74.44452	
			-0.007 C= - 34 D.E.=

LIBRETA: 01		HOJAS: 25-27	
HORA: 10:52		FECHA: 2/JUL/01	
TRAMO: BNP07-BNP641001		KM: 0.87	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+	14.37248	+1.29063
	-	13.08185	
B	+	44.52790	+1.29104
	-	43.23686	
			-0.006 C= - 3 D.E.=

LIBRETA: 02		HOJAS: 07-12	
HORA: 10:38		FECHA: 13/JUL/01	
TRAMO: BNP641002-BNP07		KM: 1.85	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+	30.88197	+0.18912
	-	30.69285	
B	+	97.22042	+0.18882
	-	97.03160	
			-0.007 C= - 10 D.E.=

LIBRETA: 02		HOJAS: 20-26	
HORA: 9:23		FECHA: 18/JUL/01	
TRAMO: BNP641003-BNP641002		KM: 2.11	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+	38.19397	+1.42510
	-	36.76887	
B	+	116.59406	+1.42523
	-	115.16883	
			-0.009 C= - 2 D.E.=

LIBRETA: 03		HOJAS: 03-07	
HORA: 9:10		FECHA: 20/JUL/2001	
TRAMO: BNP04-BNP641003		KM: 1.92	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+	27.76641	-1.14699
	-	28.91340	
B	+	88.07464	-1.15006
	-	89.22470	
			-0.007 C= -7 D.E.=



DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA
DIRECCION DE INFORMACION BASICA
SUBDIRECCION DE GEODESIA
LEVANTAMIENTOS GEODESICOS REGIONALES
RESUMEN DE LA LINEA

LINEA ATZACCOALCO-CHAPULTEPEC

WILDN8

ESTADO

MEXICO, D.F.

ZONA (S) 09

INSTRUMENTO

390914

MIRAS

21248-21267

OBSERVO

JOSÉ GONZÁLEZ ABAD

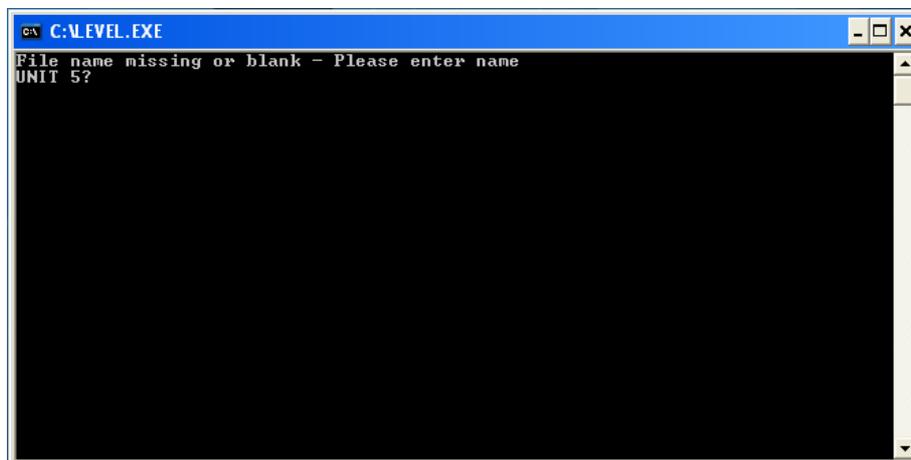
FECHA	HORA	I	SECCION	PARC.	ACUM.	DESNIVELES MTS.		DISCREPANCIA mm	VALOR DE "C"	TEMP. °C	DIF. ESTAD.	OBSERVACIONES
						ESQ. LA A	PROM. ESC. A					
28-Jun	10:00	I	D1277	136								
29-Jun	09:35	V	641001	127	127	+13.60444	13.60638	+3.88	3.88	-0.007	-23	-34
02-Jul	09:35	I	641001	0.91		-1.29332				-0.006	-7	
02-Jul	10:52	V	07	0.87	2.14	+1.29063	1.29198	-2.69	1.19	-0.006	-3	
12-Jul	11:00	I	07	1.85		-0.18505				-0.008	-45	
13-Jul	10:38	V	641002	1.85	3.99	+0.18912	0.18709	+4.07	5.26	-0.007	-10	
16-Jul	09:20	I	641002	2.12		-1.42868				-0.004	-20	
18-Jul	09:23	V	641003	2.11	6.10	+1.42510	1.42684	-3.48	1.78	-0.009	-2	
19-Jul	09:27	I	641003	1.99		+1.15142				-0.008	-21	
20-Jul	09:10	V	04	1.92	8.02	-1.14699	1.14921	+4.43	6.21	-0.007	-7	
23-Jul	09:14	I	04	1.41		-0.20596				-0.007	+10	
25-Jul	11:30	V	641004	1.41	9.43	+0.20372	0.20484	-2.24	3.97	-0.006	+3	
23-Jul	11:53	I	641004	0.96		+0.16404				-0.007	+10	
25-Jul	10:05	V	12048	0.94	10.37	-0.16319	0.16362	+0.85	4.82	-0.007	+4	
27-Jul	09:25	I	12048	1.99		+3.28144				-0.006	+8	
30-Jul	09:35	V	12047	2.24	12.36	-3.27625	3.27884	+5.19	10.01	-0.004	-3	

