



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**CATÁLOGO DE ESTACIONES MAGNÉTICAS
DE REPETICIÓN Y CARTA MAGNÉTICA
ÉPOCA 2010.0 PARA MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA GEOFÍSICA**

**PRESENTA:
BIVIANA GUZMÁN ARMENTA**

**DIRECTOR DE TESIS
M.C. GERARDO CIFUENTES NAVA**

CIUDAD UNIVERSITARIA

MÉXICO, D.F. 2014





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDÍCE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	8
1.1. Mediciones Magnéticas en México	8
1.2. Cartas Magnéticas para la República Mexicana	9
CAPÍTULO 2. CAMPO GEOMAGNETICO	24
2.1. Origen del Campo Geomagnetico	24
2.1.1. Unidades de Medida	24
2.1.2. Hipótesis Del Origen Del Campo Geomagnético	26
2.2. Geometría del Campo Geomagnetico	28
2.3. Variaciones Temporales del Campo Geomagnético	30
2.4. Observatorios Magnéticos	34
2.4.1 Observatorios Magnéticos en México	35
2.5. Estaciones Magnéticas de Repetición	36
2.5.1. Historia de las Estaciones Magnéticas de Repetición	36
2.5.2. Criterios para establecer una Estación Magnética de Repetición	38
2.5.3. Medición del Campo Magnético	39
2.6. Cartas Magnéticas	39
CAPITULO 3. METODOLOGÍA	41
3.1. Trabajo de campo: Red de Estaciones Magnéticas de Repetición	41
3.1.1 Gradiente Magnético	41
3.1.2. Colocación de una Estación Base	42
3.1.3. Identificación de la MIRA (Marca de Azimut)	43
3.1.4. Obtención del Norte Verdadero	43

3.1.5. Protocolo de Observaciones Absolutas	44
3.1.6. Levantamiento Magnetométrico	53
3.1.7. La reducción de datos de campo. Trabajo de gabinete	54
3.2. Reducción de Datos.	59
3.3. Curvas de Variación Secular	60
3.4. Elaboración de una Carta Magnética	62
CAPITULO 4. ESTACIONES MAGNÉTICAS DE REPETICIÓN Y CARTAS MAGNÉTICAS	66
4.1. Nuevo Catalogo de Estaciones de Repetición Magnéticas	66
4.2. Cartas Magnéticas para la República Mexicana Época 2010.0	68
CAPITULO 5. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES	71
REFERENCIAS	73
ANEXOS	75
CATÁLOGO DE ESTACIONES MAGNÉTICAS DE REPETICIÓN CARTAS MAGNÉTICAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA ÉPOCA 2010.0 Tablas de Variación secular	

RESUMEN

Se presenta en este trabajo un análisis desde la década de 1950 en lo relativo a la actualización de la red de estaciones magnéticas de repetición de la República Mexicana con objeto de medir los elementos del campo geomagnético; así como estudiar la Variación Secular.

Se describe de la misma forma los métodos usados para describir como fueron obtenidos los datos, como fueron reducidos y procesados con el fin de obtener la Carta Magnética para la época 2010.0; conjuntamente con un nuevo catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición, aprovechando las ventajas de nuevas herramientas para procesar las bases de datos geográficas, que no existían al momento de realizar la última carta para la época 1990.0.

Durante el período 2008-2013 se realizaron, una serie de campañas de medición, para actualizar los datos de la red de Estaciones Magnéticas de Repetición en México. La última Carta Magnética, fue elaborada en la década de los noventa, por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual considero una total de 52 estaciones.

Algunas de los sitios de emplazamiento de las estaciones magnéticas que se utilizaron para la carta de los noventa desaparecieron o fueron absorbidos por la mancha urbana. Por esta razón fue necesario reubicar cada uno de estos sitios; generando así, un total de 43 Estaciones Magnéticas de Repetición para la elaboración de la nueva Carta Magnética. Las nuevas Estaciones Magnéticas de Repetición, se encuentran en un radio máximo de 5 kilómetros con respecto a las anteriores, y se ubicaron preferentemente en lugares como escuelas, aeropuertos, zonas arqueológicas y campos deportivos por ejemplo.

Los instrumentos utilizados en las distintas campañas fueron dos magnetómetros para Declinación e Inclinación magnética (DI-Flux); un magnetómetro de precesión protónica tipo Overhauser. Así como la instrumentación y los datos en tiempo real del Observatorio Magnético de Teoloyucan, operado por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El procesamiento de los datos, se realizó siguiendo la metodología utilizada en el mismo Instituto de Geofísica; mediante una combinación de programas desarrollados allí junto con otras plataformas, como el Multiyear Interactive Computer Almanac del Observatorio Naval de los Estados Unidos.

Se presenta el nuevo Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición, donde se encuentra la descripción de las 43 estaciones que constituyen la Carta Magnética época 2010.0 para México. Además de ser un catálogo actualizado, se incorporan los elementos necesarios para promover una continuidad en la elaboración de futuras cartas.

Finalmente se presentan las Cartas Magnéticas correspondientes a la Declinación, Inclinación e Intensidad Total reducidas a la época 2010.0.

ABSTRACT

A data analysis is presented since the 50's regarding the magnetic stations in Mexico network upgrade in order to measure the elements of the geomagnetic field, and to study its Secular Variation.

A detailed description of the methods used to acquire, reduce and process information to obtain Magnetic Charts epoch 2010.0 is presented, together with a new catalog of Magnetic Repeat Stations, taking advantage of new tools to process geographic databases that did not exist at the time of the last map reported in 1990s.

During the period 2008-2013, seven measurement campaigns were carried out to update the data network of the Magnetic Repeat Stations in Mexico. Last Magnetic Chart, was published in the nineties, by the Institute of Geophysics of the National Autonomous University of Mexico, using 52 stations.

Several sites of the magnetic stations used for the last magnetic chart (1990.0) disappeared or were absorbed into the urban sprawl. For this reason it was necessary to relocate each of these sites; generating a total of 43 Magnetic Repeat Stations. Currently those new Magnetic Repeat Stations are located within a radius of 5 kilometers with respect to the last positions, and is preferably placed in schools, airports, or archaeological sites for example.

The instrumentation used in the seven campaigns was two magnetometers for magnetic declination and inclination (DI-Flux); and a proton precession magnetometer (Overhauser). The real time data and instrumentation of Teoloyucan Magnetic Observatory operated by the University's staff were used as well.

The data processing was performed following the same methodology used in the Institute of Geophysics, through a combination of programs developed there along with other platforms, such as the Multiyear Interactive Computer Almanac Naval Observatory U.S.

An updated and new Magnetic Repeat Station Catalog is presented; it contains the description of the 43 stations that constitute the Magnetic Chart of Mexico epoch 2010.0. Besides being an updated catalog, the elements are incorporated to promote continuity in the development of future maps.

Finally the corresponding Charts for Magnetic Declination, Inclination and Total Intensity reduced to the epoch 2010.0 are presented.

INTRODUCCIÓN

La elaboración de esta tesis cumple principalmente dos propósitos; el primero, elaborar un nuevo Catálogo de las Estaciones Magnéticas de Repetición para la Republica Mexicana, basado en las últimas observaciones de Campo Geomagnético obtenidas entre 2008-2013 y el acervo existente desde el siglo XVI; y el segundo pero no menos importante, generar la Carta Magnética de la Republica Mexicana para la época 2010.0.

El Campo Geomagnético Principal varía secularmente de forma que no se puede predecir más allá de cinco años (por esta razón, las cartas publicadas se refieren como números decimales reducidos al tiempo o época específica; 1990.0, 2010.0, etc.). Es por esto que los estándares internacionales recomiendan medir las Estaciones Magnéticas de Repetición y elaborar la Carta Magnética al menos cada cinco años según la IAGA (Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía). (IAGA, 1996).

De acuerdo a la Real Academia de la Lengua Española, un catálogo es la relación ordenada en la que se incluyen o describen de forma individual libros, documentos, personas, objetos, etc. En este caso, el catálogo que se elaboró comprende las Estaciones Magnéticas de Repetición correspondientes a la Carta Magnética para la época 2010.0.

Existe un catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición, él cual lleva por nombre “Valores Magnéticos en la República Mexicana y Centro América De 1587-1991” y fue publicado por el Ing. Carlos Cañón Amaro en el año 1991, sin embargo, el actual catálogo contiene una actualización de las Estaciones Magnéticas de Repetición consideradas en las últimas campañas de campo.

Una carta Magnética, es la representación de los elementos del vector de campo geomagnético y su Variación Secular en la superficie de la Tierra para una época determinada. Las cartas magnéticas son una herramienta importante para la ingeniería aplicada en Geociencias y la investigación geomagnética moderna, ya que desde la orientación de un telescopio o una antena, hasta el cálculo bidimensional de un mapa magnético residual para la exploración geofísica, está involucrada alguna componente del vector geomagnético.

Entre el siglo XVI y la mitad del siglo XIX, las observaciones magnéticas fueron hechas con fines de orientación, para la navegación marítima. Fue hasta el año 1700, cuando Halley publicó una carta de Declinación Magnética para el océano Atlántico. En México, las primeras observaciones magnéticas se realizaron a finales del siglo XVI por Cavendish en 1576 en La Paz, B.C. Sin embargo, fue hasta el año de 1906, cuando el concepto de Carta Magnética se aplicó en un estudio específico realizado por el

Instituto de Carnegie en Washington. En el año de 1947, se fundó el IGEF (Instituto de Geofísica de la UNAM) a partir de ese año, este se encargó de publicar las Cartas Magnéticas para la República Mexicana. La última Carta Magnética fue publicada en el año de 1993 y corresponde a la Época 1990.0, constituida por 52 Estaciones Magnéticas de Repetición.

La actual Carta Magnética correspondiente a la época 2010.0 consta de 45 estaciones de repetición Magnética distribuidas homogéneamente en el territorio nacional.

La Tierra funciona como un gigantesco dínamo auto-sustentado. Es decir, el movimiento del material en el núcleo externo de la Tierra producido por diferencias de temperatura, junto con la rotación terrestre, generan una corriente eléctrica. Dicha corriente interactúa con el campo magnético pre-existente y produce el campo geomagnético.

El campo geomagnético varía en períodos que van desde segundos hasta decenas de millones de años. Destacan sus cambios en intensidad y polaridad, además de la posición de los polos magnéticos con respecto a los polos geográficos. El campo geomagnético ha sido observado en forma continua desde 1830, su intensidad ha disminuido cerca de un 6%. Si continuara disminuyendo así, desaparecería en unos 2000 años; sin embargo, antes de que esto ocurra, el campo comenzará a aumentar otra vez con polaridad inversa. (Museo de Geofísica-UNAM, 2013)

Por otro lado, se dice que, una Estación Magnética de Repetición es un sitio donde los valores del vector de campo geomagnético se obtienen a intervalos regulares, a través de observaciones absolutas.

Las observaciones absolutas, se realizan a través de magnetómetros como el DI-FLUX ZEISS A-20 y OVERHAUSER GSM-19, y sirven para medir el campo geomagnético a través de un conjunto de observaciones periódicas realizadas por un observador. Un conjunto de observaciones absolutas, es una secuencia de mediciones absolutas de cualquiera de las componentes del vector geomagnético necesarias para determinar el campo geomagnético.

Las observaciones absolutas realizadas en una estación magnética de repetición incluyen la contribución del campo geomagnético principal originado en el núcleo, a través de fuentes generadas en la ionosfera, corteza, núcleo, etc.

México, cuenta con solo un observatorio magnético, el observatorio magnético de Teoloyucan, por lo tanto, se utilizan datos de este observatorio y de observatorios de países vecinos para la reducción de datos, haciendo este el método más sencillo y económico. Este método se basa en asumir que las variaciones transitorias (incluyendo la diurna) del campo magnético son idénticas tanto en la Estación Magnética de Repetición, así como, en el observatorio de referencia elegido y se aplica de tal manera que se pueda calcular un valor promedio anual en la Estación Magnética de Repetición.

CAPÍTULO 1.

ANTECEDENTES

1.1. Mediciones Magnéticas en México

El geomagnetismo es una de las ramas de la Geofísica que se conoce desde épocas remotas. El español Alfonso de Santa Cruz, cosmógrafo y piloto, publicó en 1530 la primera carta magnética con valores de isógonas de 15 en 15 grados, los cuales hizo coincidir con los meridianos geográficos. Posteriormente se publicaron varias cartas magnéticas. (Cañón Amaro, 1991)

En la República Mexicana, se hicieron desde la llegada de los españoles. Los datos de estas observaciones se encuentran en el "Archivo de Indias" el cual está en España; los valores más antiguos que hay aquí son los realizados por el pirata Candevish en el año de 1587 en la Paz, B. C., Cabo Corrientes Jalisco y Manzanillo Col.; todos los puntos observados están en las costas del Océano Pacífico. En el Golfo de México los datos más antiguos son los que observó Sir R. Dudley en el año de 1625 en el Puerto de Veracruz.

Todas las cartas que se hicieron en esas épocas fueron hechas para la navegación marítima, las cuales tenían errores; debido a la poca cantidad de Estaciones Magnéticas de Repetición, la mala distribución de ellas, lo rudimentario de los instrumentos usados y sobre todo el desconocimiento que había de la variación secular y anual; la falta de datos para corregir una carta por éstos cambios, tienen como consecuencia volver obsoleta la carta después de unos 10 años. Aún teniendo las curvas isóporas, (que nos dan la variación anual en una zona), los mapas tienen que actualizarse ya que, las variaciones no son uniformes. Como resultado, se ha tomado un período de cinco años como el tiempo conveniente para repetir una carta magnética, esto se determinó en una reunión de la IAGA (Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía).

En 1947, se fundó el IGEF (Instituto de Geofísica de la UNAM), este se encargó de publicar las Cartas Magnéticas de la República Mexicana. La última Carta Magnética de la República Mexicana fue publicada en el año de 1993 por él mismo, corresponde a la Época 1990.0, constituida por 52 estaciones magnéticas de repetición localizadas homogéneamente en el territorio nacional.

Existen un par de catálogos publicados por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde podemos encontrar todos los valores magnéticos de la República Mexicana y Centro América de 1587-1991. (Sandoval, 1950; Cañón-Amaro, 1991)

El objetivo de este capítulo es mostrar los cambios que han tenido las curvas isógonas en la República Mexicana desde el año 1630, para esto, se han tomado cartas publicadas por diversas instituciones.

1.2. Cartas Magnéticas para la República Mexicana

En el trabajo de Carlos Cañón Amaro, publicado en 1991; se hizo un catálogo de los datos de Declinación Magnética que se han logrado recopilar entre 1630 y 1990. En el periodo que abarca 1630 a 1906, los datos de Declinación Magnética fueron incorporados a mapas de cartografía moderna. Cabe señalar que aquellos primeros datos obtenidos por barcos tanto comerciales como militares, no tenían el objetivo de realizar una Carta Magnética en su concepción actual. A continuación se presenta una recopilación de las variaciones de la Declinación Magnética de la República Mexicana desde 1630:

Primera carta magnética, fue publicada en Florencia, Italia en el Arcano del Mare para la época de 1630.0, en ella se observa que la línea agónica atraviesa la republica pasando casi por Teoloyucan, lugar donde está situado el observatorio magnético mexicano desde 1911. Se observa que las isógonas siguen la dirección SE-NW, lo cual es incorrecto ya que las líneas al dirigirse al polo magnético deberían de ir de SW-NE; pues la cantidad de datos en esta área, era muy pequeña. Por lo tanto los datos no podían reflejar una tendencia regional (Figura 1.2.1).



Figura 1.2.1 Carta Magnética de la República Mexicana construida con datos de 1630.0 (Cañón, 1989).

Segunda carta magnética, se generó para la publicación de Cañón, (1989) para la época de 1700.0 tomando los datos de Sandoval (1950). En ella se observa que la línea agónica se ha desplazado con dirección hacia el Este pasando ahora por Coatzacoalcos, desplazándose de una manera muy lenta; las isógonas se dibujaron con la dirección SE-NW, y como ya se había mencionado no es la dirección correcta (Figura 1.2.2).



Figura 1.2.2 Carta Magnética de la Republica Mexicana construida con datos de Sandoval 1950 correspondiente a la época 1700.0 (Cañón, 1989).

Es de cierta manera, explicable el hecho de que estas cartas no puedan reflejar la dirección correcta dado que desde el punto de vista geoestadístico, no existen puntos suficientes para describir de manera adecuada el campo en una región comparativamente muy extensa (Flores Ruíz y Hernández, 1999).

Tercera carta magnética, fue publicada por el Coast and Geodetic Survey de los Estados Unidos, para la época de 1783.0. Se observa que la línea agónica salió completamente del territorio nacional. Las isógonas, ya presentan la dirección correcta SW-NE (Figura 1.2.3).

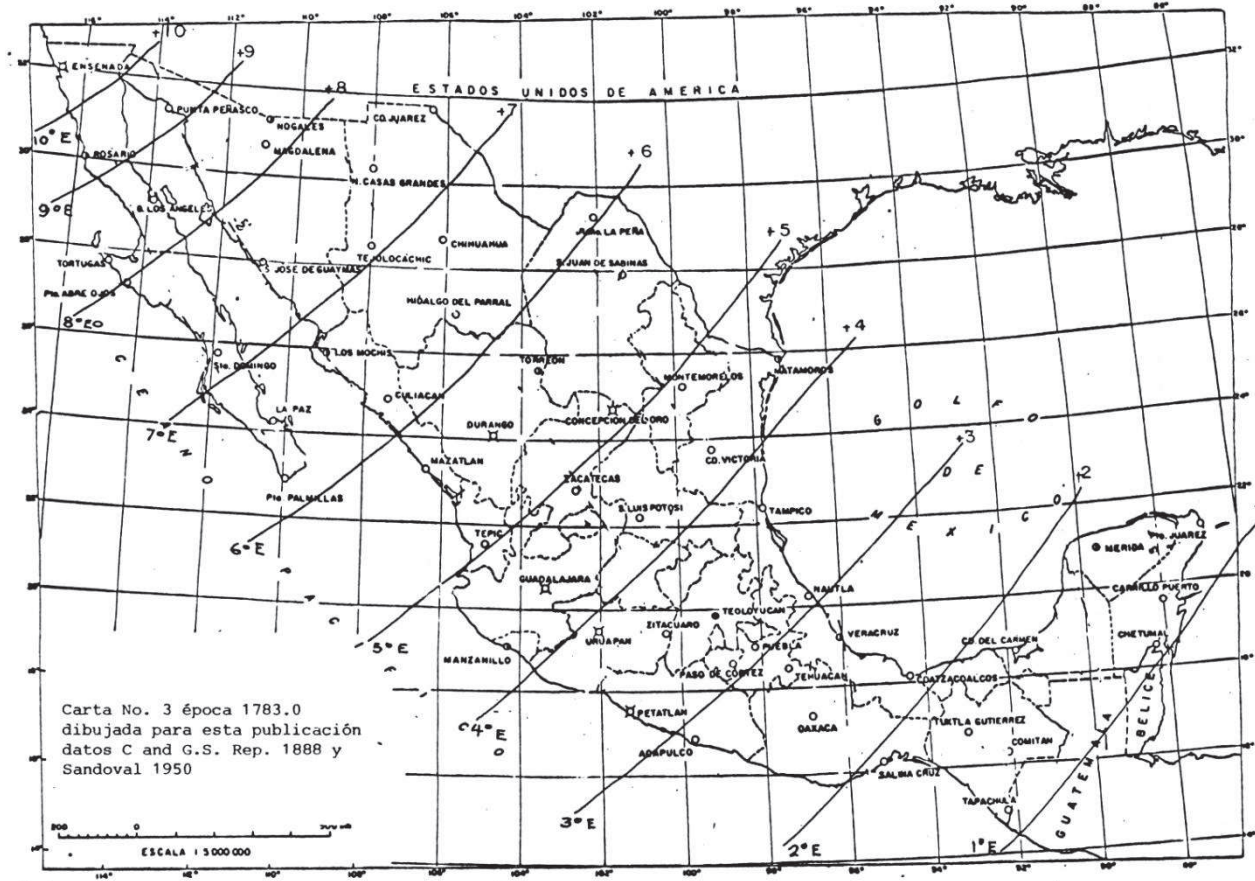


Figura 1.2.3 Carta Magnética de la Republica Mexicana construida con datos de C and G.S. Rep. 1988 y Sandoval 1950 correspondiente a la época 1783.0 (Cañon, 1989).

