

LIGA GEODESICA DEL POSTE GRAVIMETRICO DE LA CIUDAD UNIVER  
SITARIA DE MEXICO CON LA TRIANGULACION DEL CATASTRO.

Juan Duran Villas y Enrique Cobo.

RESUMEN

*The geodetic coordinates of the University City (Ciudad Universitaria) gravimetric station were determined by connecting this station to the "catastro" triangulation, which in turn, is supported by first order geodetic triangulations. Starting from two known vertices we reached the gravimetric station by two triangles. This procedure enabled us moreover to find the position of other important places of the University City (Ciudad Universitaria), i.e. the Administration and Science buildings, and the Observatory dome of the Engineering School. A Wild T-2 theodolite was used for the night observations, in which there were effective errors of -5".8 and -4".7 respectively at the triangles. For the position of the buildings "n vértices" determinations were also used, which we already had.*

*The field work was done by Juan Duran and Enrique Cobo, under the supervision of Ing. Ricardo Toscano and Ing. Manuel Medina; the calculations by Ing. Toscano give us the following results:*

### SITUATION

<i>Gravimetric station of the C.U.</i>	19° 20' 01"	99° 10' 54"
<i>Administration building</i>	19° 19' 57".6	99° 10' 57".5
<i>Science Tower</i>	19° 19' 49".6	99° 11' 03".2
<i>Dome of the Engineering School</i>	19° 19' 53".5	99° 11' 16".7

Dada la importancia de situar el poste gravimétrico de la Ciudad Universitaria de México con una precisión superior a la que ofrecen las determinaciones astronómicas de segundo orden, se prefirió el empleo de la triangulación, la cual permitiría a la vez la situación de otros lugares importantes, mediante simples referencias al vértice que se estableciese cerca de la estación gravimétrica.

Entre las diversas triangulaciones que se han desarrollado sobre el Valle de México, se eligió la del Catastro para ligar con ella la Ciudad Universitaria. Esta triangulación se considera geodésica de segundo orden y da por lo tanto, la precisión necesaria para el objeto.

Se reconocieron 17 vértices de la mencionada triangulación en busca de aquellos que resultaran útiles para formar con ellos y la Ciudad Universitaria, una figura simple (triángulo o cuadrilátero). Sin embargo, fué imposible localizar con precisión la mayoría, debido a la desaparición de sus monumentos por efecto del tiempo transcurrido desde su construcción. Finalmente, se encontraron dos que aún existían, y cuya situación y altura relativa ofrecieron las condiciones necesarias para lograr el enlace con la estación gravimétrica por medio de un cuadrilátero con diagonales. Estos dos vértices se localizan al Este de la Ciudad Universitaria, el uno de la ciudad de Xochimilco y el otro en el pueblo de Tláhuac, y son las cruces de las respectivas Iglesias. Siendo estos lugares inaccesibles para colocar el instrumento, se establecieron vértices auxiliares cerca de los verdaderos; y calculadas respecto a éstos las coordenadas de aquellos, dieron los siguientes valores:

	<u>X</u>	<u>Y</u>
Vértice auxiliar en Xochimilco	9931.50	-15532.35
Vértice auxiliar en Tláhuac	20175.15	-14859.60

los cuales quedan referidos al poste geodésico del Observatorio de Tacubaya y por consiguiente al Punto Dato Americano.

Constituído el lado base de la figura por éstos dos vértices, los demás quedaron determinados por un tercer vértice establecido en el poste astronómico de la cúpula-observatorio de la Facultad de Ingeniería, y por un cuarto vértice que se fijó en el Cerro de la Estrella. Así pues, el cuarilátero se formó de esta manera: Cerro de la Estrella - Tláhuac - Xochimilco - Cúpula Ingeniería; éste último cercano a la estación gravimétrica. Posteriormente se decidió suprimir la diagonal - Tláhuac - Cúpula Ingeniería porque ofreció ciertas dificultades a la observación, quedando la figura convertida definitivamente en un sistema de dos triángulos enlazados por el lado común Cerro Estrella - Xochimilco, cuya rigidez resultó de:

$$R = 12.37$$

Las observaciones fueron nocturnas. Se usó de un teodolito Wild T-2 de 1" de aproximación efectiva. Tratándose de figuras uncompensables, se dispuso de dar en cada estación 12 vueltas de instrumento alternando las posiciones C.I. y C. D. del antejo, y variando el origen de las lecturas en  $15^{\circ} 05' 05''$  a cada vuelta. Los resultados obtenidos en las observaciones se resumen en el siguiente cuadro:

