

MEMORIA RELATIVA

A LA DETERMINACION

DE LA DECLINACION MAGNÉTICA,

ESCRITA POR EL INGENIERO

MIGUEL M. PONCE DE LEON,

MIEMBRO HONORARIO

DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE GEOGRAFIA Y ESTADISTICA.

OBSERVACIONES EJECUTADAS EN LA ESCUELA DE MINAS DE MÉXICO, POR LOS INGENIEROS

LUIS ESPINOSA Y MIGUEL M. PONCE DE LEON.

Uno de los datos que debe conocer el ingeniero para orientar sus planos, para colocar los instrumentos que emplee en las observaciones meridianas, y para adquirir otros elementos de una aplicacion mas ó ménos inmediata, pero siempre interesante y útil, es la declinacion magnética, ó el ángulo que forman en un lugar dado el meridiano astronómico y el magnético. La determinacion de este ángulo exige operaciones delicadas y prolijas que deben ejecutarse con toda exactitud durante muchos años, pues siendo este elemento constantemente variable, en un cierto período de tiempo puede reducirse á cero, y lo que es mas, cambiar de cuadrante y por consiguiente de signo. Aunque nos son desconocidas las causas de este singular fenómeno, podemos apreciar sus efectos, pues

comparando las observaciones hechas con toda regularidad en Paris, á falta de las que debieran haberse practicado en México, vemos que en el período de doscientos setenta y tres años, la declinacion ha variado 29° 34' siendo de N. 7° 00 E. el año de 1541, y de N. 22° 34' O. el año de 1814 en que llegó á su valor máximo, habiendo sido nula en 1666.

Con el objeto de sistemar estas observaciones en el observatorio meteorológico de la Escuela de Minas de esta capital, se colocó un declinatorio Gambey, y para esto se hicieron las observaciones cuya descripcion consta en la memoria que publicamos. Los resultados de ellas nos parecen aceptables, puesto que el azimut magnético de la línea elegida es el promedio de varias observaciones hechas en un mismo dia con

intervalos de tiempo muy pequeños, las cuales presentan diferencias insignificantes. Es de notar tambien que la aguja magnética estaba libre de las influencias exteriores en los lugares que se eligieron como estaciones.

Se determinó el azimut astronómico de la misma línea por una serie de operaciones trigonométricas, fundadas en los elementos que proporciona uno de los triángulos de la Comision del Valle, y en las observaciones angulares que constan en la memoria.

Tambien se emplearon dos series de observaciones astronómicas practicadas en distintos dias, cuyos resultados solo difieren en segundos de arco, siendo el azimut

astronómico adoptado, el promedio que se obtuvo de estas observaciones y de las trigonométricas anteriores.

Nos lisonjamos de que estos pequeños trabajos con que pagamos una pequeñísima parte de nuestro tributo á la ciencia, á nuestro país y al colegio en que recibimos nuestra educacion científica, servirán para abrir la marcha á una serie de trabajos no interrumpidos, sin los cuales estos serian infructuosos, pues es un axioma que en las ciencias de observacion los trabajos mas fecundos en resultados se esterilizan completamente cuando no son sostenidos por la constancia.

México, Noviembre 24 de 1867.

Si convenimos en contar los azimutes positivos del Sur al Oeste y los negativos del Sur al Este, se determinará el valor de la declinacion magnética por medio de la ecuacion

x = A - a..... (1)

en la que representan:

- A..... azimut astronómico de un objeto cualquiera.
a..... azimut magnético del mismo objeto.
x..... declinacion magnética.

Por lo mismo, el problema quedará resuelto si se determinan los valores que deben tener para un mismo objeto los términos A y a del segundo miembro de la ecuacion (1), y de esto nos vamos á ocupar.