Cuarta carta magnética, se genera para la publicación de Cañón, (1989) para la época de 1850.0 tomando los datos de Sandoval, (1950), se observa que la isógona que cruza el centro de la República tiene un valor de 9° . Lo cual indica que las líneas continúan su desplazamiento con dirección hacia el Este. Figura 1.2.4

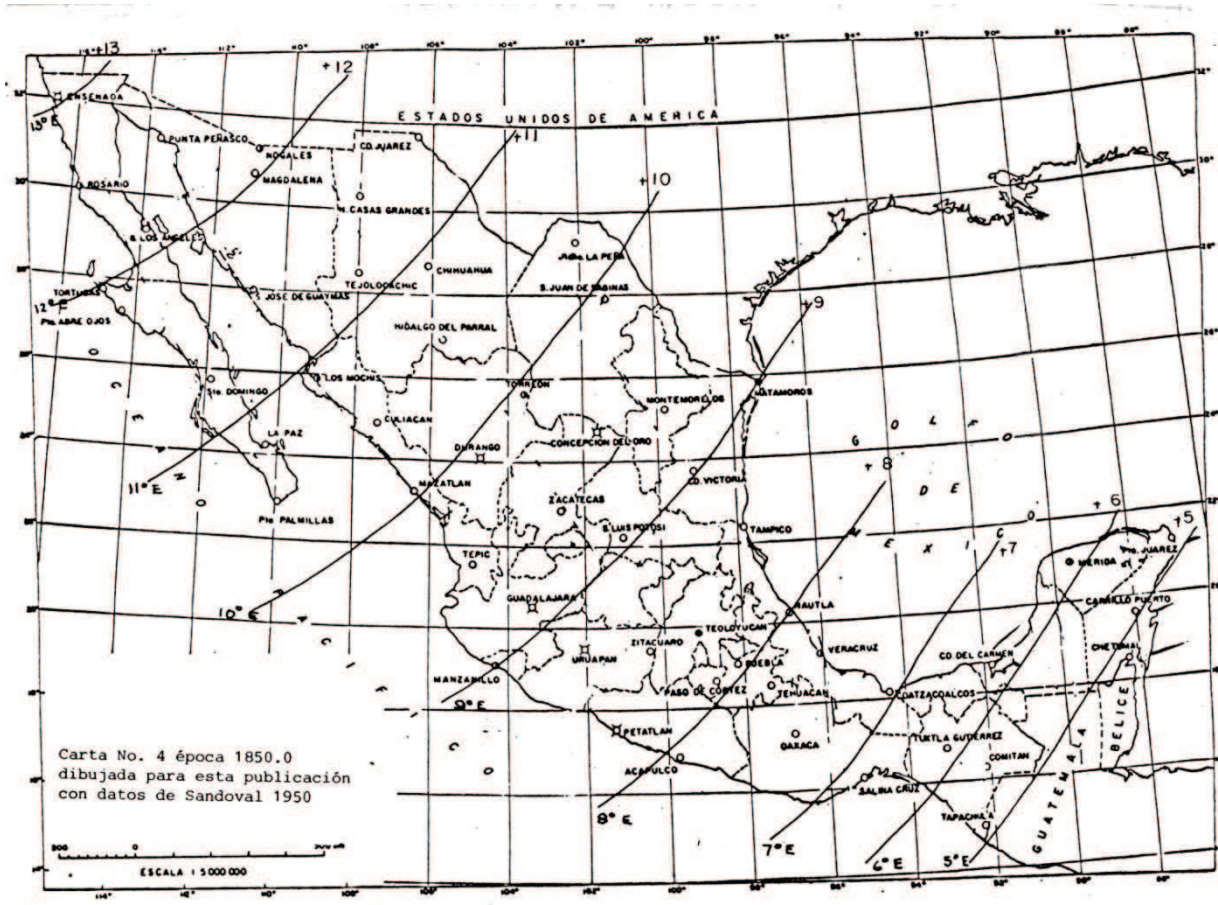


Figura 1.2.4. Carta Magnética de la Republica Mexicana construida con datos de Sandoval 1950 correspondiente a la época 1850.0 (Cañón, 1989).

Quinta carta magnética, fue publicada por el C. and G.S. para la época 1890.0, las líneas trazadas en la Península de Baja California, tienen una configuración irreal, las pocas estaciones tomadas en la península no permiten generar esta interpretación, la isógona con valor de 8° atraviesa el centro de la república; (C&GS Rep, 1889 Chart 25) (Figura 1.2.5).

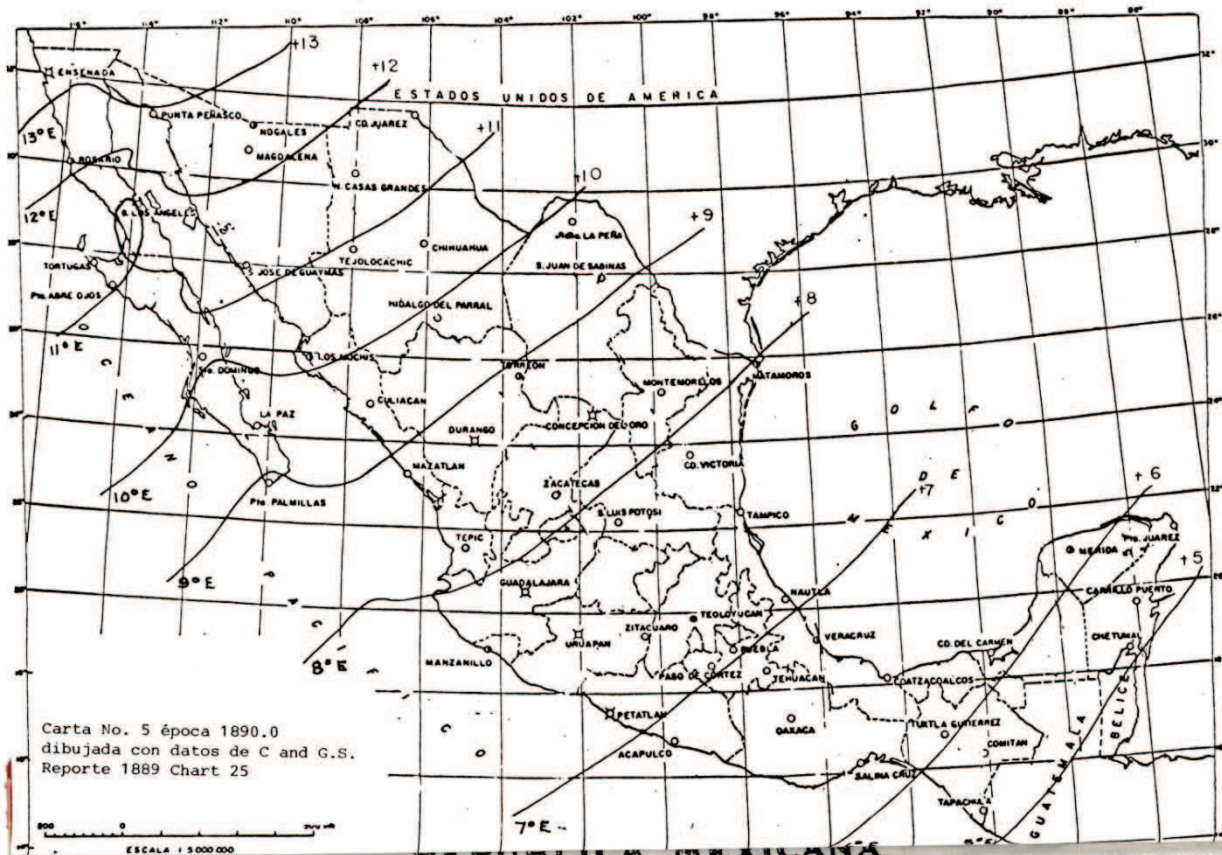


Figura 1.2.5 Carta Magnética de la Republica Mexicana construida con datos de C and G.S 1889 correspondiente a la época 1890.0 (Cañon, 1989).

Sexta carta magnética, la publica el Observatorio Astronómico de Tacubaya para la época de 1907.0, convirtiéndola en la primera carta magnética publicada por una institución nacional. Para su elaboración, se tomaron datos de 1906 y 1907, considerando 70 estaciones magnéticas de repetición, sin incluir a Baja California. Se aprecia que, las isógonas son más sinuosas, esto es debido al mayor número de estaciones que permiten seguir una forma con mayor precisión; la isógonas de 8° se desplaza con dirección SE (Figura 1.2.6).

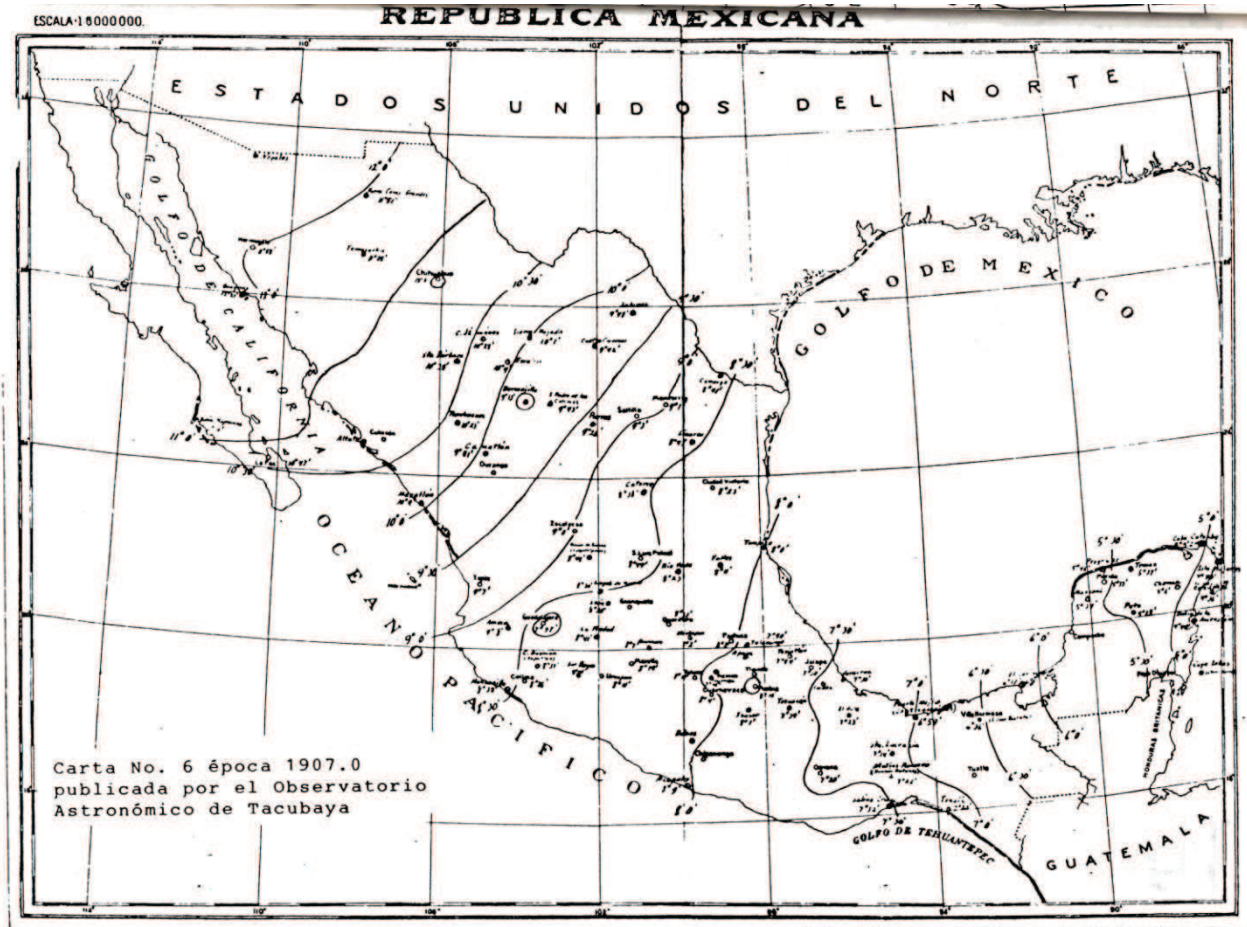


Figura 1.2.6 Carta Magnética de la Republica Mexicana construida por el observatorio Astronómico de Tacubaya correspondiente a la época 1850.0 (Cañon, 1989).

Séptima carta magnética, de igual manera fue realizada por el C. and G.S: para la época de 1915.0. Los datos corregidos que se utilizaron para su elaboración fueron los de la campaña 1906-1907. Se observa que las isógonas no han tenido gran desplazamiento con respecto a la de 1907, esto se deduce por la línea de 9° (Figura 1.2.7).

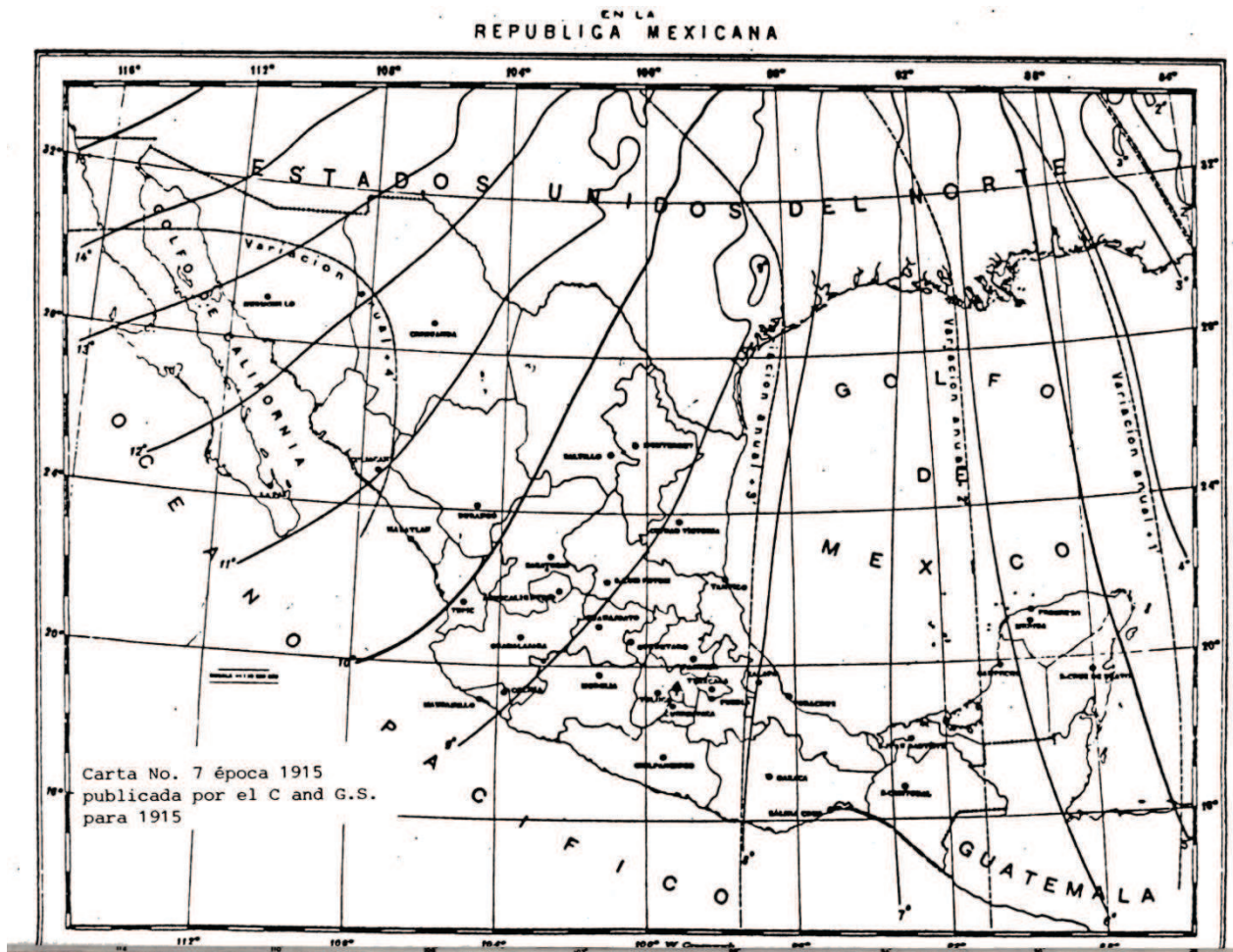


Figura 1.2.7 Carta Magnética de la Republica Mexicana publicada por el C and G.S. correspondiente a la época 1915.0 (Cañon, 1989).

Octava carta magnética para la época de 1932.0, fue publicada por el Observatorio Astronómico de Tacubaya. La isógona de 9° continuó su desplazamiento hacia el Este pasando sobre Matamoros y Oaxaca, esta carta fue hecha con un mayor número de estaciones magnéticas de repetición. Sin embargo, en la Península de Baja California se continúa con una mala interpretación de las líneas isógonas (Figura 1.2.8).

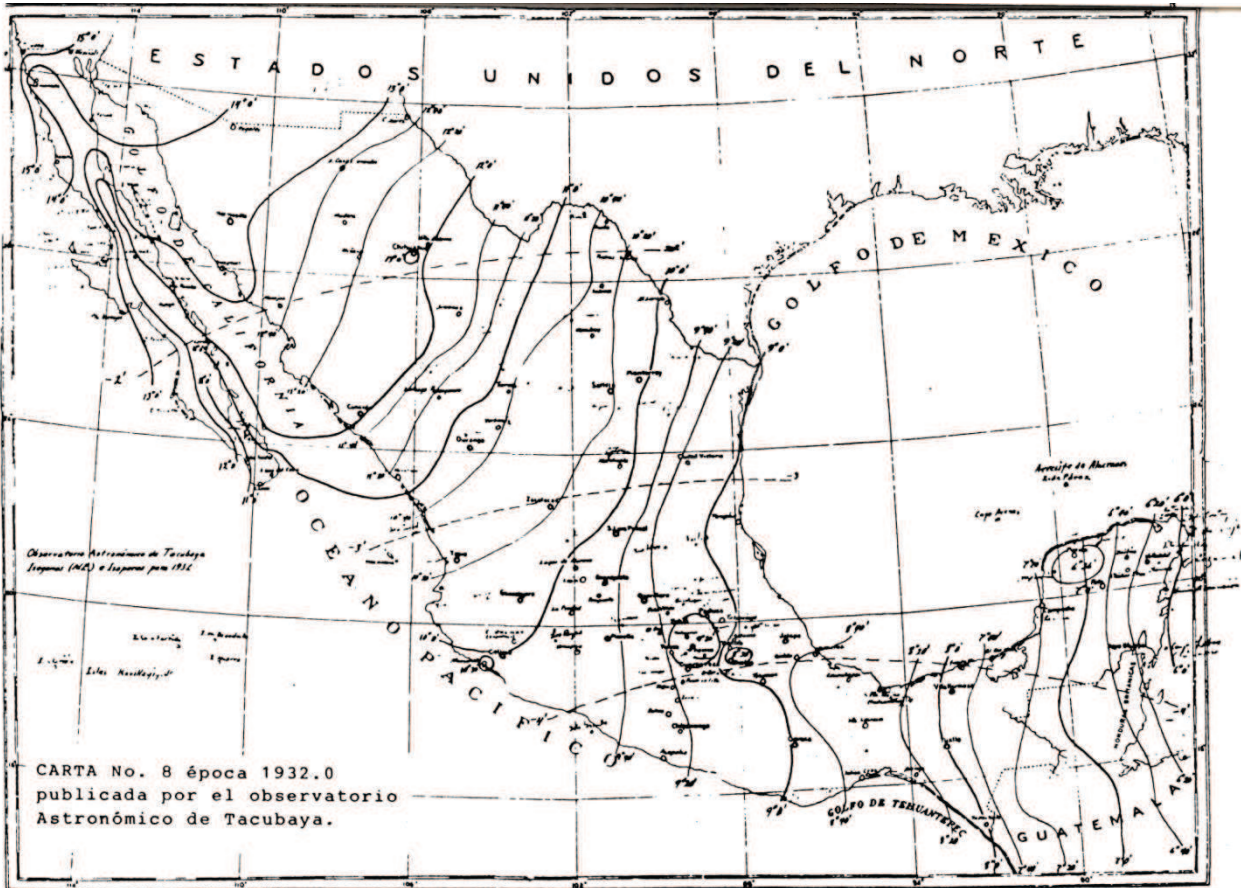


Figura 1.2.8 Carta Magnética de la Republica Mexicana publicada por el observatorio Astronómico de Tacubaya correspondiente a la época 1932.0 (Cañon, 1989).