APÉNDICE 4 Formato DAT para corrida Programa Level.

```

LINEA ATZACOALCO-CHAPULTEPEC
4.0      2 2 1 0 1 2 1 1 1 0 1 0 0
N-3
JUN01 0101   -136044  135-007BN-DI-277   1929BN641001   1929F   +5
JUN01 0117   +136083  127-007BN-DI-277   1929BN641001   1929B    0
JUL01 0124   -12933   091-006BN641001   1929BN07       1928F  -16
JUL01 0206   +12906   087-006BN641001   1929BN07       1928B    0
JUL01 0214   -01851   185-008BN07       1928BN641002   1927F   -2
JUL01 0220   +01891   185-007BN07       1928BN641002   1927B   +2
JUL01 0226   -14286   212-004BN641002   1927BN641003   1926F    0
JUL01 0229   +14251   211-009BN641002   1927BN641003   1926B    0
JUL01 0301   +11514   199-008BN641003   1926BN04       1925F   -2
JUL01 0304   -11470   192-007BN641003   1926BN04       1925B    0
JUL01 0306   -02060   141-007BN04       1925BN641004   1925F   -4
JUL01 0310   +02037   141-006BN04       1925BN641004   1925B    0
JUL01 0313   +01640   096-004BN641004   1925BN12048    1925F   +2
JUL01 0316   -01632   094-004BN641004   1925BN12048    1925B   -2
JUL01 0319   +32814   199-006BN12048    1925BN12047    1925F   +7
JUL01 0322   -32763   224-004BN12048    1925BN12047    1925B   -2
AGO01 0324   +117772  251-006BN12047    1925BN12058    1925F   +2
AGO01 0412   -117736  260-005BN12047    1925BN12058    1925B   +2
AGO01 0404   -65036   276-006BN12058    1925BN-E-21    1924F   +2
AGO01 0408   +65041   277-007BN12058    1925BN-E-21    1924B   +2
AGO01 0415   +174883  149-008BN-E-21    1924BN641005   1924F   -2
AGO01 0418   -174908  157-006BN-E-21    1924BN641005   1924B   -2
AGO01 0421   +205012  093 000BN641005   1924BN12034    1924F   +2
AGO01 0425   -205005  081-010BN641005   1924BN12034    1924B   +4
SEP01 0430   +69417   218-005BN12034    1924BN12033    1923F    0
AGO01 0501   -69400   217-003BN12034    1924BN12033    1923B   +2
999999
BN-DI-277           2244.3933.0001
BNP12034           2275.5012.0001
BNP12033           2282.4443.0001
999999
999999

```



APÉNDICE 5 Resultado de corrida Programa Level con Elevaciones Ajustadas.