AZIMUT MAGNÉTICO.—Puesto que el meridiano magnético de un lugar es el plano vertical que contiene el eje de una aguja imantada y suspendida libremente por su centro de gravedad en ese mismo lugar de la tierra, y puesto que el azimut magnético de un objeto es el ángulo formado por dicho plano con el vertical que determina el centro de la aguja y el objeto, es evidente que ese ángulo tendrá su verdadero valor cuando la aguja adquiera cierta posicion, determinada por la accion magnética que la tierra ejerce sobre ella, en

las mismas circunstancias que existirian si la aguja se encontrara bajo la influencia única de un iman artificial. Por otra parte, de las observaciones ejecutadas durante muchos años en diferentes países, se ha deducido, que la intensidad de la accion magnética de la tierra, varía de una manera relativa para un mismo lugar, segun una ley cuya causa es desconocida hasta ahora, pero pueden existir tambien en el meridiano magnético desviaciones absolutas, producidas unas veces por la presencia de las masas ferruginosas de algunas

montañas, y otras por la atracción que ejercen sobre la aguja ciertas masas de hierro colocadas en los edificios para darles mas solidez y estabilidad. Segun esto, para resolver satisfactoriamente el problema de que se trata, es indispensable determinar la desviación absoluta de la aguja en el lugar donde se ejecutan las observaciones, ó elegir otro para el cual esa desviación sea inapreciable ó completamente nula. Con este objeto se emprendieron varias operaciones en el Observatorio astronómico y en el meteorológico de la Escuela; pero habiéndose obtenido resultados muy diversos, fué necesario abandonarlas y deducir como consecuencia inmediata, que la aguja está sujeta á la acción de las masas de hierro que existen en aquellos lugares ó en sus inmediaciones; se eligió despues el Gabinete fotográfico, que ademas de ser punto bastante elevado, se encuentra á

iguales distancias de las principales masas de hierro que existen en todo el edificio, y se procedió por consiguiente á determinar el azimut magnético de la línea que une el centro del Gabinete y el de la torre Oeste de la Colegiata de Guadalupe, haciendo estación en un punto intermedio de esta línea, situado cerca de la calzada que conduce de esta ciudad á la de Guadalupe Hidalgo. Al dia siguiente, y á la hora de la observación del dia anterior, se determinó el mismo azimut en el centro del Gabinete, y como la comparación de ambos resultados dió una diferencia inapreciable, se dedujo que las desviaciones locales que podrian existir en el meridiano magnético son completamente nulas, resultando de esto, que el Gabinete fotográfico es un lugar á propósito para las observaciones de declinación. Los resultados obtenidos son los siguientes:

AZIMUT MAGNÉTICO DE LA TORRE O., DETERMINADO POR OBSERVACIONES HECHAS Á LAS 12^h DEL DIA 21 DE AGOSTO DE 1866, CON UNA AGUJA MAGNÉTICA (LONGITUD O^m 15) MONTADA EN UN TEODOLITO TROUGHTON & SIMSS QUE APROXIMA LOS ÁNGULOS Á 20."

PRIMER NONIUS.	SEGUNDO NONIUS.	ÁNGULOS MEDIOS.
164° 31' 40"	164° 31' 20"	164° 31' 30"
164 32 40	164 32 40	164 32 40
164 31 10	164 31 20	164 31 15
164 29 20	164 29 10	164 29 15
Promedio = - 164° 31' 10"		

AZIMUT MAGNÉTICO DEL CENTRO DEL GABINETE FOTOGRAFICO.

PRIMER NONIUS.	SEGUNDO NONIUS.	ÁNGULOS MEDICS.
15° 28' 20"	15° 28' 20"	15° 28' 20"
15 27 20	15 27 20	15 27 20
15 28 40	15 28 50	15 28 45
15 30 40	15 30 50	15 30 45
Promedio = + 15° 28' 47."5		

Determinando el promedio entre el suplemento de este último ángulo y el azimut obtenido para la torre O., se encuentra:

$$a = -164^{\circ} 31' 11.''5$$

azimut de la línea indicada.