Novena carta magnética para la época de 1942.0, de igual manera fue publicada por el Observatorio Astronómico de Tacubaya. En esta carta comienzan a generarse los valores de las isógonas, no sólo considerando los grados, si no también, el valor de los minutos, para esta época fue de $9^{\circ} 30'$. En ella se ve el máximo desplazamiento que tuvieron las isógonas. La isógonas de 9° llegó a Veracruz y el Istmo de Tehuantepec; la importancia de esta carta es debido a que, en el año de 1942 el Observatorio de Teoloyucan registró el valor máximo de la declinación. Señala el cambio de sentido de la línea agónica (Figura 1.2.9).

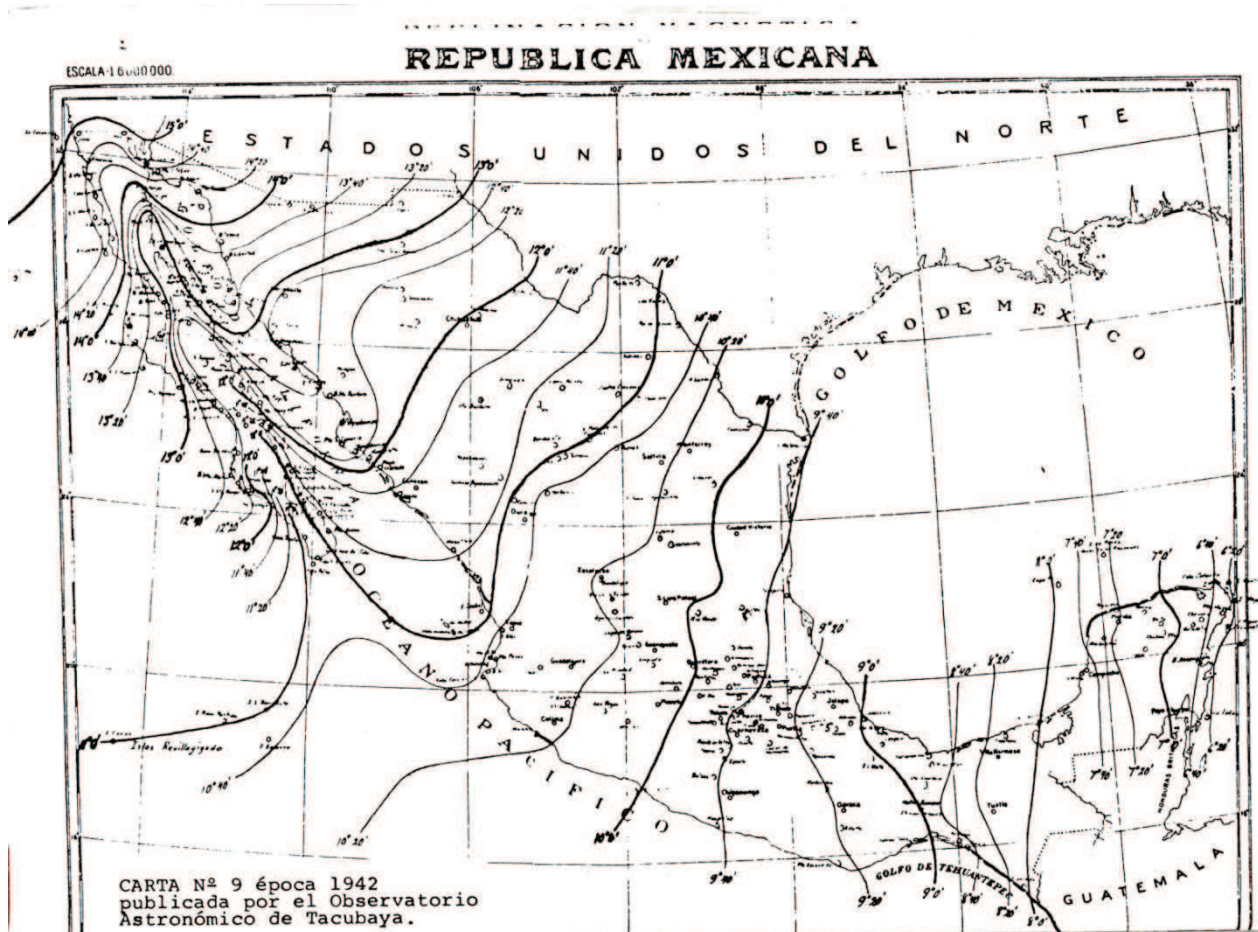


Figura 1.2.9. Carta Magnética de la Republica Mexicana publicada por el observatorio Astronómico de Tacubaya correspondiente a la época 1942.0 (Cañon, 1989).

En la Figura 1.2.10, se observa la variación secular que registró el Observatorio Magnético de Teoloyucan para la Declinación Magnética en el período de 1914 hasta 2007.

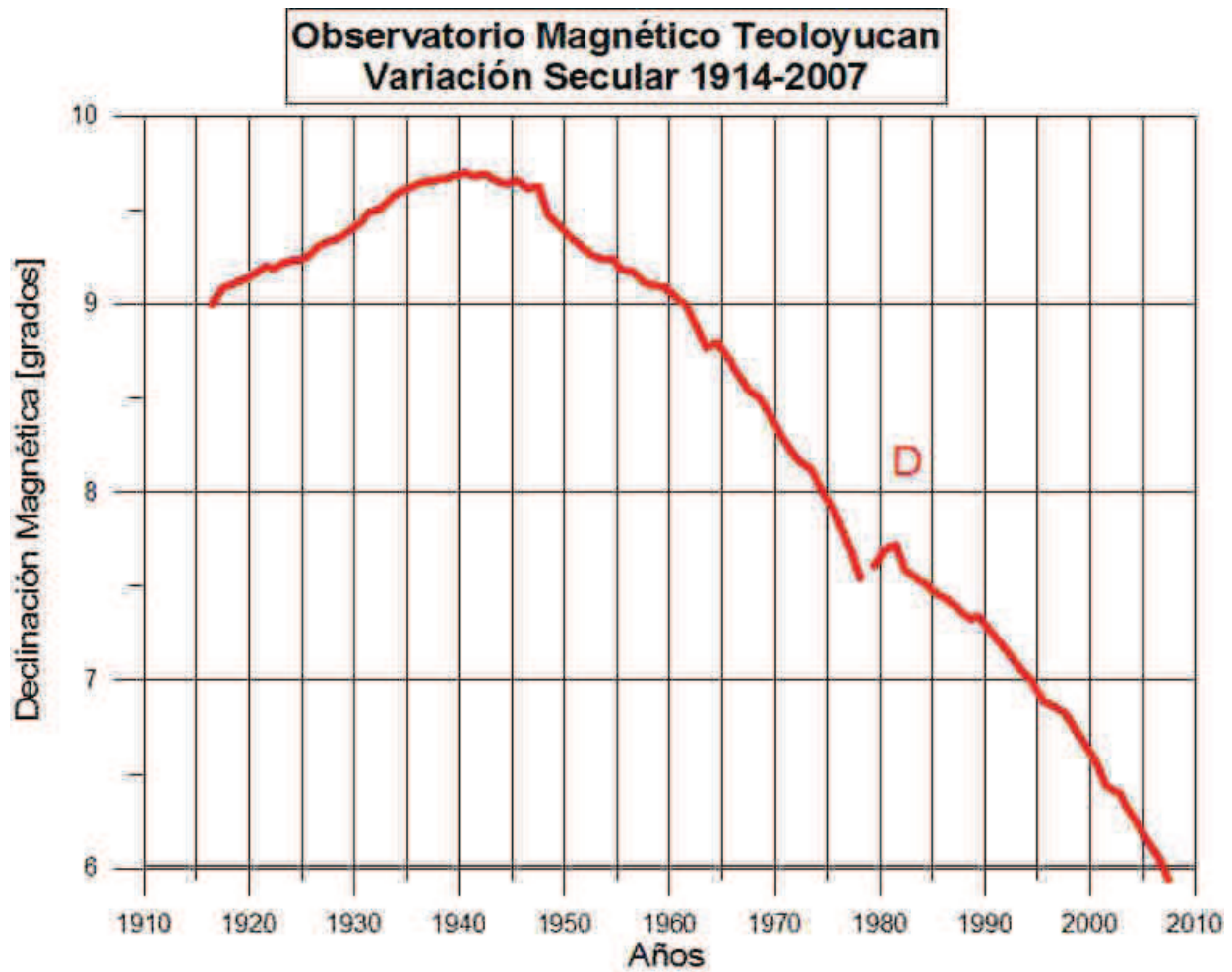


Figura 1.2.10 Curva de la Declinación Magnética para el período 1914-2007.

Decima carta magnética, fue publicada por el Instituto de Geofísica-UNAM para la época 1955.0. Esta carta fue hecha siguiendo un modelo matemático y las estaciones magnéticas de repetición, las líneas isógonas aparecen demasiado rectas y con cambios bruscos, la isógona de 9° cruza Matamoros-Acapulco, lo cual indica que se mueve hacia el Oeste; (Carta Básica de isógonas de las República mexicana para 1955.0, por Martha Mejía de Valle, Anales del Instituto de Geofísica-UNAM, Vol. 5, 1959) (Figura 1.2.11).

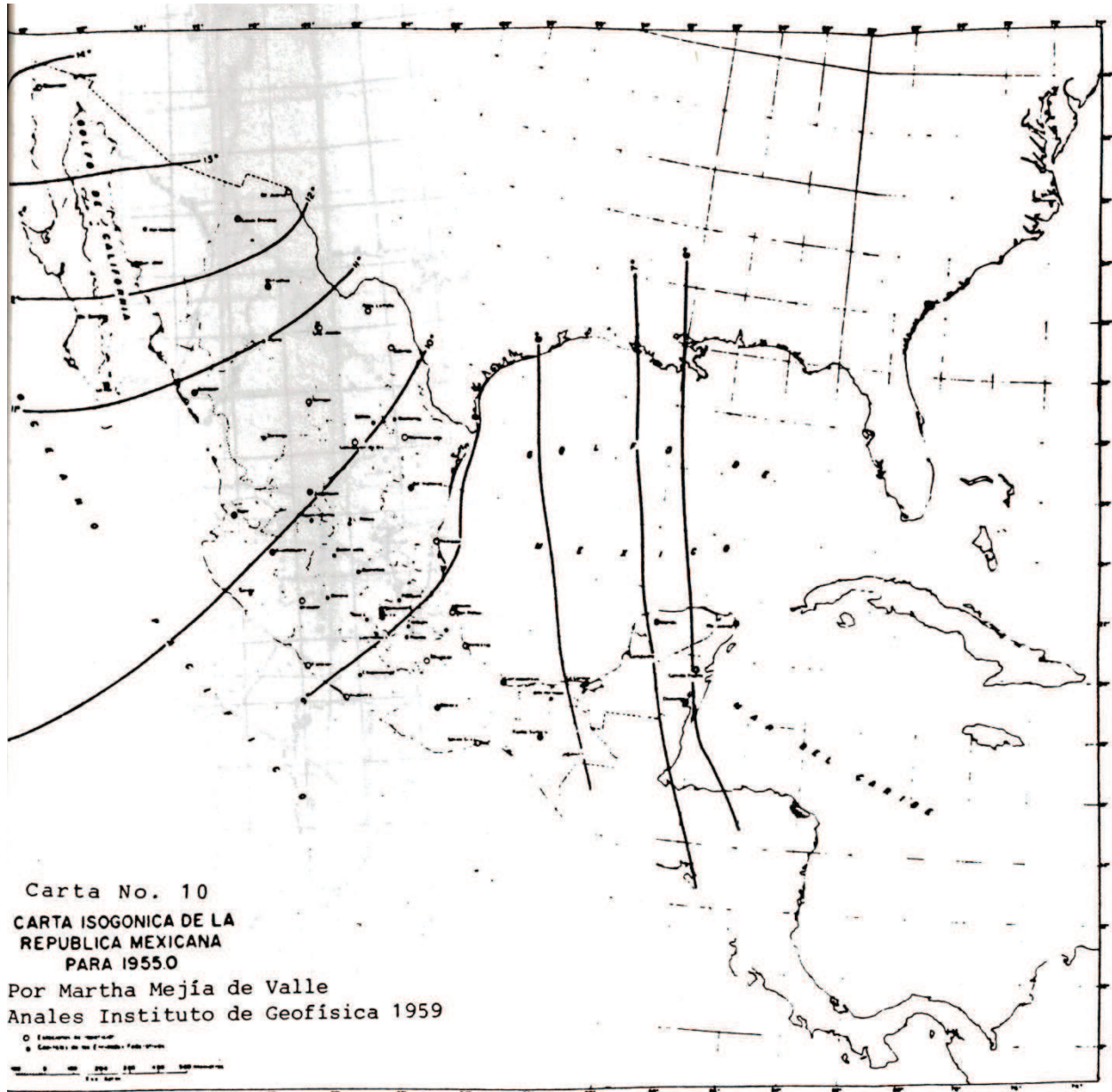


Figura 1.2.11 Carta Magnética de la Republica Mexicana publicada por Martha Mejía de Valle Anales en el Instituto de Geofísica, correspondiente a la época 1955.0 (Cañon, 1989).

Decimo primera carta magnética, publicada por el Instituto de Geofísica para la época de 1960.0; se construyó usando Estaciones Magnéticas de Repetición que se observaron al menos cada cinco años. Sólo fueron 40 estaciones por lo tanto las isógonas están alisadas; observándolas se dice que continúan desplazándose hacia el Oeste; (Cañón, Anales Instituto de Geofísica-UNAM, Vol. 5, año 1959) (Figura 1.2.12).

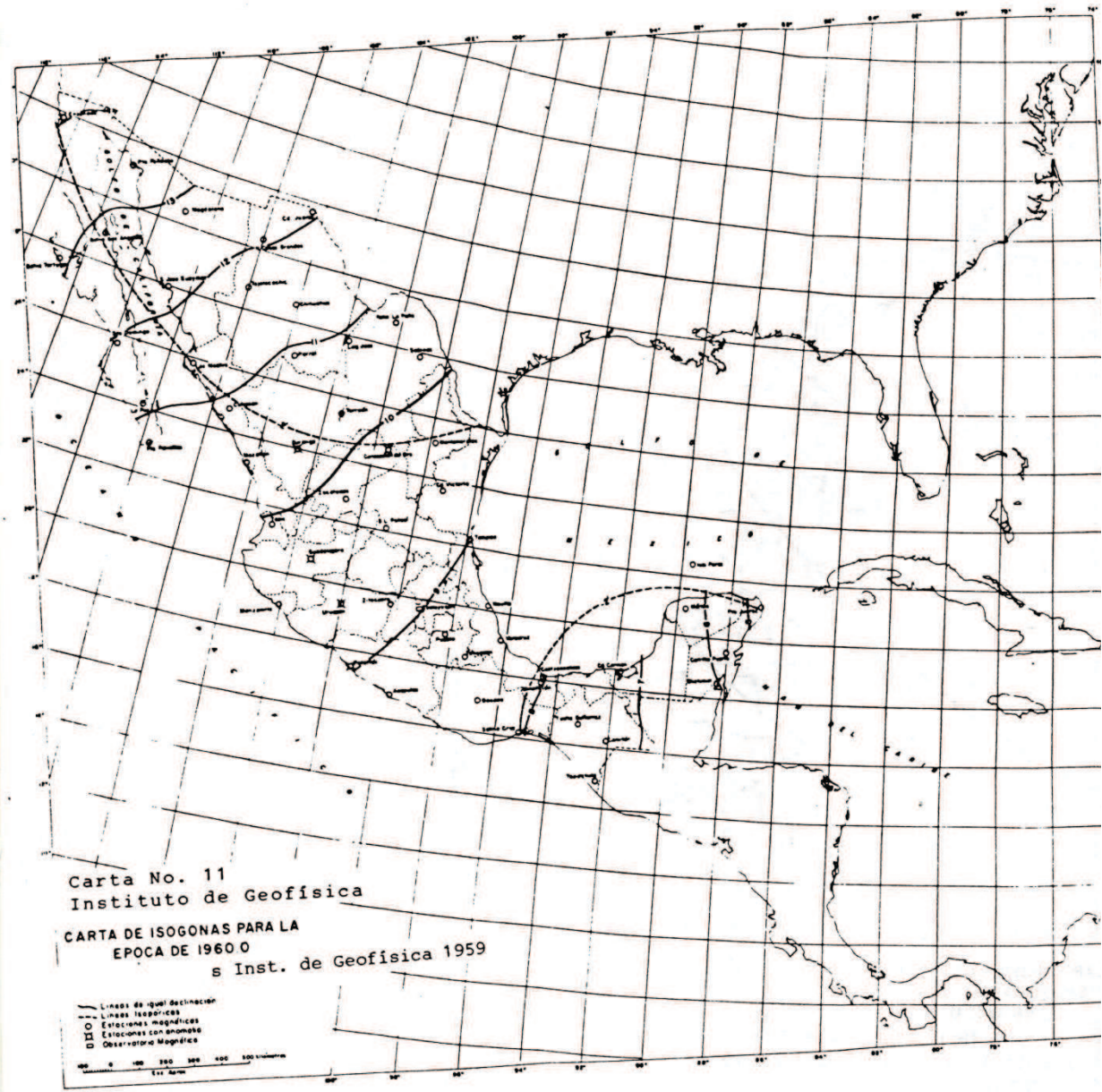


Figura 1.2.12. Carta Magnética de la Republica Mexicana publicada por el Instituto de Geofísica correspondiente a la época 1960.0 (Cañón, 1989).

Decimo segunda carta magnética, fue publicada por el Instituto de Geofísica para la época 1965.0, para esta carta el número de las Estaciones Magnéticas de Repetición aumentó a 62 pero, no son suficientes para tener las isógonas representando mejor la Declinación magnética. Su desplazamiento continuo hacia el Oeste, la isógonas de 9° cruza por Cd Victoria; (Cañón, Anales Instituto de Geofísica-UNAM, Vol. 11, año 1966) (Figura 1.2.13).



Figura 1.2.13 Carta Magnética de la Republica Mexicana publicada por el Instituto de Geofísica correspondiente a la época 1965.0 (Cañón, 1989).

Decimo tercera carta magnética para la época 1985.0, aparecen todas las Estaciones Magnéticas de Repetición que ha instalado el Instituto de Geofísica en la República Mexicana. Éstas se han re-ocupado cuando menos cada 10 años para tener un mejor control de la variación de isógonas, sigue el desplazamiento de las isógonas con dirección hacia el Oeste, la línea que llego al centro de la República en 1942 con valor de 10° , se encuentra para esta época en Baja California Sur y en el extremo oeste de Chihuahua; (Cañón, Anuario del observatorio Astronómico Nacional, 1985). Cabe mencionar que las Estaciones Magnéticas de Repetición utilizadas para esta carta, no fueron visitadas, esta carta es sintética, se hizo con IGRF (Figura 1.2.14).