1

IAGS LEVELS

SUMARIO DE LA CAPACIDAD DEL PROGRAMA

** NIVELACION **

UNIDADES LOGICAS: LOS INCREMENTOS:	VARIABLE	UNIDAD	VALORES ASIGNADOS DE
LECTORA DE TARJETAS O DISCO:	IN	5	IFY = 150 MAX. NUMERO
DE DIFERENCIAS ASUMIDAS			
IMPRESORA	IMP	6	IFX = 150 MAX. NUMERO
DE ELEVACIONES PERMITIDAS			
ARCHIVO DE DISCO O CONSOLA :	IBUG	1	NL = 600 MAXIMO
EXCESO PERMITIDO			
ARCHIVO DE DISCO DE TRABAJO:	IDA	8	NJT = 300 MAXIMO
NUMERO DE JUNTURAS PERMITIDAS			
ARCHIVO DE DISCO DE TRABAJO:	IDB	9	NBT = 1000 MAXIMO
NUMERO DE BMS PERMITIDOS			
			NST = 4000 MAXIMO
NUMERO DE OBSERVACIONES PERMITIDAS			
			(F-B)
NUMERO DE COEFICIENTES DE LA			NA =12000 MAXIMO
CONTENIENDO LAS ECUACIONES			MATRIX
			NORMALES
DIMENSIONES DE LAS MATRICES Y DEFINICION:			
BNAM(1000) - CNAM(1000) : MATRICES CONTENIENDO LOS NOMBRES DE LOS BMS			A(12000)
: MATRIX DE LAS ELEVACIONES			
NORMALES			
HT (1000) - HGT (1000) : MATRICES CON LAS ELEVACIONES DE ENTRADA Y AJUSTADAS			
SIG(2,150) : DESVIACION STANDARD			
SAV (1000) : MATRIX DE CALCULOS INTERMEDIOS			
ESIG(4,150) : DESVIACION STANDARD			
AJCT(300) : MATRIX CONTENIENDO NUMERO DE JUNTURAS			
AK (300) : VECTOR USADO PARA LA FORMACION DE LAS ECUACIONES DE JUNTURA			
X(300) - Y(300) : VECTOR EQUIVALENTE A AK			
BB(3, 600) : MATRIX USADA PARA CONTROLAR EL EXCESO DE ECUACIONES			
BB4(600) : MATRIX DE EXCESO			
BM4(4000) : ECUACIONES DE OBSERVACIONES			
BM(3,4000) : ECUACIONES DE OBSERVACIONES			
** NOTA: NST = 3 * NBT			
NA = 3 * NST			

1

LINEA ATZACOALCO-CHAPULTEPEC

SI PARAMETRO ES IGUAL A DOS IMPRIMA TODAS LAS ITERACIONES
 SI PARAMETRO ES IGUAL A UNO IMPRIMA ULTIMA ITERACION
 SI PARAMETRO ES IGUAL A ZERO NO IMPRIMA

DATOS CON CORECCIONES	2
SECCION PRINCIPAL	1
ELIMINA LOS BENCHMARK	0
ECUACIONES NORMALES	1
CORECCIONES ORTOMETRICAS	2
ELEVACIONES AJUSTADAS	1
RESIDUOS DESPUES DE COR.	1
ELEVACIONES FINALES	1
DATOS DE 3 RETICULOS	0
NUMERO DE ITERACIONES	2
ERROR PERMISIBLE COMPUTADO	4.00 MM
MULTIPLICADO POR LA RAZ CUADRADA DE LA DISTANCIA EN KILOMETROS	