A las 12^h del 12 de Setiembre del mismo año, y sirviendo de estación el punto de que se hizo uso en las anteriores observaciones, se practicaron otras cuyos resultados se expresan á continuación:

AZIMUT MAGNÉTICO DE LA TORRE OESTE.

PRIMER NONIUS.	SEGUNDO NONIUS.	ÁNGULOS MEDIOS.
164° 31' 40"	164° 31' 20"	164° 31' 30"
164 32 20	164 32 20	164 32 20
164 30 00	164 29 40	164 29 50
Promedio = - 164° 31' 33."33		

AZIMUT MAGNÉTICO DEL GABINETE.

PRIMER NONIUS.	SEGUNDO NONIUS.	ÁNGULOS MEDIOS.
15° 28' 20"	15° 28' 30"	15° 28' 25"
15 27 40	15 27 40	15 27 40
15 30 00	15 30 20	15 30 10
Promedio = + 15° 28' 45"		

Determinando el medio aritmético entre el suplemento de este ángulo y el azimut obtenido anteriormente para la torre Oeste, se tiene:

$$a = -164^{\circ} 31' 14.''17$$

que es el azimut de la referida línea.

Los resultados de las observaciones hechas en el Gabinete fotográfico los dias 22 de Agosto y 13 de Setiembre, fueron enteramente análogos á los que aquí constan; de lo cual resulta que en dicho lugar la aguja magnética está libre de las atracciones locales que podrian desviarla de su posición natural.

El dia 6 de Noviembre del mismo año, á las diez de la mañana, se ejecutaron otras observaciones en el Gabinete, con el objeto de determinar el azimut magnético de la torre O. Los resultados se expresan á continuación:

PRIMER NONIUS.			SEGUNDO NONIUS.			ÁNGULOS MEDIOS.		
164°	27'	00''	164°	26'	40''	164°	26'	50''
164	27	20	164	27	00	164	27	10
164	28	40	164	29	00	164	28	50
			Promedio =			164°	27'	36.''66

Finalmente, para establecer el Declinatorio Gambey en el Observatorio meteorológico, de manera que en adelante pudiera indicar exactamente los cambios de posición que experimenta el meridiano magnético de este lugar, se hicieron las observaciones siguientes el día 5 de Marzo de 1867, á las nueve horas de la mañana, sirviendo de estación el centro del Gabinete fotográfico.

AZIMUT MAGNÉTICO DE LA TORRE O.

PRIMER NONIUS.			SEGUNDO NONIUS.			ÁNGULOS MEDIOS.		
164°	33'	00''	164°	32'	40''	164°	32'	50''
164	31	20	164	31	20	164	31	20
164	31	20	164	31	20	164	31	20
164	32	40	164	32	40	164	32	40
			a =			164°	32'	02.''5

No siendo nuestro intento hablar de las variaciones periódicas ó relativas que experimenta el meridiano magnético de un lugar, dirémos solo que las diferencias que se advierten entre los azimutes magnéticos de la torre O. determinados en épocas diversas, son el resultado combinado de las variaciones del meridiano, llamadas diurnas, anuales y seculares.

AZIMUT ASTRONÓMICO.—Las continuas lluvias de la época en que se comenzó á determinar la declinación magnética, impidieron que se hubieran podido hacer las observaciones astronómicas necesarias para obtener el azimut de la torre O. por lo cual se recurrió á otro método, que aun que indirecto, proporciona la exactitud que se requiere en esta especie de cálculos.