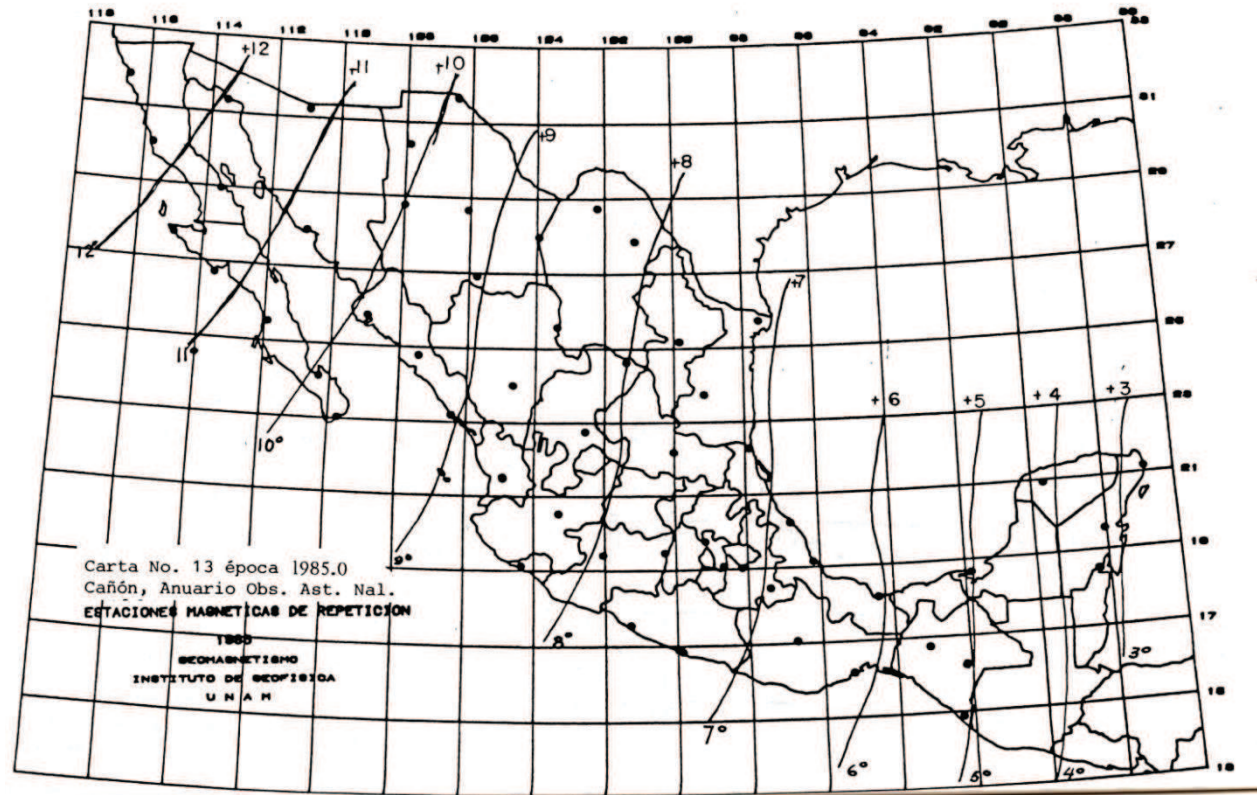


Figura 1.2.14 Carta Magnética de la Republica Mexicana publicada por el Instituto de Geofísica correspondiente a la época 1985.0 (Cañón, 1989).

Decimo cuarta carta magnética para la época 1990.0, fue la última carta magnética de la República Mexicana publicada en el año de 1993 por el Instituto de Geofísica de la UNAM, constituida por 52 estaciones Magnéticas de repetición localizadas homogéneamente en el territorio nacional (Figura 1.2.15).

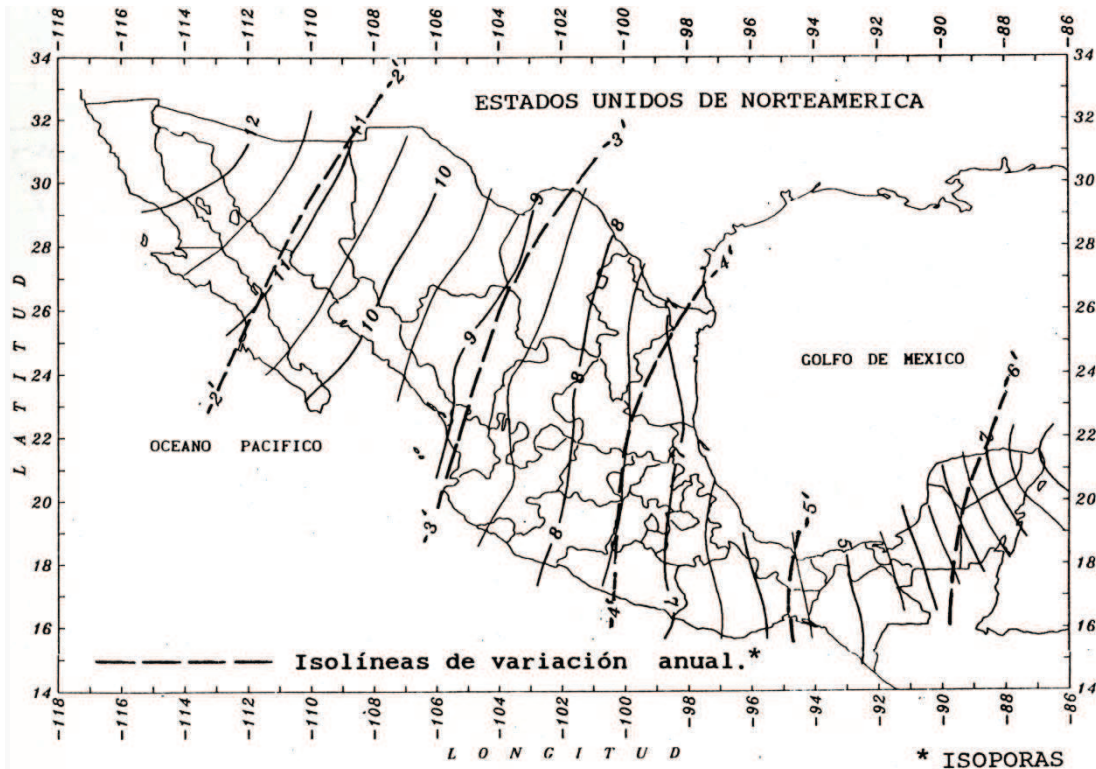


Figura 1.2.15 Decimo cuarta carta magnética de la República Mexicana para la época 1990.0 (Cañon y otros, con colaboración del INEGI, 1992).

Después analizar la Declinación magnética, surge un fenómeno que se conoce como “La Deriva hacia el oeste”.

La Deriva hacia el Oeste, es una de las características más conocida en el campo geomagnético principal. Desde que Halley (1692) descubrió este fenómeno, propuso un modelo de rotación relativa entre dos esferas para interpretarlo. Se han hecho extensos análisis sobre la Deriva hacia el Oeste utilizando otros datos y métodos. El modelo de Halley ha sufrido muchas modificaciones. Se han obtenido resultados distintos para algunas épocas y componentes del campo. Sin embargo, un promedio de la velocidad de la Deriva hacia el Oeste es de .2 [grados/año], esto fue aceptado por: (Bullard *et al.*, 1950; Yukutake, 1962,1981; Malin, 1969; Malin and Saunder, 1973; Jault *et al.*,1988; Tank, 2000). Otros investigadores por medio del IGRF y el método de Brings, obtuvieron como valor de la deriva .15 [grados/años para el campo en el último siglo. La Deriva hacia el Oeste no sólo ha sido detectada en el campo magnético principal, sino también en la Variación Secular del campo. La deriva de la variación secular se ha estudiado ampliamente. Los resultados muestran, que la deriva al Oeste de la variación secular se desplaza más rápido que la del campo magnético principal.

CAPÍTULO 2.

CAMPO GEOMAGNETICO

2.1. Origen del Campo Geomagnetico

La Tierra funciona como un gigantesco dínamo auto-sustentado. Es decir, el movimiento del material en el núcleo externo de la Tierra producido por diferencias de temperatura, junto con la rotación terrestre, generan una corriente eléctrica. Dicha corriente interactúa con el campo magnético pre-existente y produce el campo geomagnético.

2.1.1. Unidades de Medida

Un campo magnético es una descripción matemática de la influencia magnética de las corrientes eléctricas y de los materiales magnéticos. El campo magnético en cualquier punto está especificado por dos valores, la dirección y la magnitud; de tal forma que es un campo vectorial. El campo magnético está definido en términos de la fuerza de Lorentz ejercida en cargas eléctricas. El campo magnético puede referirse a dos diferentes pero muy relacionados símbolos \vec{B} y \vec{H} .

El campo \vec{H} , se ha considerado tradicionalmente en el campo principal o intensidad de campo magnético, ya que se puede relacionar con unas cargas, masas o polos magnéticos por medio de una ley similar a la de Coulomb para la electricidad.

En otras palabras el campo \vec{H} ó bien la intensidad de campo magnético, es la parte de \vec{B} (Inducción magnética) que existe debido a todas las corrientes no microscópicas, asociadas con la magnetización.

La inducción magnética o densidad de flujo magnético, cuyo símbolo es \vec{B} , es el flujo magnético que causa una carga eléctrica en movimiento por cada unidad de área normal a la dirección del flujo. La inducción magnética \vec{B} , es generada por todos los tipos de corrientes eléctricas: microscópicas y macroscópicas

La diferencia que pudiese haber entre ellas es, que \vec{H} describe cuan intenso es el campo magnético en la región que afecta, mientras que \vec{B} es la cantidad de flujo magnético por unidad de área que aparece en esa misma región. Otra distinción que se hace en ocasiones es que \vec{H} se refiere al campo en función de sus fuentes (las corrientes eléctricas) y \vec{B} al campo en función de sus efectos (fuerzas sobre las cargas).

Otra forma de ver la Inducción Magnética es a través de la siguiente ecuación, mejor conocida como la Ley de Faraday:

$$\frac{dH}{dt} = \mu_0 B \dots (1)$$

La Ley de Faraday nos dice que:

“Un campo magnético variable en el tiempo induce una corriente eléctrica”

Por ejemplo; una corriente que excita una bobina principal por alguna fracción de tiempo genera un campo magnético inducido a través de una corriente, y cuando esta bobina principal se detiene; una segunda bobina, mide un campo magnético proporcional al campo magnético Terrestre. Lo anterior describe el funcionamiento del magnetómetro Fluxgate, el cuál mide el voltaje de salida de la bobina secundaria.

Las unidades que se emplean para la inducción magnética dependen del sistema usado. En la década de 1980 se empleaba el sistema de unidades cegesimal (CGS) y el sistema de unidades electromagnéticas (EMU). Sin embargo, actualmente el Sistema Internacional (SI) se utiliza con mayor frecuencia.

En los estudios geofísicos, las relaciones entre las unidades más empleadas para la inducción magnética son las siguientes (Tabla1):

SISTEMA INTERNACIONAL	SISTEMA EMU
	1 tesla = 10 ⁴ gauss
	1 nanotesla = 10 ⁻⁹ tesla
	= 1 gamma
	= 10 ⁻⁸ gauss

Tabla 1. Equivalencia de unidades de medida para el campo geomagnético. (Cifuentes, 2009)

En el caso del magnetismo las transformaciones entre sistemas de unidades no es fácil, debido a que las unidades de la intensidad de campo magnético (\vec{H}) son diferentes, tanto numéricamente como dimensionalmente entre los sistemas EMU y SI, con base a la definición de \vec{H} :

$$\vec{B} = \vec{H} + 4\pi M \dots (EMU) \dots (2)$$

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + M) \dots (SI) \dots (3)$$

Donde:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} N \cdot A^2 \text{ (Blakely, 1996).}$$

$$\vec{H} = A \cdot m$$

$$\vec{B} = T$$

2.1.2. Hipótesis Del Origen Del Campo Geomagnético

Anteriormente se pensó que el magnetismo terrestre era como un gran imán (e.g. Gauss) debido a las propiedades magnéticas del hierro, así como su abundancia en la corteza terrestre; pero una propiedad física conocida como “Temperatura de Curie”, bastó para echar atrás esta teoría. Ésta indica que todos los cuerpos pierden sus propiedades magnéticas, cuando son sometidos a altas temperaturas como resultado de una orientación aleatoria de los momentos magnéticos de cada partícula ferromagnética constituyente del cuerpo.

La deriva de los polos magnéticos y la evidencia de inversiones de polaridad en el campo geomagnético, es otra razón por la cual no se puede considerar a la Tierra como un gran imán; debido a estas pruebas, que fueron hechas en contra de la presencia de un material con propiedades magnéticas emplazado en el núcleo terrestre (o muy cercano a él), la teoría más aceptada acerca del origen del campo magnético, considera que, éste radica en la supuesta existencia de corrientes eléctricas que fluyen en el núcleo externo de la Tierra, las cuales forman un “dinamo auto-sustentado” (Campbell, 1997).

La teoría del dinamo auto-sustentado, se basa en la estructura interna de la Tierra, está es inferida a través de estudios sísmicos por medio del tiempo de viaje, refracción y separación de las ondas sísmicas compresionales y cortantes. De acuerdo a estos estudios sísmicos, la Tierra cuenta con una capa externa, denominada Litosfera que puede alcanzar un espesor de 10 [km] por debajo del piso oceánico y hasta 80 [km] bajo las zonas montañosas continentales. Debajo de esta capa comienza el manto externo o Astenósfera, región que se extiende hasta una zona de transición a una profundidad entre los 600 y 700 [km], donde comienza el manto interno. El límite manto-núcleo, se encuentra a una profundidad cercana a los 2.890 [km] y el núcleo externo, que presenta propiedades similares a un líquido, se extiende hasta una profundidad de unos 5,150 [km], rodeando al núcleo interno, que al parecer, está en estado sólido. Finalmente, el centro de la Tierra se ubica a una profundidad cercana a los 6,371 [km] (Figura 2.1.16).

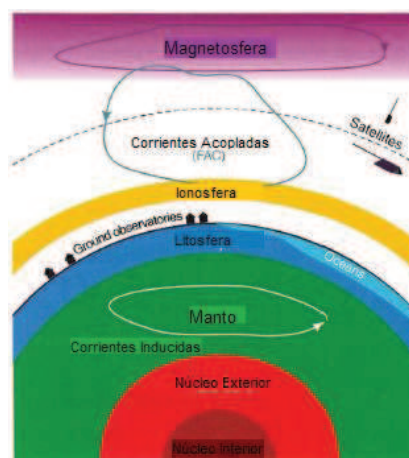


Figura 2.1.16. Representación esquemática de la estructura interna de la Tierra, se indican los nombres de las regiones (modificada de Campbell, 1997).

Para comprender la teoría del dinamo auto-sustentado se puede considerar el modelo mecánico del mismo, además de recordar las leyes básicas de la inducción electromagnética. Se sabe que, un flujo circular de corriente y que la dirección del campo magnético, se pueden determinar por medio de la regla empírica de la “mano derecha”. Por otro lado el movimiento de un conductor a una velocidad \vec{v} en el interior de un campo magnético \vec{B} , generará una corriente eléctrica con dirección determinada por el producto vectorial $\vec{v} \times \vec{B}$.

En la Figura 2.1.17, se muestra la forma del modelo simplificado del dinamo auto-sustentado donde:

Según Nava, inicia con un campo magnético poco intenso dirigido con dirección hacia arriba (B) y el movimiento del disco giratorio en la conexión tipo “cepillo”, la regla de la mano derecha describe la dirección radial y hacia afuera de la corriente i , la cual circula por el conductor en forma de espiral rodeando al eje del dinamo, creando de esta forma un campo magnético que incrementa la intensidad del campo pre-existente, lo cual causa a su vez, la generación de mas corriente. El giro del disco rotatorio produce que la generación del campo magnético sea cada vez mayor. Cuando algunos procesos naturales causan la interrupción del funcionamiento del dinamo ó su decaimiento y posteriormente su restablecimiento, la dirección predominante del campo queda determinada por el campo inicial en relación con el flujo del dinamo. Los cambios de polaridad del campo pueden explicarse por un decaimiento en el campo pre-existente y su restablecimiento en dirección contraria, así como por cambios en el sentido de la corriente. El dinamo nuclear terrestre es mucho más complicado que este modelo simplificado y el flujo de corriente puede estar asociado a otros factores, no sólo a la rotación del dinamo (Campbell, 1997).

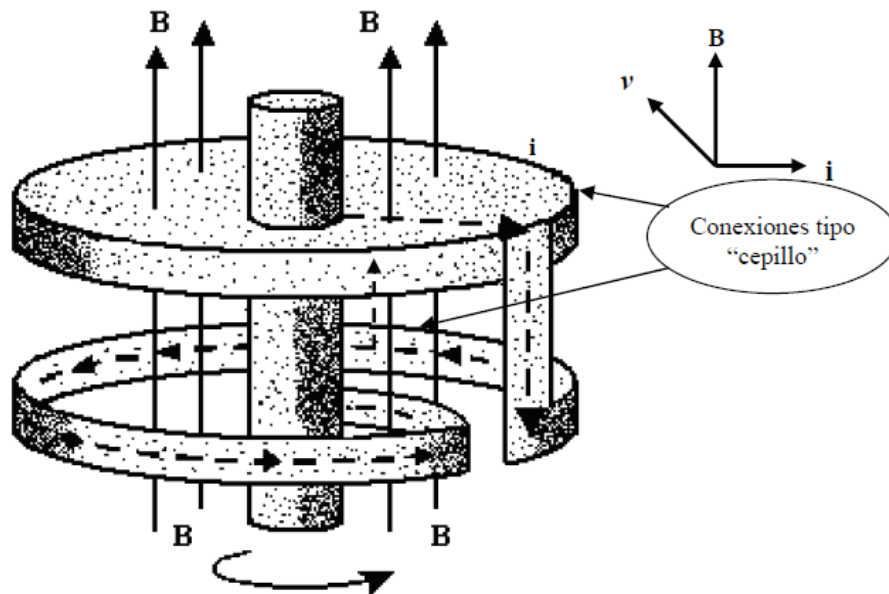


Figura 2.1.17 Modelo mecánico del dinamo auto-sustentado (Nava, 2005)

La rotación de un disco conductor a una velocidad tangencial constante v en el interior de un campo B , produce un flujo de corriente i que viaja a través del conductor con forma de espiral, rodeando al disco y de esta forma induciendo un campo que incrementará la intensidad de B , lo cual a su vez creará mayor flujo de corriente que se traducirá nuevamente en un incremento del campo B , todo esto a expensas del movimiento del disco giratorio. La dirección de rotación del disco, del enrollamiento del conductor en espiral y la dirección inicial del campo B , son críticos para el crecimiento posterior del campo preexistente (Nava, 2005).

2.2. Geometría del Campo Geomagnético

La inducción magnética B tiene carácter vectorial, es decir, en cada punto de la superficie terrestre donde se encuentran presente, cuenta con un módulo, dirección y sentido. Se le puede describir en términos de cualquiera de los sistemas de coordenadas, independientemente del sistema elegido. Dicho vector cuenta con siete elementos actuando en todo momento sobre la superficie de nuestro planeta, cinco de las cuales son modulares y dos angulares (Figura 2.2.18).

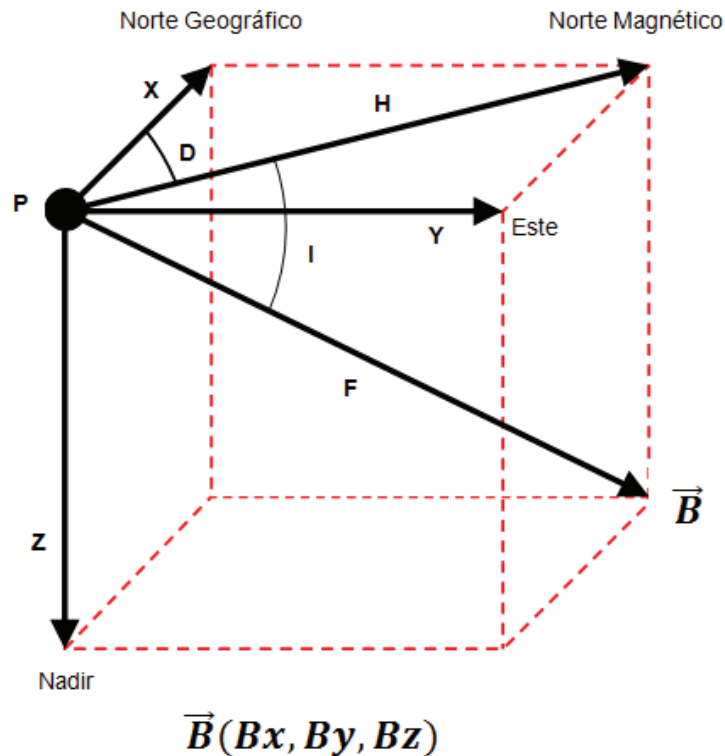


Figura 2.2.18 Elementos del vector de inducción magnética o vector de campo geomagnético referido a un punto "P" sobre la superficie terrestre.