1				DMA-IAGS			CORRECCION			ESTADIA			
CE	FECHA	LIBRO LINEA	SECCION	A	OBS DE	DIST	CORR DE	MIRA	TEMP	NIVEL	DIFF *C*	TM	TS
EX	10-6	MO ANVOL PG DESG	DESDE										
1	F	BN-DI-277	BN641001		-13.6044	1.35	-13.6044	N/A	N/A	.0000	0. -.007	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUN	01 01	01										
2	B	BN641001	BN-DI-277		13.6083	1.27	13.6083	N/A	N/A	.0000	0. -.007	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUN	01 01	17										
3	F	BN641001	BN07		-1.2933	.91	-1.2933	N/A	N/A	.0000	0. -.006	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 01	24										
4	B	BN07	BN641001		1.2906	.87	1.2906	N/A	N/A	.0000	0. -.006	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 02	06										
5	F	BN07	BN641002		-.1851	1.85	-.1851	N/A	N/A	.0000	0. -.008	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 02	14										
6	B	BN641002	BN07		.1891	1.85	.1891	N/A	N/A	.0000	0. -.007	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 02	20										
7	F	BN641002	BN641003		-1.4286	2.12	-1.4286	N/A	N/A	.0000	0. -.004	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 02	26										
8	B	BN641003	BN641002		1.4251	2.11	1.4251	N/A	N/A	.0000	0. -.009	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 02	29										
9	F	BN641003	BN04		1.1514	1.99	1.1514	N/A	N/A	.0000	0. -.008	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 03	01										
10	B	BN04	BN641003		-1.1470	1.92	-1.1470	N/A	N/A	.0000	0. -.007	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 03	04										
11	F	BN04	BN641004		-.2060	1.41	-.2060	N/A	N/A	.0000	0. -.007	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 03	06										
12	B	BN641004	BN04		.2037	1.41	.2037	N/A	N/A	.0000	0. -.006	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 03	10										
13	F	BN641004	BN12048		.1640	.96	.1640	N/A	N/A	.0000	0. -.004	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 03	13										
14	B	BN12048	BN641004		-.1632	.94	-.1632	N/A	N/A	.0000	0. -.004	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 03	16										
15	F	BN12048	BN12047		3.2814	1.99	3.2814	N/A	N/A	.0000	0. -.006	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 03	19										
16	B	BN12047	BN12048		-3.2763	2.24	-3.2763	N/A	N/A	.0000	0. -.004	NONENO	
DATOS DE	MIRAJUL	01 03	22										
17	F	BN12047	BN12058		11.7772	2.51	11.7772	N/A	N/A	.0000	0. -.006	NONENO	
DATOS DE	MIRAAGO	01 03	24										
18	B	BN12058	BN12047		-11.7736	2.60	-11.7736	N/A	N/A	.0000	0. -.005	NONENO	
DATOS DE	MIRAAGO	01 04	12										
19	F	BN12058	BN-E-21		-6.5036	2.76	-6.5036	N/A	N/A	.0000	0. -.006	NONENO	
DATOS DE	MIRAAGO	01 04	04										
20	B	BN-E-21	BN12058		6.5041	2.77	6.5041	N/A	N/A	.0000	0. -.007	NONENO	
DATOS DE	MIRAAGO	01 04	08										
21	F	BN-E-21	BN641005		17.4883	1.49	17.4883	N/A	N/A	.0000	0. -.008	NONENO	
DATOS DE	MIRAAGO	01 04	15										
22	B	BN641005	BN-E-21		-17.4908	1.57	-17.4908	N/A	N/A	.0000	0. -.006	NONENO	
DATOS DE	MIRAAGO	01 04	18										
23	F	BN641005	BN12034		20.5012	.93	20.5012	N/A	N/A	.0000	0. .000	NONENO	
DATOS DE	MIRAAGO	01 04	21										
24	B	BN12034	BN641005		-20.5005	.81	-20.5005	N/A	N/A	.0000	0. -.010	NONENO	
DATOS DE	MIRAAGO	01 04	25										
25	F	BN12034	BN12033		6.9417	2.18	6.9417	N/A	N/A	.0000	0. -.005	NONENO	
DATOS DE	MIRASEP	01 04	30										
26	B	BN12033	BN12034		-6.9400	2.17	-6.9400	N/A	N/A	.0000	0. -.003	NONENO	
DATOS DE	MIRAAGO	01 05	01										
1					SUMARIO DE DATOS			14 BENCHMARKS			26		

OBSERVACIONES

BENCHMARKS

1	BN-DI-277	2	BN641001	3	BN07	4	BN641002	5
BN641003								
6	BN04	7	BN641004	8	BN12048	9	BN12047	10
BN12058								
11	BN-E-21	12	BN641005	13	BN12034	14	BN12033	
1				BENCHMARK FIJOS				

.00010 METROS ESTACION BN-DI-277 ELEVACION 2244.39330 CONSTRENTIMIENTO

CORRECCION MAXIMA (ELEVACION) EN ESTA ITERACION FUE 2282.47071
1 CORRECCION ORTOMETRICA

BENCHMARK	A	BENCHMARK	ALT. PROM.	LAT(1)	LAT(2)	CORR ORTOM.	CORR. DE
2 BN641001	3	BN07	2230.14093	19 29	19 28	.00215	-1.29115
3 BN07	2	BN641001	2230.14093	19 28	19 29	-.00215	1.28845
3 BN07	4	BN641002	2229.40142	19 28	19 27	.00215	-.18295
4 BN641002	3	BN07	2229.40142	19 27	19 28	-.00215	.18695
4 BN641002	5	BN641003	2228.59445	19 27	19 26	.00215	-1.42645
5 BN641003	4	BN641002	2228.59445	19 26	19 27	-.00215	1.42295
5 BN641003	6	BN04	2228.45561	19 26	19 25	.00215	1.15355
6 BN04	5	BN641003	2228.45561	19 25	19 26	-.00215	-1.14915
10 BN12058	11	BN-E-21	2240.79144	19 25	19 24	.00216	-6.50144
11 BN-E-21	10	BN12058	2240.79144	19 24	19 25	-.00216	6.50194
13 BN12034	14	BN12033	2279.00028	19 24	19 23	.00219	6.94389
14 BN12033	13	BN12034	2279.00028	19 23	19 24	-.00219	-6.94219

