

DETERMINACIÓN DE LAS COORDENADAS GEODÉSICAS DE LA ESTACIÓN SISMOLÓGICA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA

MANUEL MEDINA PERALTA,
Jefe del Departamento de Geodesia,
Instituto de Geofísica. UNAM.

Las diversas operaciones a que dio lugar la situación geodésica de la galería subterránea en que se montará la nueva estación sismológica, fueron en orden de secuencia, las siguientes:

- 1 Reconocimiento para seleccionar algunos vértices de la triangulación del Catastro del Distrito Federal que sirvieran de apoyo a la situación trigonométrica de la Torre de Ciencias de la Ciudad Universitaria.
- 2 Establecimiento de un vértice geodésico en el 14º piso de la Torre de Ciencias y observación de direcciones azimutales para su situación por "n vértices".
- 3 Cálculo de las coordenadas planas del vértice "Torre de Ciencias". Compensación por mínimos cuadrados de los resultados obtenidos.
- 4 Transformación de coordenadas planas a geodésicas.
- 5 Proyecto de una triangulación de lados cortos entre la Torre de Ciencias y la boca de entrada al tiro que conduce a las galerías en donde quedará instalado el sismógrafo.
- 6 Cálculo de las coordenadas planas del vértice "Est. Sismológica".
- 7 Levantamiento de una poligonal entre el Vértice Sismológico y la base del poste de concreto en que se establecerá el sismógrafo (punto C).
- 8 Cálculo de las coordenadas geodésicas del punto C situado en las proximidades de la plancha de concreto.
- 9 Nivelación de precisión entre el banco de nivel "Facultad de Ingeniería" y el punto C.

10 Lista de coordenadas de los puntos que quedaron marcados permanentemente.

1) RECONOCIMIENTO GEODÉSICO

Después de consultar con la Dirección General del Catastro del Distrito Federal sobre la existencia de vértices catastrales visibles desde la Torre de Ciencias de la Ciudad Universitaria, se llegó a la conclusión de que los vértices utilizables eran los siguientes:

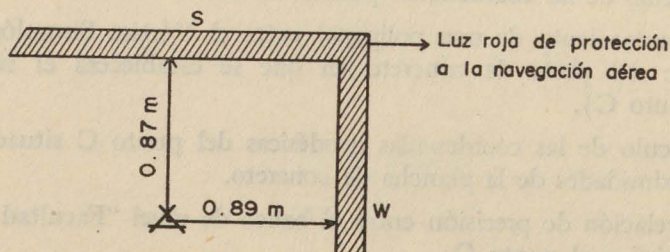
	X	Y
Tepepam (Iglesia)	+ 6287.1	- 14377.4
Camino de Cupilco	+ 619.5	- 9190.9
Pedregal de Tizapán	- 242.3	- 7757.4
El Carmen (San Ángel)	+ 756.0	- 6422.0

Esta investigación fue hecha por los geodestas de la Dirección General de Geografía y Meteorología señores ingenieros Z. Pérez Vázquez y Bonifacio Ramírez Roldán, a petición que hicimos al Subdirector de aquella oficina, señor ingeniero Horacio Vázquez Glumer.

Se señalaron los vértices Camino de Cupilco, Pedregal de Tizapán y Estación Sismológica con tableros de 0.80 x 0.80 pintados en cuadros de color blanco y negro, sostenidos a 1.50 m. del terreno por una alfarda de madera de 2 x 3 pulgadas. El vértice Est-Sismológica se marcó con una placa de bronce del tipo usado por el Instituto de Geofísica, empotrada en la roca con cemento.

2) ESTABLECIMIENTO DEL VÉRTICE EN LA TORRE DE CIENCIAS

El vértice en la Torre de Ciencias se estableció en la esquina SW, del piso 14 y no quedó marcado para no lastimar el techo, quedando a 0.89 m y 0.87 m de los muros de dicha esquina, como lo muestra el siguiente croquis:



Se comprobó que la estabilidad del instrumento era suficientemente rígida fijando con mortero de yeso los regatones del tripié al piso, y que los niveles se conservaban en su centro mientras el observador hacía las visuales y leía los ángulos.

En brevedad del tiempo, dada la fecha en que se deberían proporcionar los resultados, se eligió el método de "n vértices" para la situación de la Torre de Ciencias. La primera estación de medida de ángulos en el vértice Torre de Ciencias fue hecha el 13 de mayo de 1966 por el personal de la Dirección General de Geografía y Meteorología antes nombrada, habiendo usado el teodolito Wild T-3 número 8567, efectuando seis vueltas con el círculo vertical en ambas posiciones. El resultado de sus observaciones fue el que sigue:

RESUMEN DE DIRECCIONES

Vértice Est-Sismológico	0°00'00".00	
Camino de Cupilco	83 28 26 .28	Altura del eje horizon-
Pedregal de Tizapán	146 05 57 .05	tal del aparato sobre el
		piso 1.54 m.