Los siete elementos del vector de campo geomagnético son:

1. Componente con dirección Sur-Norte (X). Es la proyección del vector \vec{B} sobre un eje horizontal con dirección y sentido al norte geográfico.
2. Componente con dirección Oeste-Este (Y). Es la proyección del vector \vec{B} sobre un eje horizontal con dirección y sentido al este geográfico.
3. Componente con dirección Sur (Z). Es la proyección del vector \vec{B} sobre un eje vertical con dirección y sentido al nadir.
4. Componente horizontal (H). Es la proyección del vector \vec{B} sobre un plano horizontal, mismo que aloja a las componentes ortogonales X y Y.
5. Declinación (D). Es la diferencia angular entre el Norte Verdadero o Geográfico y el Norte Magnético; se considera positiva con dirección hacia el Este y negativa al Oeste. Si se dejara girar libremente una aguja magnetizada, similar a la de una brújula, la declinación se mediría tomando el ángulo que forma la aguja con respecto a la dirección Sur-Norte. Cabe mencionar que la declinación fue la primera componente en definirse, dada su importancia para la navegación en tiempos antiguos y hoy en día es la componente geomagnética más conocida.
6. Intensidad Total (F). Es el módulo del vector \vec{B} (Inducción Magnética).
7. Inclinación (I). Es el ángulo formado por la componente H y el vector \vec{B} .

El plano HZ es conocido como el Meridiano Magnético, que es el plano que contiene al vector de campo geomagnético.

Para describir el Campo Geomagnético en un punto, sin importar el sistema que se utilice (cartesiano, cilíndrico o esférico), se requiere conocer al menos tres de sus componentes no coplanares, de tal modo que si se quiere describir el vector \vec{B} con respecto al sistema de coordenadas cartesianas, las componentes necesarias para llevar a cabo dicha descripción serán XYZ; si se desea referir el mismo vector con respecto al sistema de coordenadas cilíndricas, las componentes que se utilizan son HDZ; y finalmente, para referirlo al sistema de coordenadas esférico usaremos las componentes DFI.

Una vez descrito el vector de campo geomagnético en cualquiera de los sistemas de referencia anteriormente mencionados, es posible cambiar de sistema o trabajar con componentes pertenecientes a uno u otro con ayuda de simples relaciones trigonométricas (ecuaciones de transformación entre sistemas), estas relaciones están basadas en la geometría propia del vector y de los sistemas de referencia utilizados.

A continuación se muestran las componentes magnéticas usadas en cada sistema de coordenadas y las ecuaciones de transformación entre sistemas tomando como base la geometría presente en la Tabla 2.

Sistema de Referencia	Componentes Magnéticas	Ecuaciones de Transformación	
Cartesiano	XYZ	$H = \sqrt{X^2 + Y^2}$ $D = \tan^{-1}\left(\frac{Y}{X}\right)$ $Z = Z$	$F = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ $D = \tan^{-1}\left(\frac{Y}{X}\right)$ $I = \tan^{-1}\left(\frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}\right)$
Cilíndrico	HDZ	$X = H \cdot \cos(D)$ $Y = H \cdot \sin(D)$ $Z = Z$	$F = \sqrt{H^2 + Z^2}$ $D = D$ $I = \tanh^{-1}\left(\frac{Z}{H}\right)$
Esférico	DFI	$X = F \cdot \cos(I) \cdot \cos(D)$ $Y = F \cdot \cos(I) \cdot \sin(D)$ $Z = F \cdot \sin(I)$	$H = F \cdot \cos(I)$ $D = D$ $Z = F \cdot \sin(I)$

Tabla 2. Relación de las componentes magnéticas de acuerdo al sistema de referencia.

2.3. Variaciones Temporales del Campo Geomagnético

Si tomamos en cuenta las características temporales de las variaciones del campo geomagnético, éstas se clasifican en dos grupos principales: variaciones periódicas y no periódicas, independientemente de la variación secular, dada la gran diferencia entre los períodos relativamente cortos de las variaciones periódicas y no periódicas, con respecto al de la variación secular (Nava, 2005).

Las variaciones periódicas presentan un comportamiento cíclico y períodos definidos aunque sus amplitudes suelen ser diferentes de un ciclo a otro, mientras que las variaciones esporádicas, a pesar de mostrar un comportamiento característico para cada una, tienen una distribución espacial y temporal irregular; haciendo eso un objetivo principal de una carta magnética, las variaciones espacio-temporales.

Se cree, que las variaciones temporales son resultado de un flujo producido por el cambio gradual de las condiciones físicas que se dan en el núcleo externo. La turbulencia de este flujo variable puede reforzar o debilitar el campo magnético y producir el cambio de polaridad.

El campo geomagnético principal se considera dipolar, considerarlo como un dipolo es una muy buena aproximación (Blakely, 1996). Cuando se realiza una medición de campo geomagnético en la superficie terrestre y se considera en todo momento el origen interno y externo de sus fuentes, se puede decir que la lectura tomada corresponde a la superposición de varias componentes del campo generado por diversos tipos de fuentes, esto es:

$$B = B_o + B_r + B_c + B_t \dots (4)$$

Donde:

B = Valor del campo geomagnético medido en la superficie de la Tierra.

B_o = Valor del campo producido por un hipotético dipolo magnético que tiene su eje inclinado aproximadamente 11.5° con respecto al eje de rotación de la Tierra y que no pasa exactamente por su centro.

B_r = Campo residual, asociado con varios dipolos más pequeños y localizados más superficialmente que el dipolo cuasi central, ubicados en diferentes regiones del planeta.

B_c = Campo cortical, tiene su origen en la corteza terrestre en regiones aún más pequeñas, sus efectos son localizados y usualmente se conoce como campo de las anomalías.

B_t = Campo externo, este campo se origina en el exterior de la Tierra. Es la parte del campo medido en la superficie que varía más sensiblemente con el tiempo que las otras componentes.

Usualmente, la suma del campo dipolar con el campo residual es llamada "Campo Principal" y a la suma de este con el campo cortical, se le denomina "Campo Interno", mientras que el término B_t recibe el nombre de "Campo Externo" (Muñiz, 1997).

Las variaciones de largo periodo, que ocurren en el interior de la Tierra, y en las que pueden ser incluidos los términos B_o , B_r , B_c , las variaciones de la "Tierra Sólida". Por otra parte B_t , representa las variaciones de periodo corto, que tienen su origen en las envolturas gaseosas y plasmáticas de la Tierra.

Las Variaciones Temporales de Campo Magnético pueden resumirse en el llamado “espectro geomagnético” Tabla 3.

BANDA	PERIODO	VARIACIONES TEMPORALES
1	< 0.0001 - 0-3 seg.	Oscilaciones de altas frecuencias.
2	0.2 -100 seg.	Micropulsaciones.
3	~ 1 min. -120 min.	SSC Comienzos Repentinos de Tormenta. Fluctuaciones Transitorias. Bahías y subtormentas.
4	6 hrs. - 15 días.	Sq y Variaciones Lunares.
5	2- 27.3 días.	Tormentas Magnéticas.
6	6 - 12 meses.	Variaciones estacionales.
7	10.5 - 11.5 años	Variaciones con el ciclo de actividad solar.
8	~ 300 - 10000 años	Variaciones del campo principal.
9	1000 - cientos millones de años	Inversiones del campo geomagnético.

Tabla 3. Variaciones temporales del campo geomagnético (modificada de Muñiz, 1997).

De acuerdo a la clasificación de Muñiz (1997), las variaciones en las bandas 1-7 son producidas en su mayoría en las capas de la atmósfera superior, a causa de, la circulación de corrientes eléctricas que inducen campos en la superficie o por alteraciones en las capas más exteriores por efecto de partículas cargadas provenientes el espacio exterior. Así mismo, las variaciones que van de la banda 7 a la 9 son las que se utilizarán para generar la carta magnética, es decir, las que van desde la variación secular hasta las inversiones del campo geomagnético.

Se entiende por Variación Secular a los cambios graduales que sufre el campo geomagnético con respecto al tiempo. Esta variación depende del tiempo y del lugar, y su valor es necesario para mantener vigente una carta magnética.

La Variación Solar, se ve afectada por determinados factores como el viento solar, el campo magnético y en el momento en el que el ciclo de actividad solar se encuentre. La variación solar más conocida es la de los ciclos de las manchas solares, de 11 años de duración.

Las Inversiones del campo geomagnético van de cientos de miles a millones de años. Se llaman inversiones del campo geomagnético, cuando de manera ocasional los polos norte y sur geomagnéticos se intercambian, a pesar de que el campo magnético de la Tierra está bien aproximado por un dipolo magnético con su eje cerca del de rotación.

La figura 2.3.19 representa una versión actualizada del espectro temporal geomagnético (Constable y Constable, 2004), se basa en estimaciones espectrales de las variaciones relativas de paleo-intensidad (Constable, Tauxe y Parker, 1998) en largos períodos de tiempo. (Esta imagen representa una amplitud en lugar de un espectro de potencia, sin olvidar que, la amplitud es la raíz cuadrada de la densidad espectral de potencia).

Las anotaciones en la Figura 2.3.19, indican los procesos físicos que predominan en las distintas escalas de tiempo. Un requisito básico para el análisis espectral es una serie de tiempo de las observaciones, pero no hay un sólo fenómeno que cubra todo el intervalo. En el recuadro rojo, se muestra la banda de frecuencias donde se enfocan los fenómenos descritos en esta tesis.

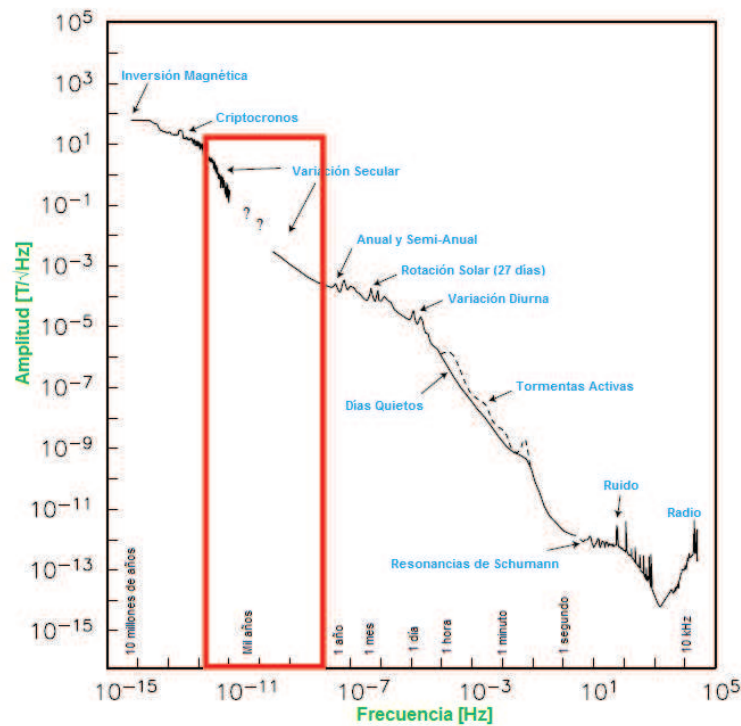


Figura 2.3.19 Variaciones del Espectro Geomagnético en función de la frecuencia. (Constable and Constable, 2004):

2.4. Observatorios Magnéticos

La función de un observatorio magnético, es registrar de forma continua los periodos cortos y largos de las variaciones de campo geomagnético y los valores de sus componentes, de tal manera que la información obtenida sea representativa de un área de aproximadamente 300 [km] de radio. Para esto es necesario que el sitio donde se encuentre el observatorio cumpla con lo siguiente:

- a) Que los elementos geomagnéticos sean representativos, lo que significa que el campo geomagnético en el observatorio no se distorsione por anomalías causadas por cuerpos geológicos anormalmente magnetizados.
- b) El observatorio debe estar al menos algunas decenas de kilómetros de cualquier zona anómala.

Un Observatorio Magnético cuenta con instrumentación de dos tipos. Un primer grupo lo forman los variómetros, los cuales registran de forma continua y automática los elementos del campo geomagnético y que requieren de una instalación en entornos controlados térmicamente y sobre una plataforma completamente estable. Un segundo grupo lo forman los instrumentos absolutos, que se utilizan para medir el campo geomagnético a través de observaciones periódicas por parte de un observador, y que permiten dar escala a los valores medidos por los variómetros.



Figura 2.4.20. Observatorios Magnéticos del Mundo, (IAGA, 2006).

2.4.1 Observatorios Magnéticos en México

Se dice que el primer observatorio magnético en México, fue cuando en 1879 se instaló en el Palacio Nacional el Observatorio Meteorológico y Magnético Central. Contaba con un Magnetómetro unifilar Thompson para determinar H y D, así como una brújula de inclinación Negretti- Zambra. En mayo de 1887 el Gobernador, General Agustín Pradillo, ordenó colocar una torre de hierro cercana al pabellón de observaciones magnéticas, esto provocó que se afectaran los valores magnéticos por lo que suspendieron las mediciones.

En abril del año 1889 inició lo que sería el segundo Observatorio Magnético, cuando en los jardines de Tacubaya se edificó un pabellón para el observatorio. Este pabellón se encontraba en el lugar que actualmente ocupa la estación Sismológica de Tacubaya. El observatorio funcionó hasta el año de 1902 fecha en la que se inauguró la vía de tranvías eléctricos que pasaba por las calles de Observatorio y que afectó los valores magnéticos, por lo que hubo necesidad de cambiarlo de lugar.

En 1903 se cambió el observatorio al pueblo de Cuajimalpa, en este observatorio se hicieron observaciones de 1902 a 1911. Al prolongarse la línea de tranvías eléctricos hasta la estación “La Venta”, lugar cercano a Cuajimalpa, nuevamente se afectaron las condiciones necesarias para los estudios geomagnéticos, por lo que, por segunda vez, se tuvo que cambiar el observatorio a un lugar que se encuentra al Norte de la Ciudad de México; al pueblo de Teoloyucan (Estado de México), que opera de manera continua desde 1914.

Actualmente opera con instrumentos de última tecnología, como variógrafos fluxgate de tres componentes, magnetómetros Overhauser de intensidad total y magnetómetros de declinación e inclinación magnética. Además forma parte de la red mundial de observatorios magnéticos y del consorcio internacional INTERMAGNET que integra y reporta datos de 102 observatorios en el mundo en tiempo real o casi real con altos estándares de calidad.

Es la medula espinal del Servicio Magnético del Instituto de Geofísica y el parámetro de referencia absoluto para muchas investigaciones relacionadas con el campo geomagnético y exploraciones geofísicas en nuestro país, así como otras disciplinas afines.

Entre 1914 y 2010, operó un variógrafo denominado clásico; ya que su principio de operación se basaba en aquella que implemento Gauss en el siglo XIX (1840); y que se vino a perfeccionar con registros fotográficos en los inicios del siglo XX. Se han realizado tres calibraciones en el equipo clásico. La primera fue en 1954 cuando se enviaron los variógrafos al U. S. Coast and Geodetic Survey para la instalación de imanes compensadores de temperatura. Durante 1971 y 1972 se realizó la calibración en el observatorio con instrumentos del Inter-American Geodetic Survey (IAGS, ya desaparecido). Y la última se realizó en 1991 bajo el auspicio del Instituto

Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) con equipo del Observatorio Nacional de Brasil (Godoy, 1993).

El Instituto de Geofísica ha publicado a partir de 1950 los valores de las componentes magnéticas D, H y Z en Teoloyucan, publicaciones que fueron interrumpidas durante 1978 debido al cambio de lugar del observatorio a 800 [m] al SW.

Los instrumentos de referencia que actualmente operan en este Observatorio Magnético son un variógrafo fluxgate de tres componentes DFI, un magnetómetro Overhauser POS N 129 y un DI-flux ZEISS THEO20B, con un variógrafo de respaldo FGE HDZ.

2.5. Estaciones Magnéticas de Repetición

Una estación de repetición magnética, es un sitio donde los valores del vector de campo geomagnético se obtienen en intervalos regulares, generalmente, de dos a cinco años (según IAGA), a través de observaciones absolutas. La posición de las estaciones magnéticas de repetición debe ser conocida con exactitud y registrada a detalle, para que al actualizar los valores de cada estación, éstas sean hechas en el mismo lugar como las observaciones anteriores y así poder conocer la variación secular del campo geomagnético de ese sitio. Por otro lado, contribuyen a actualizar los modelos matemáticos como el Campo Geomagnético Internacional de Referencia (IGRF); el cuál desde los análisis de variación secular genera series de tiempo derivadas de las observaciones absolutas, (Barraclough and De Santis, 1997; De Santis et al., 2002).

2.5.1. Historia de las Estaciones Magnéticas de Repetición

Las observaciones del campo geomagnético comenzaron con las mediciones de declinación, éstas eran hechas en los puertos marinos por la importancia que representaban para la navegación. Más tarde, cuando el fenómeno magnético despertó interés en los primeros investigadores, las observaciones fueron hechas en otros lugares. Posteriormente, éstas fueron realizadas para otros elementos del campo geomagnético que también eran de interés como la Inclinación (I), la componente Horizontal (H) y la Intensidad Total (F).

Después de que Henry Gellibrand (1635) (Halley, 1692); descubriera la variación secular, se tomó en cuenta que las observaciones tenían que ser repetidas en intervalos para mantener el conocimiento del campo geomagnético. Sin embargo, cuando se llevaron a cabo varias observaciones en diferentes lugares del mundo, se notó que los valores de las componentes del vector de campo geomagnético no eran los mismos. Por ello, se planearon campañas para realizar las observaciones en diferentes lugares del mundo, plasmando los valores de las componentes de Declinación (D), Inclinación (I) e Intensidad Total (F) en un plano el cual es conocido como “Carta Magnética”, y así analizar la variación secular del campo geomagnético.

El interés de conocer los fenómenos geomagnéticos generó la importancia de describir como el campo geomagnético varía en extensas regiones, por ejemplo, la variación del campo geomagnético sobre todo el territorio de un país en particular (Cartas Magnéticas Nacionales).

En la siguiente Tabla, se muestra una breve historia de las Estaciones Magnéticas de Repetición:

HISTORIA DE LAS ESTACIONES MAGNÉTICAS DE REPETICIÓN		
AÑO	AUTOR	APORTACIÓN
1640	Padres Borri y Martini (ITALIA)	Midieron la declinación en 21 sitios, elaborando un simple mapa que se perdió.
1721	William Whiston (INGLATERRA)	Midió la inclinación en 33 sitios del sur de Inglaterra que originó un mapa de contorno.
1830	James Dunlop	Realizó mediciones de la componente horizontal en 35 sitios de Escocia y el Norte de Inglaterra, pero los valores sólo eran relativos.
1838	Edward Sabine	Realizó un extenso estudio magnético de las Islas Británicas.
1862	Edward Sabine (INGLATERRA)	Comenzó una campaña de medición la cual llamaron "La Cruzada Magnética" donde realizó Declinación e Intensidad Total en un total de 203 estaciones de repetición. Originando el primer levantamiento geomagnético que se realiza en un país y que abarca las tres componentes de campo geomagnético.

Tabla 4. Historia de las Estaciones Magnéticas de Repetición.

Finalmente se creó una red mundial de Estaciones Magnéticas de Repetición, las cuales se utilizan constantemente para modelar el campo geomagnético principal y la variación secular. Esta red de estaciones abarca países de Europa occidental, Canadá, E.U.A., Australia, Nueva Zelanda, Norte y Sur de América, África, China, India, Japón e Indonesia (Figura 2.5.21).



Figura 2.5.21 Estaciones Magnéticas de Repetición que se han re-ocupado al menos dos veces desde 1975 y se ha registrado su información en las bases de datos del mundo.

2.5.2. Criterios para establecer una Estación Magnética de Repetición

Una estación magnética de repetición, se encuentra en un lugar remoto, donde la contaminación que puede generar el ser humano es muy baja o insignificante.