CORRECCION MAXIMA (ELEVACION) EN ESTA ITERACION FUE .01294

SUMA DE LOS CUADRADOS DE LOS RESIDUOS SECCION	.00	GRADOS DE LIBERTAD	24	RMS(PESO)	.00122			
1	DESDE	A	DISTANCIA	D.E.	RES	RECHAZADO	PROMEDIO	SIGMA
.80894	BN-DI-277	BN641001	1.35 1.27	-13.6044 -13.6083	.0020 -.0019		-13.60641	
.66691	BN641001	BN07	.91 .87	-1.2911 -1.2884	-.0014 .0013		-1.28977	
.96177	BN07	BN641002	1.85 1.85	-.1830 -.1870	.0020 -.0020		-.18495	
1.02835	BN641002	BN641003	2.12 2.11	-1.4265 -1.4230	-.0018 .0017		-1.42470	
.98853	BN641003	BN04	1.99 1.92	1.1535 1.1491	.0022 -.0022		1.15131	
.83964	BN04	BN641004	1.41 1.41	-.2060 -.2037	-.0012 .0011		-.20485	
.68916	BN641004	BN12048	.96 .94	.1640 .1632	.0004 -.0004		.16360	
1.02655	BN12048	BN12047	1.99 2.24	3.2814 3.2763	.0024 -.0027		3.27900	
1.13009	BN12047	BN12058	2.51 2.60	11.7772 11.7736	.0018 -.0018		11.77543	
1.17580	BN12058	BN-E-21	2.76 2.77	-6.5014 -6.5019	.0002 -.0003		-6.50169	
.87434	BN-E-21	BN641005	1.49 1.57	17.4883 17.4908	-.0012 .0013		17.48952	
.65797	BN641005	BN12034	.93 .81	20.5012 20.5005	.0004 -.0003		20.50083	
1.04283	BN12034	BN12033	2.18 2.17	6.9439 6.9422	.0009 -.0008		6.94304	

1	DESDE	SECCION	A	DISTANCIA	D.E.	RES	RECHAZADO	PROMEDIO	SIGMA
---	-------	---------	---	-----------	------	-----	-----------	----------	-------

*** TABLA DE ENLACE ***

ITERACION 2

SIGMA	DESDE	A	DISTANCIA	D.E.	RES
3.35218	1 BN-DI-277	2 BN12033	22.10	38.09035	.00000

1

*** ELEVACIONES AJUSTADAS ***

ESTACIONES DE INTERSECCION 1RA

ITERACION 2

ESTACION ESTACION	ELEVACION ELEVACION	ESTACION	ELEVACION	ESTACION	ELEVACION
BN-DI-277 +	2244.3933	BN12033	2282.4836		
BN12034 +	2275.5406	BN641005	2255.0398	BN-E-21	2237.5503
BN12058 BN12047 +	2244.0520 2232.2765	BN12048	2228.9975	BN641004	2228.8339
BN04 BN641003 +	2229.0388 2227.8875	BN641002	2229.3122	BN07	2229.4971
BN641001	2230.7869				