3) CÁLCULO DE LAS COORDENADAS PLANAS DE LA TORRE DE CIENCIAS

Con estos datos y los obtenidos posteriormente observando con un teodolito Wild T-2 las direcciones a Tepepam y a San Ángel, se tuvieron elementos para hacer dos cálculos de la estación de la Torre de Ciencias como sigue:

PRIMER CÁLCULO

Fórmulas:

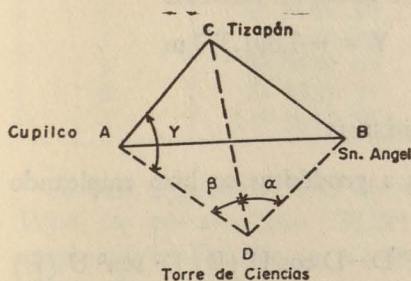
$$\frac{1}{2}(x+y) = 180^\circ - \frac{1}{2}(\alpha + \beta + ABC) \quad (1)$$

$$m = \frac{a \operatorname{sen} \beta}{b \operatorname{sen} \alpha} \quad (2)$$

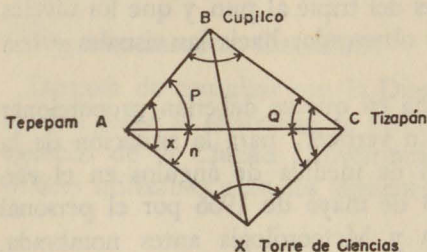
$$\operatorname{tang} \frac{1}{2}(x-y) = \frac{1-m}{1+m} \operatorname{tang} \frac{1}{2}(x+y) \quad (3)$$

RESULTADOS: Coordenadas planas de la Torre de Ciencias.

$$X = + 1,386.9; Y = - 7,800.6$$



SEGUNDO CÁLCULO



Fórmulas:

$$M = 360^\circ - (\gamma + \alpha + \beta + P + Q) \quad (1)$$

$$R = P + M$$

$$T = Q + M$$

$$\text{tang } m = \frac{AB \text{ sen } \beta \text{ sen } R - BC \text{ sen } \alpha \text{ sen } Q}{AB \text{ sen } \beta \text{ cos } R + BC \text{ sen } \alpha \text{ cos } Q} \quad (2)$$

$$\text{tang } n = \frac{BC \text{ sen } T \text{ sen } \alpha - AB \text{ sen } P \text{ sen } \beta}{BC \text{ cos } T \text{ sen } \alpha + AB \text{ sen } \beta \text{ cos } P} \quad (3)$$

Los cálculos de estas fórmulas, hechos por su autor, el ingeniero Federico Alonso Lerch, a máquina, llegaron a los siguientes valores para las coordenadas planas de la Torre de Ciencias:

$$X = +1,387.2 \quad Y = -7,801.3$$

Ambos cálculos difieren 0.3 en la X y 0.7 en la Y y sus promedios:

$$X = 1,387.05 \quad Y = -7,801.0$$

tienen errores probables de ± 0.11 m y ± 0.23 respectivamente.

Para refinar estos resultados, el ingeniero Alonso Lerch usó el método de los mínimos cuadrados para compensar los resultados obtenidos y llegó a los siguientes valores que se consideran definitivos.

COORDENADAS CORREGIDAS DE LA TORRE DE CIENCIAS

$$X = +1,386.846 \text{ m} \quad Y = -7,801.377 \text{ m}$$

4) TRANSFORMACIÓN A COORDENADAS GEODÉSICAS

La transformación de estas coordenadas a geodésicas se hizo empleando las fórmulas:

$$\Delta\varphi = D \cos U (B) + D^2 \text{ sen}^2 U (C) + L^2 D - D \cos U (B) D^2 \text{ sen}^2 U (E)$$

$$\Delta\lambda = -\log [D \text{ sen } U \text{ sec } \varphi' (A)] + c - c'$$

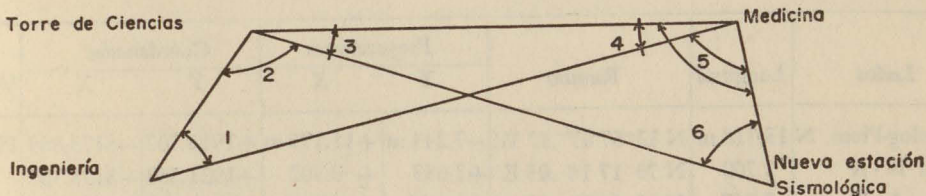
llegándose a los siguientes valores:

COORDENADAS GEODÉSICAS DE LA TORRE DE CIENCIAS

φ (latitud = $19^{\circ}19'56''.30$ N. λ (longitud) = $99^{\circ}10'59''.34$ W. G.