ESTACION	PUNTO OBSERVADO	DIRECCION	E	D.ZENITAL
C.U.	Cerro Estrella	00° 00' 00."0	—	89° 07' 05."3
	Xochimilco	49° 03' 53."4	±0."9	90° 13' 47."0
C.Estrella	Tláhuac	00° 00' 00."0	—	90° 59' 35."5
	Xochimilco	55° 27' 47."8	±1."3	91° 17' 41."3
	C.U.	129° 23' 19."7	±1."5	90° 57' 34."5
Tláhuac	Xochimilco	00° 00' 00."0	—	90° 01' 11."0
	Cerro Estrella	46° 19' 54."9	±0."55	89° 06' 02."7
Xochimilco	Cerro Estrella	00° 00' 00."0	—	88° 46' 28."0
	Tláhuac	78° 12' 11."5	±1."2	90° 03' 26."2
Xochimilco	C.U.	00° 00' 00."0	—	89° 51' 25."3
	Cerro Estrella	57° 00' 31."1	±0."7	88° 46' 29."6

TRIANGULO: Tláhuac - Xochimilco - Estrella.

$$\text{Suma ángulos int.} = 179^{\circ} 59' 54''.2$$

$$\underline{179^{\circ} 59' 60''.0}$$

$$\text{Error efectivo} = - 5''.8$$

TRIANGULO: Estrella - Xochimilco - C.U.

$$\text{Suma ángulos int.} = 179^{\circ} 59' 56''.4$$

$$\underline{179^{\circ} 59' 60''.0}$$

$$\text{Error efectivo} = - 3''.6$$

$$\text{ERROR EN AMBAS FIGURAS} = - 4''.7$$

Concluidas estas observaciones, se hicieron las medidas necesarias para referir la estación gravimétrica a la triangulación.

Estos trabajos los llevaron a cabo los Sres. Enrique Cobo, Juan Duran y Francisco Grivel (Ayudante), bajo la dirección de los Sres. Ings. Ricardo Toscano y Manuel Medina.

Los cálculos que vienen a continuación se deben al Ing. Ricardo Toscano. Para la posición de los edificios de la Rectoría y Ciencias, se tuvieron en cuenta determinaciones por "n vértices" efectuadas anteriormente. Los valores de B y G que aparecen en los cálculos, se encuentran en las tablas de la Geodesia del Ing. Toscano.

#### CALCULOS

Vértices auxiliares en Xochimilco y Tláhuac:

	<u>X</u>	<u>Y</u>
Vértice auxiliar Xochimilco.....	9931.50	- 15532.35

Vértice auxiliar Tláhuac .....	20175.15	- 14859.60
--------------------------------	----------	------------

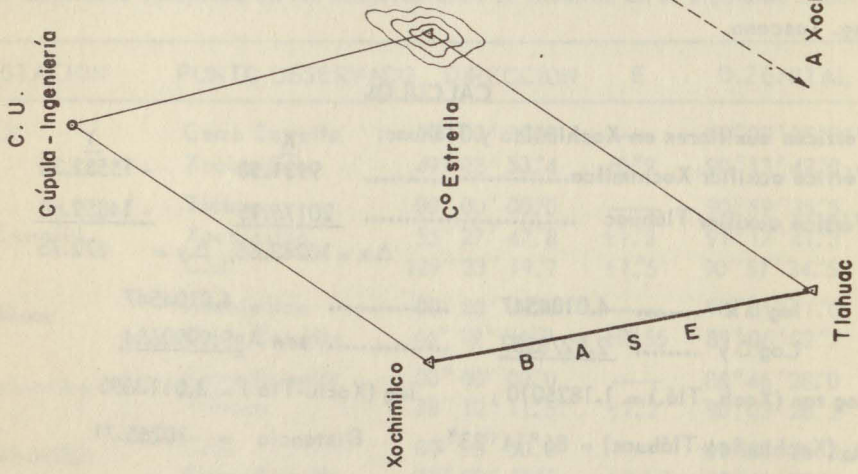
$$\Delta x = 10243.65; \quad \Delta y = 672.75$$

log $\Delta x$ .....	4.0104547	.....	4.0104547
----------------------	-----------	-------	-----------