1 RES. (PESO)	CORRECCION MAXIMA (ELEVACION) EN ESTA SECCION	ITERACION 2	ITERACION FUE DISTANCIA	.00000 DE OBSERVADO	DE COMPUTADO	RESIDUO
1 BN-DI-277	2 BN641001	1.350	-13.60440	-13.60641	.00201	
.00173	2 BN641001	1 BN-DI-277	1.270	13.60830	13.60641	.00189
.00168	2 BN641001	3 BN07	.910	-1.29115	-1.28977	-.00138
.00145	3 BN07	2 BN641001	.870	1.28845	1.28977	-.00132
.00141	3 BN07	4 BN641002	1.850	-.18295	-.18495	.00200
.00147	4 BN641002	3 BN07	1.850	.18695	.18495	.00200
.00147	4 BN641002	5 BN641003	2.120	-1.42645	-1.42470	-.00175
.00120	5 BN641003	4 BN641002	2.110	1.42295	1.42470	-.00175
.00120	5 BN641003	6 BN04	1.990	1.15355	1.15131	.00224
.00159	6 BN04	5 BN641003	1.920	-1.14915	-1.15131	.00216
.00156	6 BN04	7 BN641004	1.410	-.20600	-.20485	-.00115
.00097	7 BN641004	6 BN04	1.410	.20370	.20485	-.00115
.00097	7 BN641004	8 BN12048	.960	.16400	.16360	.00040
.00041	8 BN12048	7 BN641004	.940	-.16320	-.16360	.00040
.00041	8 BN12048	9 BN12047	1.990	3.28140	3.27900	.00240
.00170	9 BN12047	8 BN12048	2.240	-3.27630	-3.27900	.00270
.00180	9 BN12047	10 BN12058	2.510	11.77720	11.77543	.00177
.00112	10 BN12058	9 BN12047	2.600	-11.77360	-11.77543	.00183
.00114	10 BN12058	11 BN-E-21	2.760	-6.50144	-6.50169	.00025
.00015	11 BN-E-21	10 BN12058	2.770	6.50194	6.50169	.00025
.00015	11 BN-E-21	12 BN641005	1.490	17.48830	17.48952	-.00122
.00100	12 BN641005	11 BN-E-21	1.570	-17.49080	-17.48952	-.00128
.00102	12 BN641005	13 BN12034	.930	20.50120	20.50083	.00037
.00039	13 BN12034	12 BN641005	.810	-20.50050	-20.50083	.00033
.00036	13 BN12034	14 BN12033	2.180	6.94389	6.94304	.00085
.00058	14 BN12033	13 BN12034	2.170	-6.94219	-6.94304	.00085
.00058						
SUMA DE LOS CUADRADOS DE LOS RESIDUOS		.00	GRADOS DE LIBERTAD	24	RMS (PESO)	.00122

B I B L I O G R A F Í A

- ~ Ballesteros Tena, Nabor (1990). Topografía. Limusa, México.
- ~ Bannister A., Raymond S., Baker R.; Traducción al español: De la Cera, José (2002). Técnicas Modernas en Topografía. Alfaomega, México.
- ~ Diario Oficial (1º de Abril 1985). pp. 37-41. México.
- ~ Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, (DGCOH)(1990). "El Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México". Secretaría General de Obras del DDF. México
- ~ Facultad de Filosofía y Letras (1974). Anuario de Geografía. UNAM, México.
- ~ García González, Germán (1976). "Nivelación Geodésica de Primer Orden". Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. México.
- ~ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Anuario Estadístico del D.F. 1996, 1997 y 1998. México.
- ~ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2004). Manual Normativo para Posicionamientos Geodésicos Verticales. México.
- ~ Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Comisión de Cartografía. Comité de Geodesia (1966). Manual de Levantamientos Geodésicos. Washington D.C. E.U.

- ~ Marsal, Raúl J., Mazari, Marcos (1959). El Subsuelo de la Ciudad de México. Parte B, vol. texto y figuras. Facultad de Ingeniería. UNAM, México.

- ~ Reyes Pizano, Adolfo (1988). "Levantamientos Hidrográficos". Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. México.

- ~ Skaggs, Hiram H. Jr.; Traducción al español: Fernández O., F. y Maldonado C., H. (1981). Programa Level. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía. México.

- ~ Valdés Doménech, Francisco (1989). Practicas de Topografía, Fotogrametría y Cartografía. Biblioteca CEAC del topógrafo. Ediciones CEAC. España.

- ~ Wild Heerbrugg (1972). Instructivo del Nivel de Precisión Wild N3. Suiza.

- ~ Zakatov, P.S. (1981). Curso de Geodesia Superior. Editorial Mir.

- ~ Línea 4 del Sistema de Transporte Colectivo Metro, de la Ciudad de México (pilotes precolados) texto tomado de www.fundacion-ica.org.mx

- ~ DRENAJE PROFUNDO... (www.revista.unam.mx) Autor: Román Álvarez Investigador del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas, UNAM Fuente: Información Científica y Tecnológica Enero, 1986 Vol.8 núm. 112