Para seleccionar el lugar donde debe emplazarse una Estación Magnética de Repetición deben de considerarse dos criterios: su cobertura geográfica mediante el apoyo de métodos geo-estadísticos; y las características del sitio seleccionado.

Un sitio adecuado para emplazar una Estación Magnética de Repetición, requiere un bajo gradiente magnético en un área aproximada de 10 x 10 [m], mínimo. Debe tener espacio suficiente para establecer una estación base magnética que funcione en paralelo al magnetómetro de Declinación-Inclinación. Debe considerarse el hecho de que no haya una afectación por contaminación magnética a largo plazo. También hay que considerar, el tener una mira que cumpla con ciertas características.

Anteriormente, para posicionar mejor una estación de repetición era marcada, para que posteriormente la estación fuese re-ocupada. Hoy en día el Sistema de

Posicionamiento Global (GPS) proporciona un simple método para determinar la posición de las estaciones de repetición (Latitud y Longitud) y la estación de repetición es colocada en lugares estratégicos como aeropuertos, escuelas ó bien campos deportivos, a causa del crecimiento urbano.

2.5.3. Medición del Campo Magnético

El campo magnético se obtiene a través de imanes, ya sea natural o artificial. Existen siete componentes del campo geomagnético, de las cuales, las que destacan son la Declinación, Inclinación y la Intensidad Total (D, I, F).

Como se explicó anteriormente, la Declinación es la diferencia angular entre la posición del Norte Geográfico y el Norte Magnético, considerada para la navegación aérea y marítima; la Inclinación es el ángulo formado por la componente H y el vector \vec{B} y a Intensidad Total es el cambio en función de la posición geográfica y la composición geológica local (Es el módulo del vector \vec{B}), por lo que es usada en la exploración de recursos naturales.

Los magnetómetros son los instrumentos más utilizados para medir el campo magnético. Para medir la componente de intensidad total, el instrumento de elección es el magnetómetro de precesión de protones basado en el efecto de Overhauser (OVERHAUSER GSM-19). Por otro lado la Declinación e Inclinación se miden a través de un magnetómetro Teodolito (DI-FLUX ZEISS A-20), el cual se basa en el Teodolito Geodésico Universal.

2.6. Cartas Magnéticas

Se conoce como Carta Magnética, a la descripción gráfica de la cartografía superficial de la distribución de las líneas de campo magnético en sus distintas componentes. Describe la distribución de una o varias componentes en el espacio medido.

En otras palabras, una Carta Magnética, es la representación de las componentes del vector de campo geomagnético y su Variación Secular en determinada región geográfica de la Tierra para una época determinada (cada 5 años según IAGA). Las cartas magnéticas son una herramienta importante para la ingeniería aplicada en Geociencias y la investigación geomagnética moderna, ya que desde la orientación de un telescopio o una antena, hasta el cálculo bidimensional de un mapa magnético residual para la exploración geofísica, está involucrada alguna componente del vector geomagnético.

Para describir en su totalidad el campo geomagnético en determinada región geográfica de la Tierra, basta con conocer el valor de tres componentes no coplanares del vector de campo geomagnético (X, Y, Z ; D, I, F ; H, D, Z). Por lo tanto, sólo necesitamos el mínimo de tres cartas magnéticas para construir el vector magnético en cualquier punto.

En una carta magnética se deben definir, las isolíneas de las componentes del vector de campo geomagnético y las isoporas por año. Estas últimas conocidas mejor como la variación secular, permiten pronosticar el valor del campo para un futuro cercano, cada cinco años según la IAGA.

Existen dos formas posibles para la obtención de una carta magnética. La primera consiste en realizar mediciones (observaciones absolutas) directamente en lugares de interés de la componente deseada; la segunda es utilizar una aproximación por el IGRF (en general modelos de referencia) para una componente y época deseada tienen una vigencia de cinco años.

Las desventajas del IGRF sobre el primero a pesar de su rapidez, consiste en que no describe fuentes de campo como las fuentes externas que vienen directa o indirectamente del Sol o anomalías locales de la corteza terrestre hasta los 50 km de profundidad aproximadamente, como mantos petrolíferos, depósitos minerales, monolitos de interés arqueológico o cualquier otro elemento que por su propia naturaleza influya como variación anómala del campo interno, los cuales son objetivos de la geofísica de exploración. Además las observaciones de campo son importantes como base de los modelos predictivos, pues de lo contrario estos no serían susceptibles a evaluarse.

La verdadera desventaja de una carta por IGRF, es que no deja de ser un modelo matemático muy aproximado. Para “calibrar” este modelo, se requieren de estas observaciones en el campo. Por lo tanto, en lugares de poca cobertura de Estaciones Magnéticas de Repetición, tendremos un pronóstico muy pobre, y poco preciso. Esto sucede en áreas como el Pacífico y otros océanos.

CAPITULO 3.

METODOLOGÍA

3.1. Trabajo de campo: Red de Estaciones Magnéticas de Repetición

Aunque existen textos en la literatura que describen detalladamente el protocolo de campo para la obtención de los datos magnéticos, todos ellos tienen como común denominador ciertas acciones claves para obtener datos de calidad.

Re-ocupar una estación implica ubicarse lo más cerca posible o en su caso en el sitio marcado por el catálogo actualizado. La reocupación no deberá estar más allá de un radio de 3 [km]. De otra manera, la estación se considera nueva o auxiliar.

Resuelto e problema de la proximidad; es necesario evaluar las condiciones de radio magnético, definido este, como la influencia de campos magnéticos artificiales originados por el crecimiento natural de las poblaciones, la construcción cercana de autopista, líneas de alto voltaje, estaciones o vías de trenes eléctricos, etc.

Si en el catálogo actualizado indica una marca establecida como acimutal, entonces no será necesario obtener el azimuth astronómico. Por protocolo, algunos manuales recomiendan “revisar este azimuth.

En este capítulo se describe detalladamente los pasos a seguir cuando se han cumplido los requisitos mencionados.

3.1.1 Gradiente Magnético

El gradiente horizontal es un método que se utiliza para amplificar rasgos relacionados con los bordes laterales de fuentes magnéticas, ya que estos pueden estar relacionados con estructuras en las que se involucren cambios considerables de magnetización como fallas o diques. Este proceso se aplica tanto en datos adquiridos sobre perfiles, como en datos pertenecientes a una malla de lecturas y es atribuido a Cordell (1979).

El gradiente horizontal tiende a exhibir sus máximos directamente sobre los bordes de las fuentes causantes de las anomalías, a través de la formación de crestas angostas sobre los contrastes abruptos de magnetización, por lo que puede ser utilizado para aproximar bordes en planta cuando se aplica a una malla de datos (Blakely, 1986).

El Gradiente Horizontal se define como:

$$h(x, y) = \sqrt{\left[\frac{\partial}{\partial x} f(x, y)\right]^2 + \left[\frac{\partial}{\partial y} f(x, y)\right]^2} \dots (5)$$

En esta tesis, se realizó un levantamiento magnético en el área donde se colocó la estación magnética de repetición, para revisar que el lugar se encontrará en condiciones adecuadas, es decir, que el Gradiente Magnético no sea mayor a 5 [nT· m] según IAGA.

3.1.2. Colocación de una Estación Base

Se usó un magnetómetro OVERHAUSER GSM-19 de lectura continua como estación base, para hacer un seguimiento de la variación diurna del campo geomagnético terrestre, como ayuda para la interpretación de los datos de una campaña geomagnética. El magnetómetro se colocó a una distancia mínima de 10[m] del teodolito y programado para obtener un muestreo cada 30 segundos. La posición geográfica del magnetómetro fue registrada con GPS y el sensor fue orientado con respecto a la dirección del campo.



Figura. 3.1.22. Estación Magnética de Repetición de Mérida 2013, utilizando el Magnetómetro OVERHAUSER GSM-19 como estación base.

3.1.3. Identificación de la MIRA (Marca de Azimut)

La MIRA ó bien marca de Azimut, es aquel punto que se localiza en un rango de 360° alrededor del sitio donde se colocó el teodolito. La MIRA, debe tener por lo menos 200 [m] de distancia y por lo general son puntos o bordes estables, para poder darle continuidad al sitio. Las marcas de Azimut más utilizadas son antenas que se encuentran en alguna parte de los alrededores y que se sabe que no serán removidas de ese sitio. No es conveniente elegir marcas de azimut que se encuentren a varios kilómetros, éstas pueden ser poco visibles a causa del clima.

Para realizar la Carta Magnética, se utilizaron como marcas de azimut: antenas de telecomunicaciones, postes de luz de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), monumentos, faros de navegación, pararrayos, etc. En la Figura 3.1.23. Se observan ejemplos de algunas de las marcas de azimut.

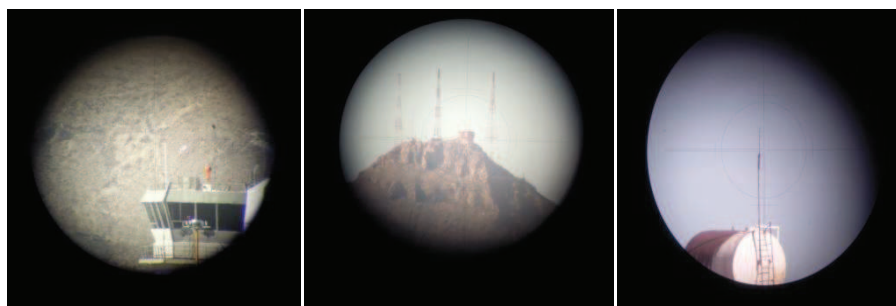


Figura. 3.1.23. Marcas de Azimut utilizadas en algunas estaciones magnéticas de repetición en la campaña F. Norte.

3.1.4. Obtención del Norte Verdadero

Para determinar la Declinación Magnética, es necesario conocer la dirección del norte verdadero, así como la de la componente horizontal del campo geomagnético. El método clásico para encontrar la Declinación Magnética implica conocer a precisión la posición astronómica del Sol ó de cualquier otra estrella. El cálculo de esta posición es bastante laborioso por lo tanto, hoy en día se recurre al uso de software para conocer ese valor. Para este caso se usó el software Multiyear Interactive Computer Almanac (U.S. Naval Observatory, 2005), él cual fue creado especialmente para geofísicos, astrónomos, meteorólogos, navegadores, topógrafos y otros, quienes regularmente necesitan conocer la posición exacta y los movimientos de los cuerpos celestes. Este software proporciona alta precisión en los datos astronómicos para una variedad de cuerpos astronómicos como:

- ✓ Posición precisa del sol, luna, planetas, asteroides, estrellas brillantes y otros objetos catalogados, usando catálogos externos que provienen de este programa.
- ✓ Varios tiempos astronómicos y sistemas de referencia (tiempo sideral).

Utilizando el Multiyear Interactive Computer Almanac (U.S. Naval Observatory, 2005), con ayuda de un programa en fortran llamado SOLEI se puede establecer la dirección del Norte Verdadero de cada estación magnética de repetición.

Las mediciones solares se llevaron a cabo por la mañana o justo antes del atardecer y el teodolito se posiciono con respecto a la dirección al Sol (Jean L. Rasson, 2004).

3.1.5. Protocolo de Observaciones Absolutas

Las mediciones absolutas, se realizan a través de instrumentos absolutos (magnetómetros, Teodolito-DI-FLUX ZEISS A-20 y OVERHAUSER GSM-19.), sirven para medir el campo geomagnético, a través de observaciones periódicas por parte de un observador. Un conjunto de observaciones absolutas, es una secuencia de mediciones absolutas de cualquiera del grupo de las componentes del vector geomagnético necesarios para determinar el campo geomagnético (DIF; HDZ; XYZ). El conjunto más simple podría ser DIF (Declinación, Inclinación e Intensidad Total).

Para medir el campo geomagnético en una estación magnética de repetición, se lleva a cabo una serie de observaciones absolutas por la mañana y por la tarde durante todos los días necesarios para re-ocupar una estación de repetición, ya que, esto evita principalmente los efectos de la variación diurna, por lo tanto las variaciones temporales del campo son menos críticas.

Por lo general, la serie de las mediciones absolutas que se hacen en las estaciones magnéticas de repetición, se hacen para obtener; Declinación, Inclinación e Intensidad total (DIF); por otro lado, en el observatorio magnético de referencia se mide al mismo tiempo el vector de campo geomagnético, usando medidas relativas. En el observatorio magnético de Teoloyucan se miden las componentes (H, F, Z, D, I).

Cuando se utiliza un observatorio magnético de referencia para la reducción de datos, como es el caso, cada medición absoluta de cualquier elemento del vector de campo geomagnético medido en la estación magnética de repetición puede reducirse de manera independiente a los otros elementos.

Determinación de la Declinación, Inclinación e Intensidad Total

Antes de comenzar una observación absoluta, se tienen que eliminar las fuentes de contaminación magnética que se encuentren en la estación magnética de repetición; así mismo el observador tiene que retirar objetos que puedan causar algún tipo de contaminación magnética; por ejemplo, llaves, celulares, monedas, aretes, etc.; los vehículos deben de estar estacionados al menos 60 metros de distancia.

Existen varios esquemas para medir la Declinación e Inclinación magnética, el método que será descrito a continuación, es el que el departamento de Geomagnetismo del Instituto de Geofísica-UNAM ha venido utilizando desde ya hace varios años.

El instrumento que se utilizó para llevar a cabo la toma de datos es un magnetómetro DI-FLUX ZEISS A-20, está basado en el Teodolito Geodésico Universal, el cuál posee la capacidad de medir los ángulos horizontal y vertical del vector geomagnético con una precisión de aproximadamente un segundo de arco [1"]. Existen Teodolitos con escala en grados y otros con escala en gones. El sensor Fluxgate se encuentra en la parte superior del telescopio del Teodolito.

Se tiene que asegurar, que el cable del sensor Fluxgate esté suficientemente libre para evitar se atore en el telescopio del teodolito ó bien ocurra un accidente.

La observación se desarrolla mediante la siguiente secuencia:

1. Se coloca el Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20, cuasi-nivelado, en el centro de la marca descrita en la estación magnética de repetición. Así mismo, se registra la altura (la Figura 13.1.24 muestra el teodolito puesto en el pilar de referencia del Observatorio Magnético de Teoloyucan).

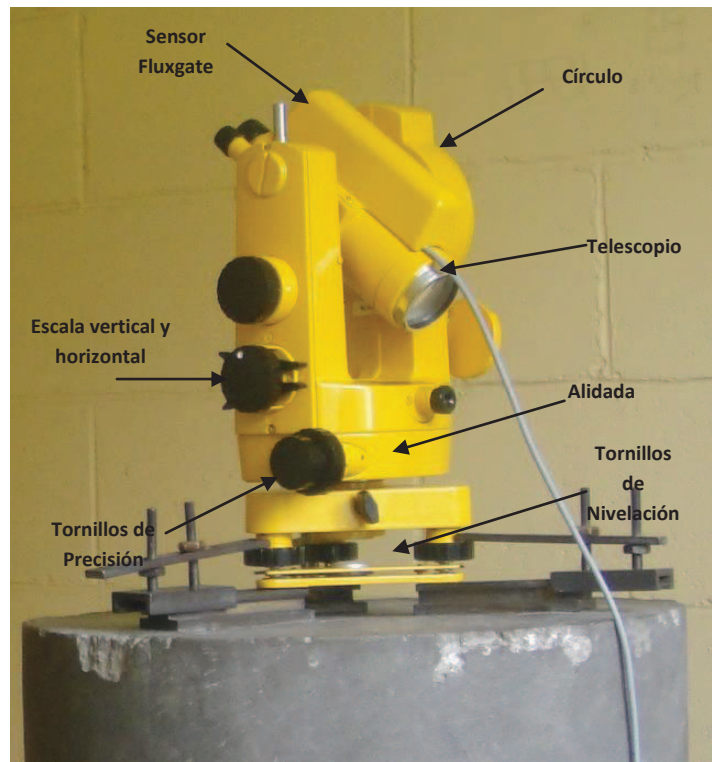


Figura. 3.1.24. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 cuasi-nivelado.

2. Cualquier medición absoluta comienza con la nivelación del teodolito. Es decir, ajustar el eje vertical del teodolito en la vertical con ayuda de los niveles, que se fijan a la alidada (la parte giratoria superior del teodolito). Primero, se ajusta el teodolito aproximadamente vertical. Para este propósito, hay un nivel circular de baja sensibilidad. Para el ajuste final, la alidada es girada hacia la posición donde el nivel de alta sensibilidad es paralelo con la línea de los tornillos nivelantes. Se toma la lectura observada del nivel y la alidada se gira 180° . En esta posición, la mitad de la diferencia entre la nueva lectura del nivel y de la lectura anterior se corrige girando los dos tornillos nivelantes en direcciones opuestas, de modo que la mano izquierda hace girar el tornillo izquierdo hacia la derecha y la mano derecha el tornillo derecho hacia la izquierda, o viceversa. La nivelación, en dirección perpendicular no va a cambiar si ambos tornillos se giran en el mismo sentido. La nueva lectura del nivel, se encuentra en la posición cero de la escala. A partir de esta posición cero la alidada se gira 90° y la burbuja del nivel se ajusta a su posición cero girando el tercer tornillo de nivelación. Después de estos pasos de nivelación el eje vertical está ajustado, para comprobar que es vertical se tiene que comprobar siguiendo los pasos anteriores.



Figura. 3.1.25. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 cuasi-nivelado.

3. Las marcas de azimuth se comprueban. Se tiene que ajustar la escala del círculo horizontal para leer el azimuth correcto cuando se mire hacia la marca principal. El tiempo se tiene que sincronizar de una forma nula para que ese tiempo corresponda con el tiempo de las medidas magnéticas.

Medición de la Declinación

1. Con el sensor Fluxgate hacia arriba (marca- arriba), se apunta el Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 y se observa la marca de la mira; registrando la lectura de la escala del plano horizontal.



Figura. 3.1.26. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 cuasi-nivelado con el sensor Fluxgate en dirección hacia-arriba.

2. Se repite el procedimiento anterior pero ahora con el sensor Fluxgate hacia abajo (marca-abajo); así mismo, se registra la lectura de la escala del plano horizontal.



Figura. 3.1.27. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 cuasi-nivelado con el sensor Fluxgate en dirección hacia-abajo.

3.
 - Se Posiciona el telescopio del Teodolito en dirección al Este y el sensor Fluxgate hacia arriba.
 - Se fija la escala del plano vertical con valores que logren que el telescopio del teodolito se encuentre perpendicular al eje vertical (los valores varían de acuerdo al tipo de Teodolito, pueden ser 90° ó 270° ; ó bien; 100 ó 300).
 - Se gira suavemente la aliada del Teodolito hasta que la salida del magnetómetro indique un valor aproximadamente nulo (cero) fijando la aliada en ese valor, para encontrar el valor exacto nulo (cero) se utiliza el tornillo de precisión pequeño (correspondiente al plano horizontal) del Teodolito, en ese instante se registra el tiempo y valor que se encuentra en la escala del plano horizontal.



Figura. 3.1.28. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 con el círculo en dirección al Norte y el sensor Fluxgate con dirección hacia-arriba.

4.

- Se posiciona el telescopio del Teodolito en dirección al Oeste y el sensor Fluxgate hacia abajo.
- Se fija la escala del plano vertical con valores que logren que el telescopio del teodolito se encuentre perpendicular al eje vertical (los valores varían de acuerdo al tipo de Teodolito, pueden ser 90° ó 270° ; ó bien; 100 ó 300).
- Se gira suavemente la alidada del Teodolito hasta que, la salida del magnetómetro indique un valor aproximadamente nulo (cero) fijando la aliada en ese valor, para encontrar el valor exacto nulo (cero) se utiliza el tornillo de precisión pequeño (correspondiente al plano horizontal) del Teodolito, en ese instante se registra el tiempo y el valor que se encuentra en la escala del plano horizontal.



Figura. 3.1.29. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 con el círculo en dirección al Norte y el sensor Fluxgate con dirección hacia-abajo.

5.

- Se invierte el telescopio del Teodolito posicionando con dirección al Este y el sensor Fluxgate hacia abajo.
- Se cerciora que la escala vertical se conserve cualquiera de los valores asignados (90° ó 270° ; 100 ó 300).
- Se gira suavemente la alidada del Teodolito hasta que, la salida del magnetómetro indique un valor aproximadamente nulo (cero) fijando la aliada en ese valor, para encontrar el valor exacto nulo (cero) se utiliza el tornillo de precisión pequeño (correspondiente al plano horizontal) del Teodolito, en ese instante se registra el tiempo y el valor de la escala del plano horizontal.