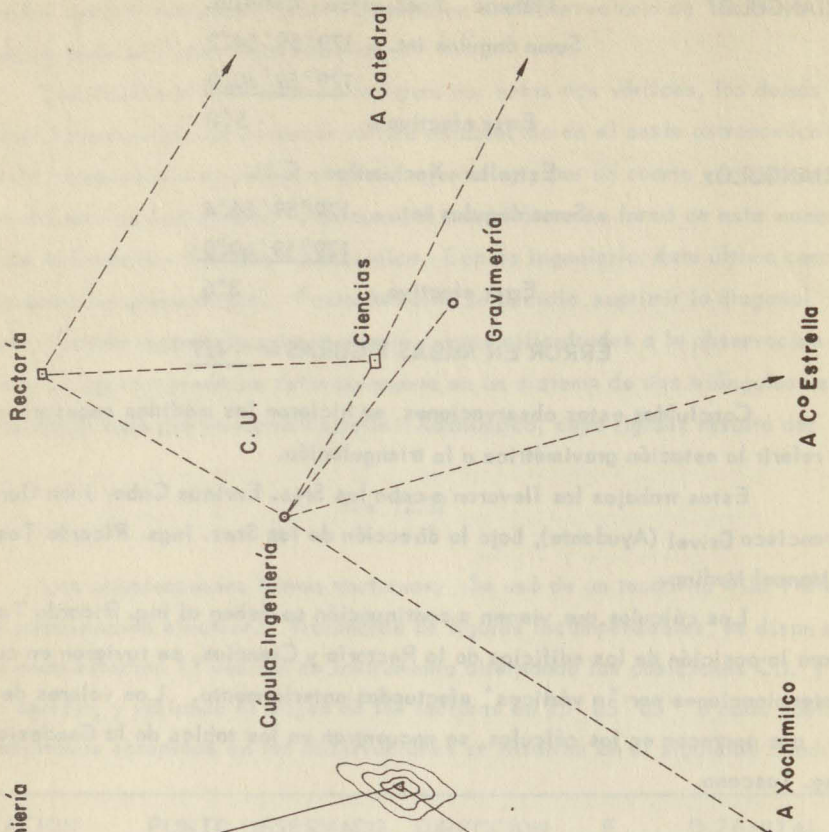
Log $\Delta y$ .....	2.8278537	.....	sen $A_z$ <u>9.9990654</u>
----------------------	-----------	-------	----------------------------

$$\log \tan (\text{Xoch.-Tlá.}) = 1.1826010 ; \quad \log (\text{Xoch.-Tlá.}) = 4.0113893$$

$$A_z (\text{Xochimilco-Tláhuac}) = 86^{\circ} 14' 33'' ; \quad \text{Distancia} = 10265.71$$



a) TRIANGULACION



b) DETALLE DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA

Vértice auxiliar Tláhuac	46° 19' 57";	log (Tlá.-Xoch.)	4.0113893
" Cerro Estrella	55° 27' 50";	log sen (Estr.)	<u>9.9158055</u>
" auxiliar Xochimilco	<u>78° 12' 13";</u>		4.0955838
	180° 00' 00".	+log sen(Tláh.)	<u>9.8593538</u>
		log (Xoch.-Estr.)	3.9549376

Distancia: Vértice auxiliar Xochimilco - Estrella = 9014.42

Vértice cúpula Ingeniería	49° 03' 54";	log(Est.-Xoch.)	3.9549376
" Cerro Estrella	73° 55' 33";	-log sen (Ingen.)	<u>9.8782077</u>
" auxiliar Xochimilco	<u>57° 00' 33";</u>		4.0767299
	180° 00' 00".	+log sen (Estr.)	<u>9.9826800</u>
		log(Xoch.-C.Ing.)	4.0594099