5) TRIANGULACIÓN ENTRE LA TORRE DE CIENCIAS Y LA NUEVA ESTACIÓN SISMOLÓGICA

Se desarrolló la triangulación representada en el siguiente croquis, apoyada en el lado Ingeniería-Ciencias, medida directamente, llegando a los siguientes valores para el vértice situado cerca de la boca del tiro que da acceso a la galería subterránea:



Los ángulos medidos y los compensados de esta triangulación fueron los siguientes:

Ángulos	Valores medidos	Errores probables \pm	Pesos	Valores compensados
1	38°41'51''.65	1''.7	4	38°41'45''.637
2	81 59 03 .67	2 .2	3	81 58 55 .652
3	31 14 43 .14	1 .2	3	31 14 42 .163
4	28 04 36 .70	0 .8	4	28 04 36 .548
5	99 04 06 .90	1 .1	4	99 04 12 .762
6	21 36 24 .77	0 .6	12	21 36 28 .527
6	127 08 43 .89	1 .3	4	127 08 49 .310

La base Ingeniería-Torre de Ciencias, medida con la estadía horizontal Wild, dio por resultado 230.141 m. Posteriormente se repitió esta medida empleando el Geodímetro de la Secretaría de Marina, con cuyo aparato se obtuvo el valor 230.06 m.

6) EL CÁLCULO DE LAS COORDENADAS PLANAS DEL VÉRTICE SISMOLÓGICO
DIO LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

$$X = + 1925.951 \text{ m} \qquad Y = - 8185.064 \text{ m}$$

7) Se midió una poligonal partiendo del vértice "Sismológico", marcando su primer lado sobre el brocal del pozo, a 13.397 m del vértice, con un rumbo de N 32°57'07".87 W.

Sobre esta línea se marcaron los puntos "Plomada Sur" y "Plomada Norte", a 0.079 m del brocal y se bajaron sus posiciones al fondo del pozo, empleando dos plomadas recibidas en cubetas con agua.

En esta forma, la poligonal quedó formada como lo muestra la siguiente tabla, con los datos de observación y resultados de cálculo:

Lados	Longitud	Rumbo	Proyecciones		Coordenadas		Vértice
			Y	X	Y	X	
Sismolog-Plom. N	13.318 m	N 32°57'07".87 W	-7.244 m	+11.175 m	+1918.707	-8173.889	Plom.N
Plom. N - A	2.700	N 79 17 14 .03 E	+2.653	+ 0.502	+1921.360	-8173.387	A
A - B	3.567	N 19 14 01 .07 E	+1.175	+ 3.368	+1922.535	-8170.019	B
B - C	5.567	N 39 15 11 .45 W	-3.523	+ 4.311	+1919.012	-8165.708	C

8) Las coordenadas geodésicas del punto C, que está inmediato a la mesa oriental de concreto, en la que se establecerá un sismógrafo, se obtuvieron transformando las coordenadas planas a geográficas (en el caso actual, geodésicas) obteniéndose los siguientes resultados:

$$\text{Latitud} = 19^{\circ}19'44''.451 \text{ N} \qquad \text{Longitud} = 99^{\circ}10'41''.11 \text{ W.G.}$$

9) Finalmente, se determinó la altitud de la base sobre la que se instalarán los instrumentos sismológicos por medio de una nivelación de precisión entre el banco de nivel de la Facultad de Ingeniería y el punto C, con los resultados siguientes:

Altitud del Banco de la Facultad de Ingeniería	2274.294 m
Idem del Vértice "Sismológico"	2273.755
Idem del punto C (interior)	2256.731

10) Lista de coordenadas de los puntos que quedaron marcados permanentemente:

<i>Lugar</i>	<i>Latitud N</i>	<i>Longitud W.G.</i>
Torre de Ciencias	19°19'56".30	99°10'59".34
Cúpula vieja de la Facultad de Ingeniería	19 19 49 .65	99 11 02 .97
Escuela de Medicina	19 19 55 .57	99 10 48 .90
Vértice "Sismológico"	19 19 43 .82	99 10 40 .87
Mesa de concreto (interior)	19 19 44 .45	99 10 41 .11