Para la resolución de este nuevo problema, convenimos en determinar la posición del gabinete con respecto á tres vértices de la triangulación del Valle de México, eligiéndose para este objeto los edificios Santiago Tlaltelolco, San Francisco y San Lázaro, que supondremos unidos por líneas rectas para formar el triángulo de

la Comisión y en el cual se conocen todos sus elementos reducidos al nivel del Océano, así como el azimut de uno de sus lados. Designemos estos vértices respectivamente por las letras *B, C, A*, y sea *F* el punto cuya posición se quiere determinar. Suponiendo que se ha resuelto el problema, se puede hacer pasar una circunferencia por *B, C, F*, y si se han determinado los ángulos que forman las líneas dirigidas de este último punto á los otros tres, se tendrán los elementos necesarios para la resolución del problema; pero antes de pasar á ella, es conveniente poner á la vista los resultados de las observaciones angulares, hechas con un teodolito Troughton & Simms que aproxima á 20''

PRIMERA OBSERVACION EN F.

PUNTOS OBSERVADOS.	PRIMER NONIUS.	SEGUNDO NONIUS.	ÁNGULOS MEDIOS.
Santiago Tlaltelolco [media naranja].....	000° 00' 00''	180° 00' 00''	000° 00' 00''
Colegiata [centro de la torre O.].....	11 55 20	191 55 20	11 55 20
San Lázaro [bóveda del presbiterio].....	84 37 20	264 37 40	84 37 30
San Francisco [bóveda del centro].....	174 25 20	354 25 00	174 25 10

SEGUNDA OBSERVACION EN F.

PUNTOS OBSERVADOS.	PRIMER NONIUS.	SEGUNDO NONIUS.	ÁNGULOS MEDIOS.
Santiago Tlaltelolco (media naranja).....	90° 00' 00''	270° 00' 00''	90° 00' 00''
Colegiata (centro de la torre O.).....	101 55 20	281 55 40	101 55 30
San Lázaro (bóveda del presbiterio).....	174 37 20	354 37 20	174 37 20
San Francisco (bóveda del centro).....	264 25 20	84 25 20	264 25 20

TERCERA OBSERVACION EN F.

PUNTOS OBSERVADOS.	PRIMER NONIUS.	SEGUNDO NONIUS.	ÁNGULOS MEDIOS.
Santiago Tlaltelolco (media naranja).....	180° 00' 00''	000° 00' 00''	180° 00' 00''
Colegiata (centro de la torre O.).....	191 55 40	11 55 20	191 55 30
San Lázaro (bóveda del presbiterio).....	264 37 40	84 37 40	264 37 40
San Francisco (bóveda del centro).....	354 25 20	174 25 20	354 25 20

CUARTA OBSERVACION EN F.

PUNTOS OBSERVADOS.	PRIMER NONIUS.	SEGUNDO NONIUS.	ÁNGULOS MEDIOS.
Santiago Tlaltelolco (media naranja).....	270° 00' 00''	90° 00' 00''	270° 00' 00''
Colegiata (centro de la torre O.).....	281 55 20	101 55 20	281 55 20
San Lázaro (bóveda del presbiterio).....	354 37 40	174 37 20	354 37 30
San Francisco (bóveda del centro).....	84 25 20	264 25 00	84 25 10

VALORES MEDIOS DE LOS ANGULOS EN F.

PUNTOS OBSERVADOS.	PRIMERA OBSERVACION.	SEGUNDA OBSERVACION.	TERCERA OBSERVACION.	CUARTA OBSERVACION.
Santiago Tlalotelco (media naranja).....	000° 00' 00"	90° 00' 00"	180° 00' 00"	270° 00' 00"
Colegiata (centro de la torre O.)....	11 55 20	101 55 30	191 55 30	281 55 30
San Lázaro (bóveda del presbiterio)	84 37 30	174 37 20	264 37 40	354 37 20
San Francisco (bóveda del centro)..	174 25 10	264 25 20	354 25 20	84 25 10

VALORES MEDIOS DE LOS ANGULOS PARCIALES OBSERVADOS EN EL PUNTO F.