Distancia: Vértice aux.Xochimilco - Cúp. Ingeniería = 11465.39

Az (Xochimilco-Tláhuac)	86° 14' 33"		
Az (Xochimilco- Tláhuac Estrella)	<u>78° 12' 13"</u>		
Az (Xochimilco-Estrella)	8° 02' 20";	Az (Cúp.Ing.-Xoch.)	131° 01' 47"
-(Xochimilco- Cúp. Ing. C.Estrella)	<u>57° 00' 33"</u>	- Convergencia	<u>1' 54"</u>
Az (Xochimilco-Cúp. Ing.)	311° 01' 47"	Az (Cúp.Ing.-Xoch.)	130° 59' 53"
log(V.aux.Xoch.-Cúp.Ing.)	4.0594099 ;		4.0594099
log sen(Xoch.-Cúp.Ing.)	<u>9.8775839-</u> ;	log cos(Xoch.-Ing.)	<u>9.8172019</u>
log X (Cúp.Ing.)	3.9369938 ;	log Y (Cúp.Ing.)	3.8766118
X (Xochimilco-Ing.)	- 8649.56 ;	Y (Xoch.-Cúp.Ing.)	7526.82
X (Xochimilco)	<u>9931.50 ;</u>	Y (Xochimilco)	<u>-15532.35</u>
X (Cúpula Ingeniería)	1281.94 ;	Y (Cúpula Ing.)	- 8005.53

	Az Cúp.Ing.-Xoch.)	130° 59' 53"
Ang.Cúp.Ing. -	Xochimilco	99° 48' 09"
	Pto.aux.Grav.	<u>31° 11' 44"</u>
	Az Cúp.Ing.-Grav.)	

Distancia: Cúpula Ingeniería - Estación Gravimétrica = 407.80

log 407.8	2.61045 ;	log 407.8	2.61045
log sen Az	<u>9.71429</u> ;	log cos Az	<u>9.93217</u>
log X Gravim.	2.32474 ;	log Y Gravim.	2.54262
X Gravim.	211.22 ;	Y Gravim.	348.84
X Cúp.Ing.	<u>1281.94</u> ;	Y Cúp.Ing.	<u>- 8005.53</u>
X Est.Gravimétrica	<u>1493.16</u> ;	Y Est.Gravimétrica	<u>- 7656.69</u>

TRANSFORMACION DE COORDENADAS ORTOGONALES  
EN COORDENADAS GEODESICAS.

log Y Gravim.	3.8840411- ;	log X Gravim.	3.1741093-
log B	<u>8.5121895</u> ;	log G	<u>8.5349521</u>
log $\Delta\varphi$	2.3962306- ;	log $\Delta\lambda$	1.7090614 -
$\Delta\varphi$	-249."02 ;	$\Delta\lambda$	-51."2
$\Delta\varphi$	-4' 09" ;	$\Delta\lambda$	-51."2
$\varphi$ Obs. Tacubaya	<u>19° 24' 10"</u> ;	$\lambda$ Obs. Tacubaya	<u>99° 11' 45"</u>
$\varphi$ Est.Gravimétrica	<u>19° 20' 01"</u> ;	$\lambda$ Est.Gravimétrica	<u>99° 10' 54"</u>
Y Torre Ciencias	-7760.98 ;	X Torre Ciencias	1385.23
log Y Ciencias	3.8899666- ;	log X Ciencias	3.1415134-
log B	<u>8.5121895</u> ;	log G'	<u>8.5347747</u>
log $\Delta\varphi$	2.4021561- ;	log $\Delta\lambda$	1.6762881
$\Delta\varphi$	-4' 12."4 ;	$\Delta\lambda$	-47."5
$\varphi$ Obs. Tacubaya	<u>19° 24' 10."0</u> ;	$\lambda$ Obs. Tacubaya	<u>99° 11' 45."0</u>
$\varphi$ Torre Ciencias	<u>19° 19' 57."6</u> ;	$\lambda$ Torre Ciencias	<u>99° 10' 57."5</u>
Y Ingeniería	-8005.53 ;	X Ingeniería	1281.94
log Y Ingeniería	3.9033901- ;	log X Ingeniería	3.1078677-
log B	<u>8.5121895</u> ;	log G'	<u>8.5130630</u>
log $\Delta\varphi$	2.4155796- ;	log $\Delta\lambda$	1.6209307-
$\Delta\varphi$	-4' 20."4 ;	$\Delta\lambda$	-41."8