Figura. 3.1.30. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 con el círculo en dirección al Sur y el sensor Fluxgate con dirección hacia-abajo.

6.

- Se conserva el telescopio del Teodolito de tal manera que se encuentre en dirección al Oeste pero con el sensor Fluxgate hacia arriba.
- Se fija la escala del plano vertical en los valores predeterminados (90° ó 270° ; 100 ó 300).
- Se gira suavemente la alidada del Teodolito, hasta que la salida del magnetómetro indique un valor aproximadamente nulo (cero) fijando la aliada en ese valor, para encontrar el valor exacto nulo (cero) se utiliza el tornillo de precisión pequeño (correspondiente al plano horizontal) del Teodolito, en ese instante se registra el tiempo y el valor de la escala del plano horizontal.

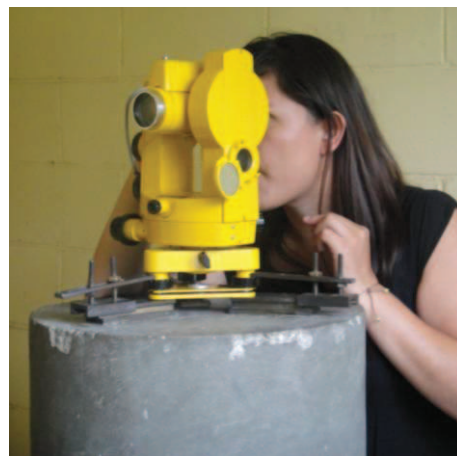


Figura. 3.1.31. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 con el círculo en dirección al Sur y el sensor Fluxgate con dirección hacia-arriba.

7.

- Se repiten los pasos 1 y 2, correspondientes a la medición de las marcas “arriba y abajo” (MIRA).

8.

- Se calcula el valor del Meridiano Magnético, a partir de los cuatro valores obtenidos para la Declinación.

Medición de la Inclinación.

1.

- Se posiciona el telescopio del Teodolito con dirección al Norte y el sensor Fluxgate hacia arriba.
- Se fija en la escala del plano horizontal el valor correspondiente al meridiano magnético, obtenido a partir, de las observaciones de declinación.
- Se gira suavemente el telescopio del Teodolito hasta que la salida del magnetómetro indique un valor aproximadamente nulo (cero), (en la mayoría de los casos el ocular del telescopio apunta en dirección al Sur) y se fija el telescopio en ese valor.
- Para encontrar el valor exacto nulo (cero), se utiliza el tornillo de precisión grande (correspondiente al plano vertical) del Teodolito, en ese instante se registra el tiempo y el valor de la escala del plano vertical.

Figura. 3.1.32. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 con el círculo en dirección al Oeste y el sensor Fluxgate con dirección hacia-arriba.



2.

- Se posiciona el telescopio del Teodolito con dirección al Sur y el sensor Fluxgate hacia abajo.
- Se gira suavemente el telescopio del Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20, hasta que la salida del magnetómetro indique un valor aproximadamente nulo (cero), fijando el telescopio en ese valor.
- Para encontrar el valor exacto nulo (cero), se utiliza el tornillo de precisión grande (correspondiente al plano vertical) del Teodolito, en ese instante se registra el tiempo y el valor de la escala del plano vertical.

Figura. 3.1.33. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 con el círculo en dirección al Oeste y el sensor Fluxgate con dirección hacia-abajo.



3.

- Se posiciona el Teodolito asignándole el valor del Meridiano Magnético a la escala Horizontal, de la manera que, el telescopio se encuentre en dirección al Norte y el sensor Fluxgate hacia abajo.
- Se gira suavemente el telescopio del Teodolito hasta que la salida del magnetómetro indique un valor aproximadamente nulo (cero), fijando el telescopio en ese valor.
- Para encontrar el valor exacto nulo (cero) se utiliza el tornillo de precisión grande (correspondiente al plano vertical) del Teodolito, en ese instante se registra el tiempo y el valor de la escala del plano vertical.



Figura. 3.1.34. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 con el círculo en dirección al Este y el sensor Fluxgate con dirección hacia-abajo.

4.

- Se invierte únicamente el sensor Fluxgate de tal manera que adquiera una dirección hacia arriba y el telescopio se encuentre en dirección al Sur.
- Se gira suavemente el telescopio del Teodolito hasta que la salida del magnetómetro indique un valor aproximadamente nulo (cero), fijando el telescopio en ese valor.
- Para encontrar el valor exacto nulo (cero) se utiliza el tornillo grande de precisión (correspondiente al plano vertical) del Teodolito, en ese instante se registra el tiempo y el valor de la escala del plano vertical.

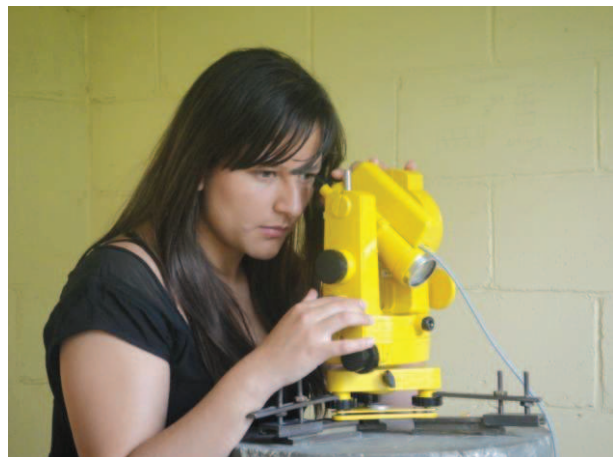


Figura. 3.1.35. Teodolito DI-FLUX ZEISS A-20 con el círculo en dirección al Este y el sensor Fluxgate con dirección hacia-arriba.

Medición de la Intensidad Total.

Para la Carta Magnética época 2010.0, se midió la intensidad total (F) simultáneamente con las observaciones de Declinación e Inclinación, para ello, se colocó una estación base utilizando el magnetómetro OVERHAUSER GSM-19. Se recomienda que la estación base se coloque aproximadamente a 10[m] del punto donde se colocó el teodolito. Esto, para simplificar la reducción posterior de los datos y evitar el retraso en los instrumentos.



Figura 3.1.36. Estación magnética de repetición de Puerto Juárez 2013, medición de las tres componentes de campo magnético DIF simultáneamente.

3.1.6. Levantamiento Magnetométrico

Al finalizar, las mediciones absolutas, se realiza un Levantamiento Magnetométrico, a través de, una malla de dimensión 100 [m²] (10 x 10 metros), para comprobar que el gradiente horizontal es aceptable de acuerdo a los estándares de una estación magnética de repetición (definir o descartar anomalías en la zona); tomando como coordenada (0,0) la esquina inferior-izquierda ó bien la esquina Sur-Oeste de la malla, lo cual posiciona al teodolito en la coordenada (5,5). Se utilizó el magnetómetro de precisión protónica (PPM) OVERHAUSER GSM-19 con dos sensores tipo overhauser, orientados en la misma dirección (perpendicular al Norte Geográfico).



Figura. 3.1.37. Estación magnética de repetición Chetumal 2013, Levantamiento Magnetométrico con el Magnetómetro OVERHAUSER GSM-19. (3-sep-2013)

3.1.7. La reducción de datos de campo. Trabajo de gabinete

a) Tratamiento de las observaciones astronómicas:

La tarea consiste, en calcular el azimut del Sol en el momento preciso en que fue visto por el teodolito. Además, podemos calcular el azimut de un objetivo auxiliar visto justo antes o después de la observación del sol.

Para llevar a cabo este cálculo, se utilizaron los programas MICA y SOLEI.

A continuación se muestra un ejemplo del funcionamiento de estos dos software:

MICA:

- Seleccione " Greenwich y el tiempo sidereal local. Haga clic en "Continuar".
- Introducir los datos de tiempo y los parámetros de tabulación.
- Los resultados generados de muestran en la Figura 3.1.38.

SIDEREAL TIME									
Mérida									
Location: W 89°47'04.0", N21°08'10.7", 10m (Longitude referred to Ephemeris meridian)									
Date	Time	Ephemeris Sidereal Time			Local Sidereal Time			Equation of the Equinoxes	
		Mean	App.		Mean	App.			
(II)	h m s	h m s	h m s	h m s	h m s	h m s	s	s	
2013 Aug 28	00:00:00.0	22 25 30.4476	31.1979	16 26 22.1809	22.9312		+0.7503		
2013 Aug 29	00:00:00.0	22 29 27.0030	27.7539	16 30 18.7363	19.4872		+0.7509		

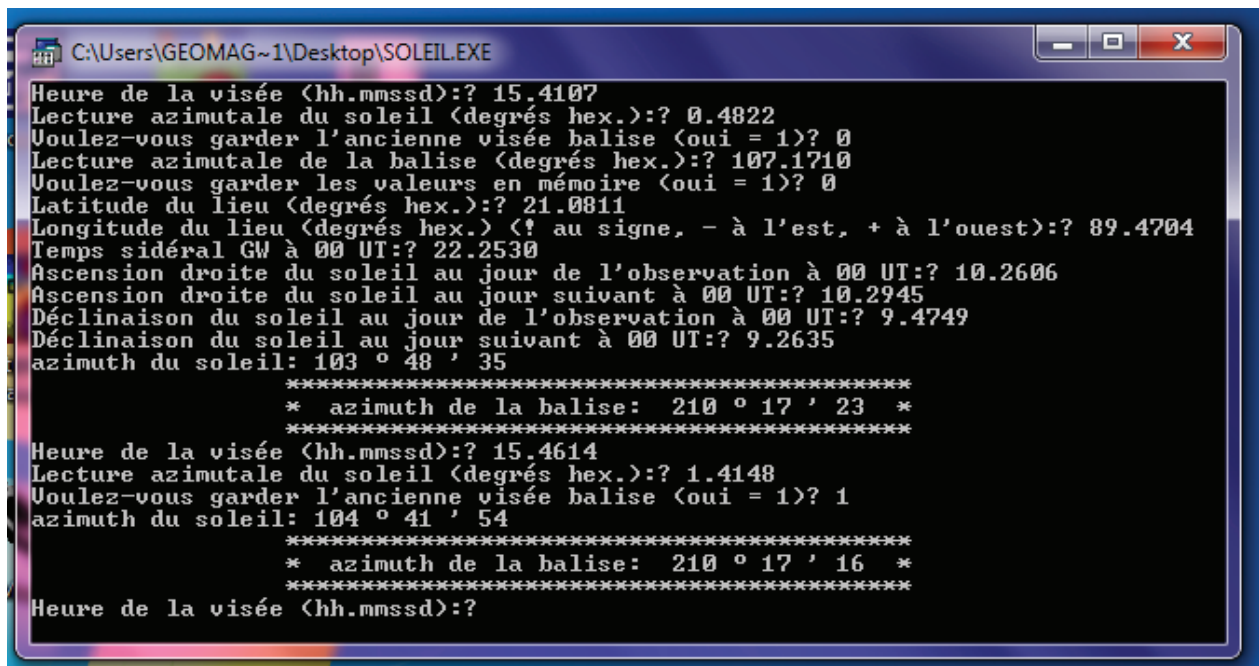
Sun				
Astrometric Positions Mean Equator and Equinox of J2000.0				
Date	Time	Right Ascension	Declination	Distance
(II)	h m s	h m s	° ' "	AU
2013 Aug 28	00:00:00.0	10 26 06.595	+ 9 47 48.69	1.010157118
2013 Aug 29	00:00:00.0	10 29 45.407	+ 9 26 35.55	1.009936651

Figura. 3.1.38. Resultados generados a través del software MICA para la Estación Magnética de Repetición Mérida 2013.

SOLEI:

El programa solicitará los siguientes parámetros:

1. El tiempo en el que el Sol fue avistado.
2. Lectura del Circulo Horizontal para el Sol en ese avistamiento.
3. Lectura del Circulo Horizontal para la MIRA de esa observación.
4. Latitud de la Estación Magnética de Repetición.
5. Longitud de la Estación Magnética de Repetición.
6. Tiempo Sideral [UT] (valor generado por el MICA).
7. Ascensión Del Sol en ese día.
8. Ascensión del Sol al día siguiente.
9. Declinación del Sol en el día.
10. Declinación del Sol en el siguiente día.



```
C:\Users\GEOMAG~1\Desktop\SOLEI.EXE
Heure de la visée (hh.mmss):? 15.4107
Lecture azimutale du soleil (degrés hex.):? 0.4822
Voulez-vous garder l'ancienne visée balise (oui = 1)? 0
Lecture azimutale de la balise (degrés hex.):? 107.1710
Voulez-vous garder les valeurs en mémoire (oui = 1)? 0
Latitude du lieu (degrés hex.):? 21.0811
Longitude du lieu (degrés hex.) (? au signe, - à l'est, + à l'ouest):? 89.4704
Temps sidéral GW à 00 UT:? 22.2530
Ascension droite du soleil au jour de l'observation à 00 UT:? 10.2606
Ascension droite du soleil au jour suivant à 00 UT:? 10.2945
Déclinaison du soleil au jour de l'observation à 00 UT:? 9.4749
Déclinaison du soleil au jour suivant à 00 UT:? 9.2635
azimuth du soleil: 103 ° 48 ' 35
*****
* azimuth de la balise: 210 ° 17 ' 23 *
*****
Heure de la visée (hh.mmss):? 15.4614
Lecture azimutale du soleil (degrés hex.):? 1.4148
Voulez-vous garder l'ancienne visée balise (oui = 1)? 1
azimuth du soleil: 104 ° 41 ' 54
*****
* azimuth de la balise: 210 ° 17 ' 16 *
*****
Heure de la visée (hh.mmss):?
```

Figura. 3.1.39 Parámetros que requiere el Software SOLEI para generar el Azimut, los valores mostrados corresponden a la Estación magnética de Repetición de Mérida 2013.

Por último, el valor generado “*azimuth de la balise*” corresponde al valor del Azimut Astronómico (Az) para la Estación magnética de Repetición.

b) Procesamiento de la Declinación:

El valor de la Declinación se obtuvo mediante una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel, donde las ecuaciones correspondientes fueron generadas a partir de la Figura 3.1.40:

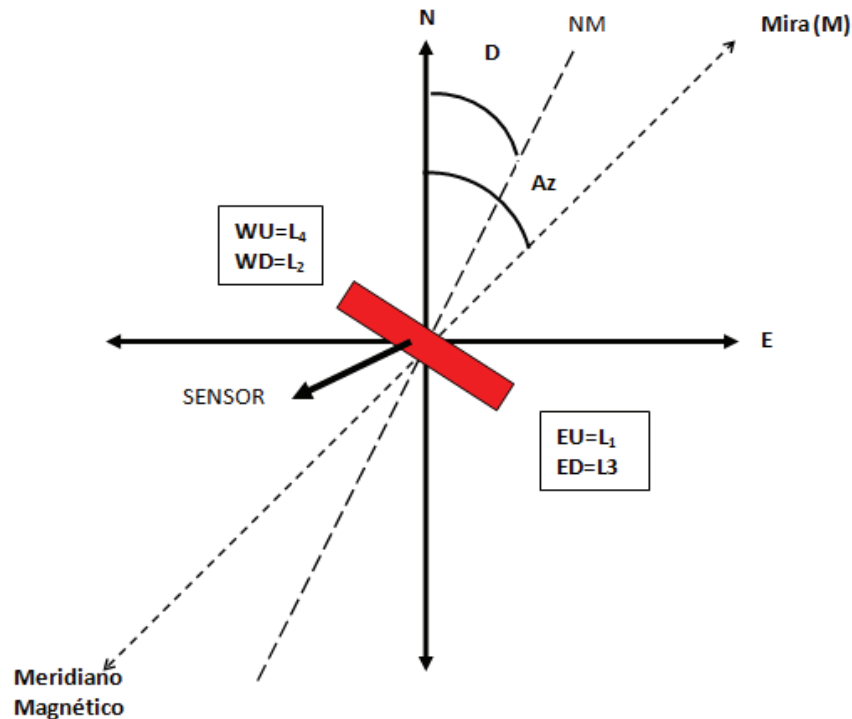


Figura 3.1.40.

Partiendo de la Figura 3.1.40 y de la definición de la Declinación Magnética. Se sabe que:

D = Es la diferencia angular entre el Norte Verdadero o Geográfico y el norte Magnético.

T_0 = Es el equivalente Angular del Norte verdadero en el teodolito.

Por lo tanto:

$$T_0 = \bar{M} - Az \dots (6)$$

Donde:

\bar{M} = Magnitud de la Mira

Az = Azimut (valor generado a través de los software MICA y SOLEI).

Entonces, la Declinación magnética se define como:

$$D = T_0 + Az - \bar{M} \dots (7)$$

c) Procesamiento de la Inclinación:

De igual manera, el valor de la Inclinación se obtuvo mediante una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel, donde las ecuaciones correspondientes fueron generadas a partir de la Figura 3.1.41:

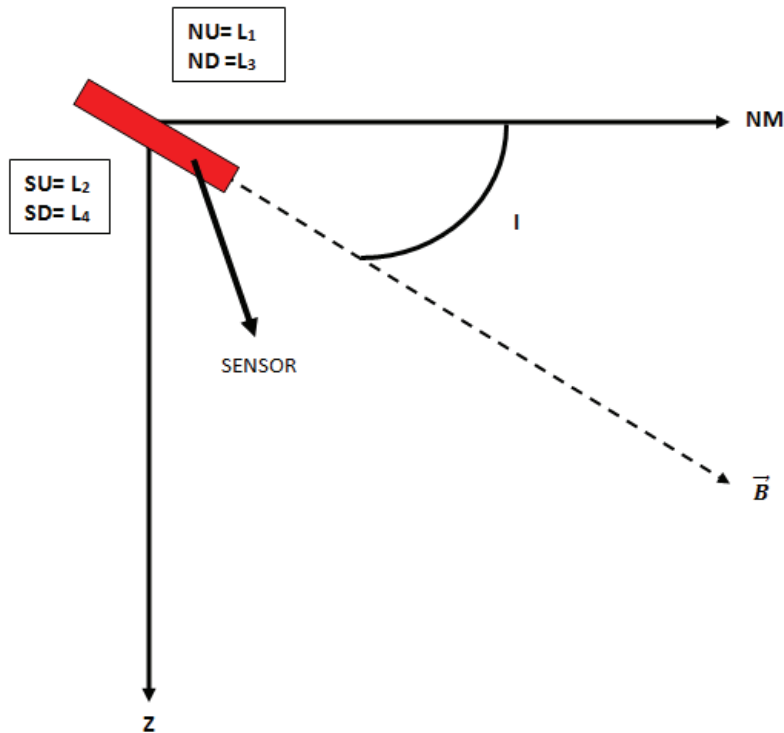


Figura 3.1.41.

Partiendo de la Figura 3.1.41 y de la definición de la Inclinación Magnética. Se sabe que:

I = Es el ángulo formado por el Norte Magnético y el vector \vec{B} .

Donde:

$$\vec{B} = \{X, Y, Z, H, F, D, I\} \dots (8)$$

Entonces, las formulas para obtener la Inclinación magnética en sus cuatro direcciones quedan definidas como:

$$I_{NU} = L_1 \dots (9)$$

$$I_{SD} = L_2 - 180^\circ \dots (10)$$

$$I_{ND} = 360^\circ - L_3 \dots (11)$$

$$I_{SU} = 180^\circ - L_4 \dots (12)$$

En la Figura 3.1.42, se muestra una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel, que se utilizó en una de las 43 Estaciones Magnéticas de Repetición para obtener los valores que corresponden a la Declinación e Inclinación magnética.