PUNTOS OBSERVADOS.	LETRAS.	1ª observacion.	2ª observacion.	3ª observacion.	4ª observacion.	PROMEDIOS.
Santiago Tlalotelco....	B.					
Colegiata [torre O.].....	D.	11° 55' 30"	11° 55' 30"	11° 55' 30"	11° 55' 20"	11° 55' 25"
San Lázaro.....	A.	72 42 10	72 41 50	72 42 10	72 42 10	72 42 10
San Francisco.....	C.	89 47 40	89 48 00	89 47 40	89 47 40	89 47 40

Consultando la columna de los promedios, veremos que los ángulos formados en el centro del Gabinete fotográfico por las visuales dirigidas á los edificios Santiago, San Lázaro y San Francisco, son respectivamente iguales á 84° 37' 35" y á 89° 47' 40", elementos que deben entrar en el cálculo.

Se ha dicho ántes, que pasa una circunferencia por B, C, F, y si suponemos ahora que se haya prolongado la recta FA hasta que encuentre esta circunferencia en un punto O, se obtendrán los datos necesarios para resolver el triángulo BOC, segun aquí se expresa:

$BC = 1988.^m08$ lado determinado por la comision del Valle.
 $BCO = BFO = 84° 37' 35''$
 $CBO = CFO = 89° 47' 40''$
 $BOC = 5° 34' 45'' = 180° - (BCO + CBO)$

CÁLCULO DEL TRIÁNGULO BOC.

$5° 34' 45''$ log. sen. = 9.9877602
 $1988.^m08$ log. = 3.2984339
 $84° 37' 45''$ log. sen. = 9.9980872

 $\log. BO = 4.3087609 = \log. 20359.^m21$
 $89° 47' 40''$ log. sen. = 9.9999972

 $\log. CO = 4.3106709 = \log. 20448.^m94$

Con estos nuevos elementos, los lados conocidos BA, CA y los ángulos ABO, ACO, que tambien pueden determinarse, se resolverán los triángulos ABO, ACO de la manera siguiente:

CÁLCULOS PRELIMINARES.

$+ CBO = 89° 47' 40''.00$
 $- CBA = 52 20 19.20$

 $37° 27' 20''.80 = ABO$
 $\text{supl.} = 142° 32' 39''.20 = S$
 $71° 16' 19''.60 = \frac{1}{2} S$
 $+ BCO = 84° 37' 35''.00$
 $- BCA = 78 29 54.20$

 $6° 7' 40''.80 = ACO$
 $\text{supl.} = 173° 52' 19''.20 = S'$
 $86° 56' 9''.60 = \frac{1}{2} S'$

$BO = 20359.^m21$ $CO = 20448.^m94$
 $BA = 2574. 98$ $CA = 2080 22$

$BO + BA = 22934. 19$ $CO + CA = 22529. 16$
 $BO - BA = 17784. 23$ $CO - CA = 18368. 72$

CÁLCULO DEL TRIÁNGULO ABO.

$22934.^m19$ log. = 4.3604834
 $17784. 23$ log. = 4.2500350
 $\frac{1}{2} S$ log tang. = 0.4697696

 $0.3593212 = \log. \text{tang. } \frac{1}{2} D$
 $\frac{1}{2} D = 66° 23' 6'' 42$
 $\frac{1}{2} S = 71 16 19 60$
 $BAO = 137° 39' 26'' 02$
 $\text{supl.} = 42° 20' 33'' 98 = BAF$

CÁLCULO DEL TRIÁNGULO ACO.

$22529.^m16$ log. = 4.3527450
 $18368. 72$ log. = 4.2640789
 $\frac{1}{2} S$ log. tang. = 1.2714196

 $1.1827535 = \log. \text{tang. } \frac{1}{2} D'$
 $\frac{1}{2} D' = 86° 14' 37'' 75$
 $\frac{1}{2} S' = 86° 56' 9'' 60$
 $CAO = 173° 10' 47'' 35$
 $\text{supl.} = 6° 49' 12'' 65 = CAF$