$\varphi$ Obs. Tacubaya	<u>19° 24' 10."0</u> ;	$\lambda$ Obs. Tacubaya	<u>99° 11' 45."0</u>
$\varphi$ Ingeniería	<u>19° 19' 49."6</u> ;	$\lambda$ Ingeniería	<u>99° 11' 03."2</u>
Y Rectoría	- 7888.00 ;	X Rectoría	869.70
log Y Rectoría	3.8969669- ;	log X Rectoría	2.9393695-
log B	<u>8.5121895</u> ;	log G'	<u>8.5130630</u>
log $\Delta \varphi$	2.4091564- ;	log $\Delta \lambda$	1.4524325 -
$\Delta \varphi$	- 4' 16."5 ;	$\Delta \lambda$	- 28."3
$\varphi$ Obs. Tacubaya	<u>19° 24' 10."0</u> ;	$\lambda$ Obs. Tacubaya	<u>99° 11' 45."0</u>
$\varphi$ Rectoría	<u>19° 19' 53."5</u> ;	$\lambda$ Rectoría	<u>99° 11' 16."7</u>

LIGA DE LA RECTORIA CON LA TRIANGULACION  
DEL CATASTRO.

Triángulo Rectoría-Catedral-Torre Ciencias:

Angulo en Rectoría . . . . .	48° 51' 25"
Angulo en Catedral . . . . .	1° 51' 44"
Angulo en Torre de Ciencias . . . . .	129° 16' 51"

X Ciencias	+1385 ;	Y Ciencias	-7761
X Catedral	-6659 ;	Y Catedral	-3357
$\Delta X$	-5274 ;	$\Delta Y$	-11118
log $\Delta X$	3.72214 ;	log $\Delta Y$	4.04603
log $\Delta Y$	<u>4.04603</u> ;		
log tan Az	9.67611 ;		

Az . . . . . 25° 22' 40"

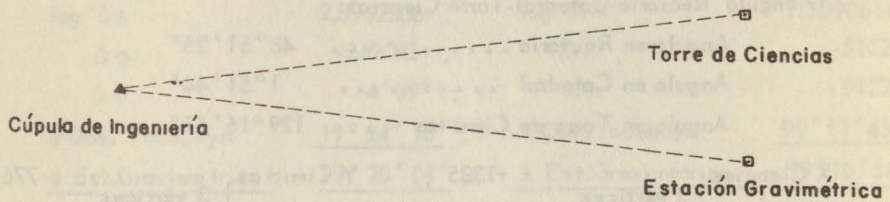
+180° 00' 00"

Az Catedral-Torre de Ciencias 205° 22' 40"

log $\Delta X$	3.72214 ;		
log sen Az	<u>9.63204-</u>		
log Cated.-Ciencias	4.09010 ;		
-log sen 48° 51' 25"	<u>9.87684</u> ;	Az Catedral-Cienc.	<u>205° 22' 40"</u>
	4.21326 ;		<u>+1° 51' 44"</u>

$+\log \text{ sen } 129^{\circ} 16' 51''$	<u>9.88877</u> ;	Az Cated.-Rectoría	<u>207^{\circ} 14' 24''</u>
log Cated.-Rectoría	4.10203 ;	log Cated.-Rectoría	4.10203
log sen Az	<u>9.66060</u> ;	log cos Az	<u>9.94895</u>
log $\Delta X$	3.76263- ;	log $\Delta Y$	4.05098-
$\Delta X$	-5789.3 ;	$\Delta Y$	-11245.0
X Catedral	<u>6659.0</u> ;	Y Catedral	<u>3357.0</u>
X Rectoría	<u>869.7</u> ;	Y Rectoría	<u>-7888.0</u>

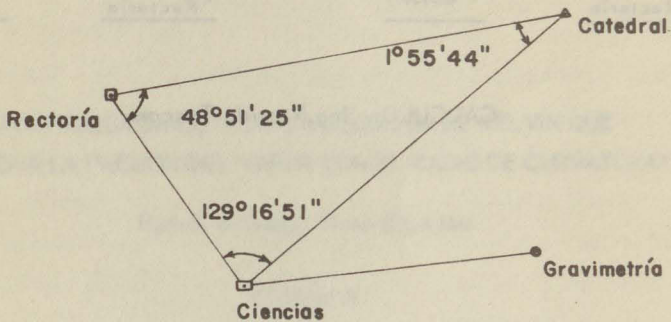
DETALLE DE LA LIGA GEODESICA DE LA TORRE DE CIENCIAS CON LA CUPULA DE INGENIERIA



Azimut (Ingeniería-Gravimetría)		<u>31^{\circ} 11' 44''</u>
Angulo Ingeniería	[ Ciencias	<u>-8^{\circ} 17' 54''</u>
	Gravimetría	
Azimut (Ingeniería-Ciencias)		<u>22^{\circ} 53' 50''</u>
Distancia (Ingeniería-Ciencias)		265.46
	log D	2.42400
log sen Az (Ingeniería-Ciencias)		<u>9.59004</u>
	log X	<u>2.01404</u>
	X	103.29
	X Ingeniería	<u>1281.94</u>
	X Ciencias	<u>1385.23</u>

$\log \cos Az$ (Ingeniería-Ciencias)	$\log D$	2.42400
		<u>9.96436</u>
	$\log Y$	2.38836
	Y	244.55
	Y <sub>Ingeniería</sub>	<u>- 8005.53</u>
	Y <sub>Ciencias</sub>	<u>7760.98</u>

DETALLE DE LA LIGA DE LA RECTORIA CON LA TORRE DE CIENCIAS



Catedral .....	$1^{\circ} 51' 44''$
Rectoría .....	$48^{\circ} 51' 25''$
Ciencias .....	<u><math>129^{\circ} 16' 51''</math></u>
	$180^{\circ} 00' 00''$

$X_{\text{Ciencias}}$ .....	+ 1385	$Y_{\text{Ciencias}}$ .....	- 7761
$X_{\text{Catedral}}$ .....	<u>- 6659</u>	$Y_{\text{Catedral}}$ .....	<u>- 3357</u>
$\Delta X$ .....	- 5274	$\Delta Y$ .....	- 11118
$\log \Delta X$	3.72214	$\log \Delta X$	3.72214
$\log \Delta Y$	<u>4.04603</u>	$-\log \sin Az$ Cat.-Cien.)	<u>9.63204</u>
	9.67611	$\log$ (Catec.-Cien.)	4.09010
		$-\log \sin 48^{\circ} 51' 25''$	<u>- 9.87684</u>
			4.21326

Az (Cat.-Cienc.)	205° 22' 40" ;		
	<u>+ 1° 51' 44" ;</u>		
Az (Cat.-Rect.)	207° 14' 24" ;	+log sen 129° 16' 55"	<u>9.88877</u>
log (Cat.-Rect.-)	4.10203 ;	log (cat.-Rect.)	<u>4.10203</u>
log sen Az	<u>9.66060 ;</u>	log cos Az	<u>9.94895</u>
log ΔX	3.76263 ;	log ΔY	<u>4.05098</u>
ΔX	-5789.3 ;	ΔY	- 11245
X <sub>Catedral</sub>	<u>6659.0 ;</u>	Y <sub>Catedral</sub>	<u>+ 3357</u>
X <sub>Rectoría</sub>	<u>+ 869.7 ;</u>	Y <sub>Rectoría</sub>	<u>- 7888</u>

CALCULO: Ing.Ricardo Toscano