Trace "0"	Tmoy D	Tmoy letF	Dabs1	Dabs2	Dabs3	Dabs4	labs1	labs2	labs3	labs4	Dabs	labs	Fabs	
											deg déc	deg déc	nT	
-6.3862	246.6508	246.6577	0.2108	0.2060	-0.0281	-0.0140	47.9075	47.9306	47.7469	47.7647	0.0937	47.8374	40441.8	
-6.3868	246.6664	246.6735	0.2118	0.1738	-0.0151	-0.0474	47.9033	47.9231	47.7383	47.7561	0.0808	47.8302	40442.9	
-6.3850	246.6829	246.6924	0.1792	0.0642	-0.0086	0.0372	47.9053	47.9239	46.8375	46.8589	0.0680	47.3814	40439.6	
-6.3868	246.7061	246.7126	0.1863	0.1674	-0.0318	0.0071	47.9053	47.9258	47.7386	47.7564	0.0822	47.8315	40437.7	
											0.0812	47.7201	40440.5	
											D	0	4	52.2
											I	47	43	12.5

Figura 3.1.42. Hoja de cálculo de Microsoft Office Excel, para la Estación Magnética de Repetición, Chetumal 2013.

3.2. Reducción de Datos.

Las observaciones absolutas, que se hicieron en cada una de las Estaciones Magnéticas de Repetición, incluyen la contribución del campo geomagnético principal originado en el núcleo, a través de fuentes generadas en la corteza y de fuentes provenientes de la superficie de la Tierra. Para modelar la variación secular, sólo es necesaria la primera de ellas. La contribución de la corteza, puede suponerse que es constante a lo largo de las escalas de tiempo para la variación secular. Los efectos de los campos externos originados en la ionosfera y la magnetosfera junto con los efectos de las corrientes inducidas en la corteza, deben ser removidos.

México, cuenta con solo un observatorio magnético, el observatorio magnético de Teoloyucan, por lo tanto, se utilizan datos de este observatorio y de observatorios de países vecinos para la reducción de datos, haciendo este el método más sencillo y económico. Este método se basa en asumir que las variaciones transitorias (incluyendo la diurna) del campo magnético son idénticas tanto en la Estación Magnética de Repetición, así como, en el observatorio de referencia elegido y se aplica de tal manera que se pueda calcular un valor promedio anual en la Estación Magnética de Repetición.

Por otra parte, los valores de una Estación Magnética de Repetición a veces se reducen a un valor promedio anual, debido a los efectos de las fuentes externas. En cualquiera de los casos se supone que los efectos de las fuentes externas son los mismos en el observatorio y en la Estación Magnética de Repetición, y la variación secular es la misma en el intervalo de tiempo en el que se llevo a cabo la observación de cada Estación Magnética de Repetición y la época para la cual se hizo la reducción.

Existen diferentes métodos para la reducción de datos, para esta carta (época 2010.0) los datos fueron reducidos al Observatorio Magnético más cercano “El Observatorio Magnético de Teoloyucan”.

A través de la siguiente relación:

$$B_{2010.0} = \bar{B}_{TEO} + B(t) - (B_{TEO}(t)) \dots (13)$$

Donde:

$B_{2010.0}$ = Valor observado en la época correspondiente.

\bar{B}_{TEO} = Promedio del campo en el observatorio para el período total de observaciones.

$B(t)$ = Valor del campo observado en el tiempo (t).

$B_{TEO}(t)$ = Valor del campo en el Observatorio en el tiempo (t).

3.3. Curvas de Variación Secular

Se entiende por variación secular, a los cambios graduales que sufre el campo geomagnético con respecto al tiempo. Para su correcto estudio es necesario contar con bases de datos de observatorios magnéticos que operen durante largos períodos, ya que esta variación es prácticamente indetectable en magnetogramas por día, incluso, por mes. Se piensa que la variación secular es originada en el interior de nuestro planeta (teoría del dinamo autosustentado) y es responsable de la deriva de los polos magnéticos, así como de la disminución en la intensidad de campo geomagnético, fenómeno cuya evidencia se pone de manifiesto en los registros paleomagnéticos obtenidos a partir de muestras del lecho oceánico a través de secciones transversales a las crestas transoceánicas formadas en los divergentes entre placas tectónicas.

La variación secular del campo geomagnético principal, es compleja y aún no predecible a partir de modelos estadísticos. Los modelos incluidos en las sucesivas generaciones de IGRF constituyen simples aproximaciones lineales que especifican variaciones a una tasa constante de los coeficientes que representan al campo geomagnético (Peddie, 1983). La comparación de datos del IGRF estimados para períodos separados por varios años indica discrepancias importantes. Los modelos de variación secular para períodos de cinco años proporcionan, sin embargo, ajustes satisfactorios a las variaciones seculares de los elementos geomagnéticos (Dawson y Newitt, 1982).

En México se ha analizado la variación secular puntualmente en el centro del país (en el observatorio geomagnético de Teoloyucan, Figura 1.2.10). A través, el Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición actualizado, se generaron curvas de variación secular que van desde el año de 1950 hasta el 2013, y corresponden a las siete campañas que se midieron durante el período 2008-2013 con el objetivo de generar la Carta Magnética época 2010.0 para México (ver Anexo 3).

En este apartado se presenta la variación secular de las componentes del vector de campo geomagnético “Declinación, Inclinación e Intensidad Total” (Figura 3.3.43) para una de las siete campañas que conforman la Carta (época 2010.0).

A través de la generación de estas curvas, se realizó un ajuste polinomial para cada Estación Magnética de Repetición, con el objeto de generar un modelo Polinomial simple que reproduce la tendencia de las observaciones en el tiempo (ver Anexo 3).

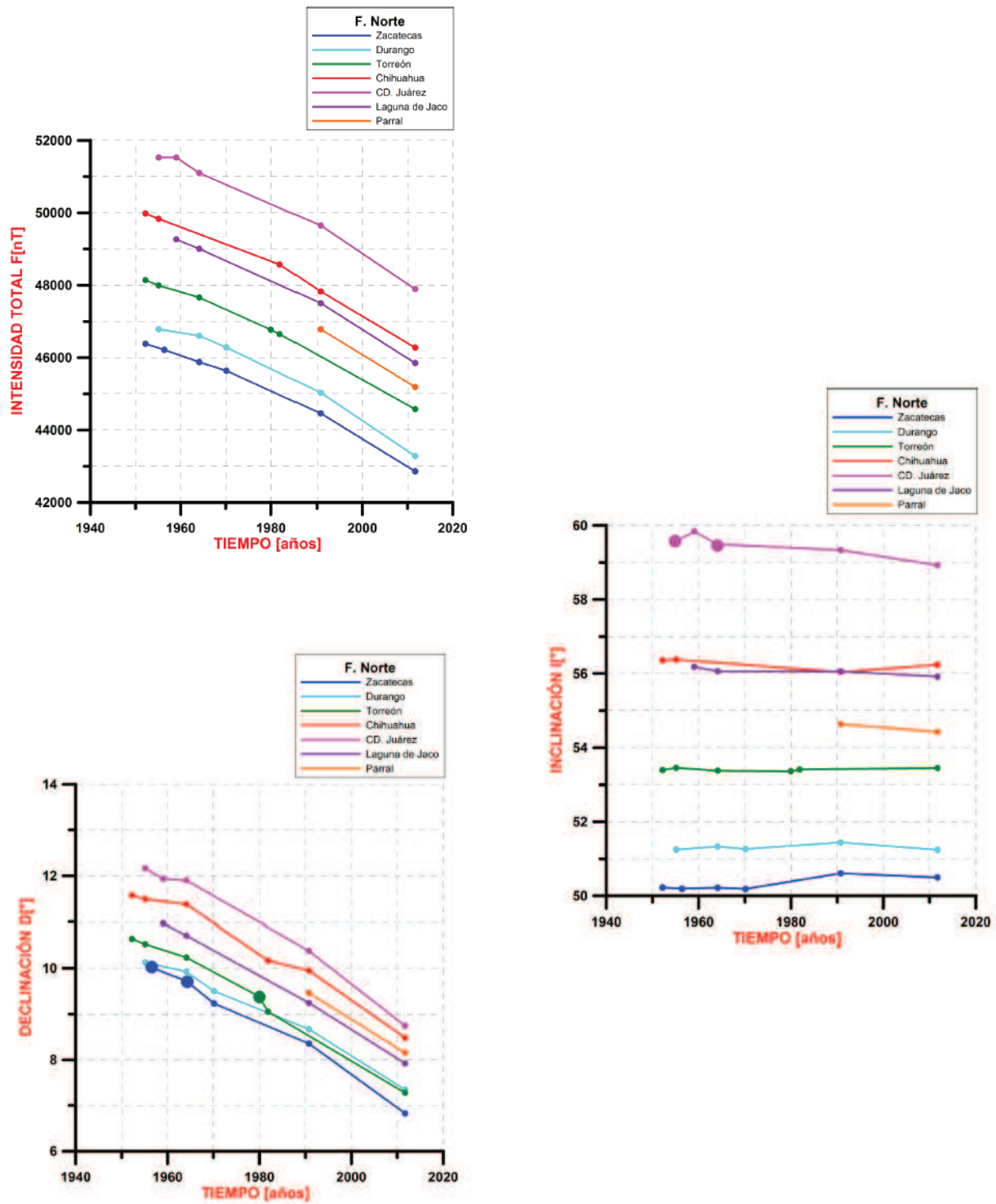


Figura 3.3.43. Variación Secular correspondiente a la campaña F. Norte, para el período que va desde 1950 hasta 2015.

3.4. Elaboración de una Carta Magnética

En la actualidad no existe una metodología estándar nacional ó internacional, publicada para la generación de cartas magnéticas, pero en este trabajo de tesis se plantea seguir una metodología creada por el departamento de Geomagnetismo y Exploración Geofísica del Instituto de Geofísica de la UNAM.

Una vez que se tienen los valores de campo registrados en las estaciones y posterior a las reducciones (o correcciones) aplicadas a estos, es necesario obtener una representación geométrica del campo a lo largo del territorio cubierto (República Mexicana), a partir de dichos valores discretos o puntuales. Para obtener esta representación, se aplican métodos de interpolación o estimación estadística 2D que permiten conocer los valores de campo en una malla regular y se visualizan los valores obtenidos en forma de curvas de nivel.

De la amplia gama de métodos de interpolación y estimación estadística 2D que existen, se eligió el método de Kriging para las componentes de campo y el método de Regresión Polinomial para la Variación Secular que consisten, a grosso modo en:

✓ **KRIGING**

Kriging es un método de estimación que da la mejor estimación lineal insesgada de los valores de los puntos, esto es elegir el promedio ponderado de los valores de las muestras la cual tenga la mínima varianza.

La precisión del método depende de varios factores:

1. El número de muestras y la calidad de los datos en cada punto.
2. La posición de las muestras.
3. La distancia entre las muestras y el punto a ser estimado.
4. La continuidad espacial bajo consideración.

Dentro del programa Surfer, Kriging puede ser un interpolador de suavizado en función de los parámetros especificados por el usuario. Incorpora anisotropía y las tendencias subyacentes de una manera eficiente y natural.

El Kriging Puntual, genera una malla de interpolación y estima los valores de los puntos, pero la desviación estándar del Kriging calculada será alta. Cuando el punto del Kriging coincide con el lugar de la muestra, el estimado tendrá un valor igual al de la muestra.

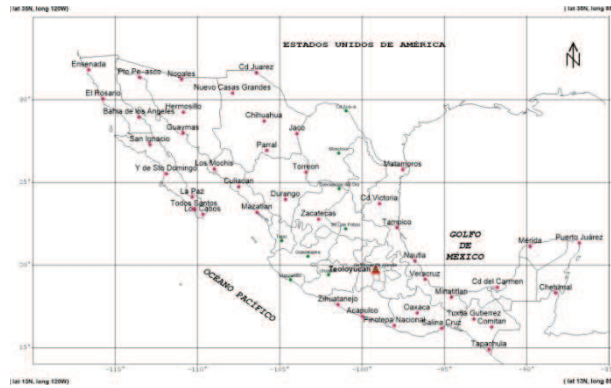


Figura 3.4.44 Posición de los datos antes de aplicar el interpolador Kriging.

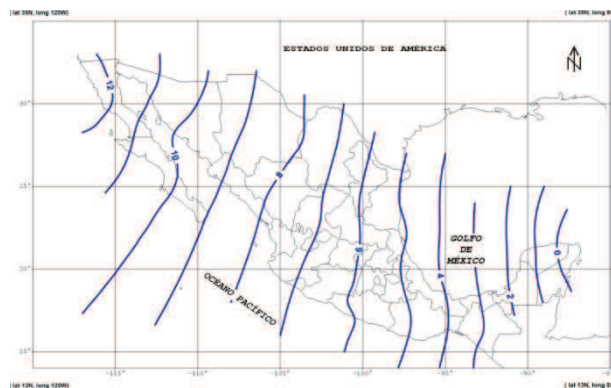


Figura 3.4.45. Isolneas generadas al aplicar el interpolador Kriging.

✓ REGRESIÓN POLINOMIAL

La Regresión polinomial, se utiliza para definir las tendencias a gran escala y los patrones en los datos. La Regresión Polinomial, no es realmente un interpolador porque no trata de predecir los valores Z desconocidos. Sin embargo, existen varias opciones que se pueden utilizar para definir el tipo de superficie de tendencia, en este caso se eligió una superficie Bi-lineal.

Funciona con la siguiente ecuación:

$$z(x, y) = A + Bx + Cy + Dxy \dots (14)$$

La Regresión Polinomial Bi-Lineal, es una extensión de la Regresión Polinomial lineal para interpolar funciones de dos variables en una malla regular de dos dimensiones. La idea principal es, realizar una Regresión Polinomial lineal en una dirección, y después en la otra. Aunque cada uno de estos pasos es lineal, la interpolación en su conjunto no es lineal si no cuadrática. Se utiliza para interpolar y mapear texturas.

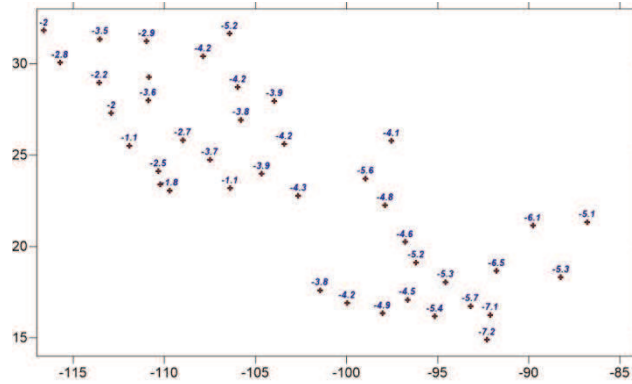


Figura 3.4.46 Posición de los valores antes de aplicar la Regresión Polinomial Bi-lineal.

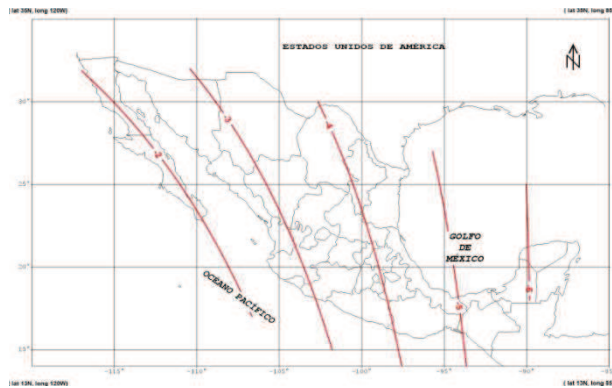


Figura 3.4.47 Isoporas Generadas al aplicar la Regresión Polinomial Bi-lineal.

Una vez que se cuenta con la malla regular de valores de campo a lo largo del territorio cubierto (República Mexicana), se toman en cuenta algunos detalles convencionales, al momento de visualizar la malla generada, en forma de curvas de nivel:

PARÁMETROS						
COMPONENTE	ISOLINEAS			ISOPORAS		
	MÍNIMO	MÁXIMO	INTERVALO	MÍNIMO	MÁXIMO	INTERVALO
D	-1	12	1	-7.5	.5	.5
I	42	60	2	-.75	2	.25
F	38000	48000	1000	-77	-48	4

Tabla 5. Parámetros utilizados en las Curvas de Nivel generadas.

ELEMENTOS DE UNA CARTA MAGNÉTICA	
ELEMENTO	SÍMBOLO
Isolineas	-----
Isoporas	-----
Estación Magnética de Repetición	●
Capitales	○
Orientación	N

Tabla 6. Elementos que conforman la Carta Magnética Época 2010.0.

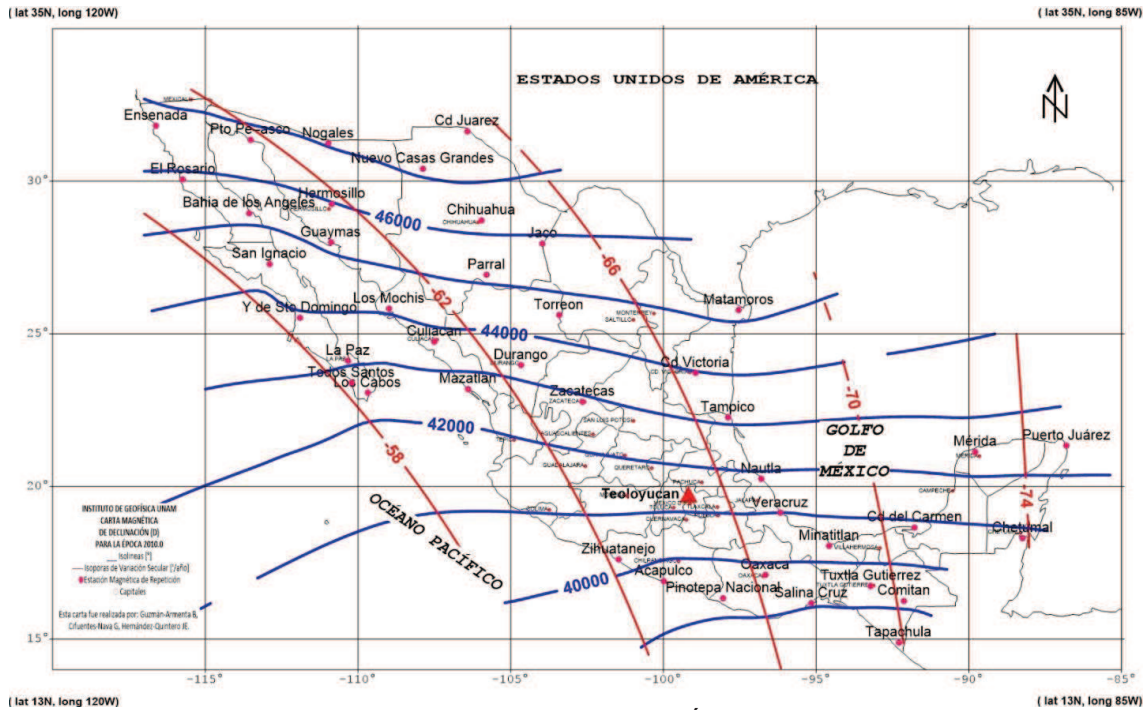


Figura 3.4.48 Carta Magnética de la República Mexicana Época 2010.0 para la componente de Intensidad Total F.

Finalmente, en la Figura 3.4.48 se muestra la carta magnética generada como producto de esta tesis, de la componente F del campo geomagnético para la época 2010.0 Las cartas magnéticas para la declinación e inclinación se pueden consultar en el Anexo 2.

CAPITULO 4. ESTACIONES MAGNÉTICAS DE REPETICIÓN Y CARTAS MAGNÉTICAS

4.1. Nuevo Catalogo de Estaciones de Repetición Magnéticas

Actualmente, ya existe un catalogo de Estaciones Magnéticas de Repetición, el cual lleva por nombre “Valores Magnéticos en la República Mexicana y Centro América De 1587-1991” y fue publicado por el Ing. Carlos Cañón Amaro en el año 1991. En esta publicación se muestran valores magnéticos obtenidos de las observaciones absolutas para México en el periodo 1587-1991; también contiene valores magnéticos de centro América observados por personal del Instituto de Geofísica-UNAM.

El catálogo ya existente fue dividido de la siguiente manera:

- Primera parte: Conformada con datos de 1587 a 1950 recopilados por el Sr. Rosendo Octavio Sandoval, quien fue Jefe del departamento de Geomagnetismo hasta el año de 1950. Los datos magnéticos fueron obtenidos a través de diversas publicaciones, tablas y bitácoras que se encuentran en el Archivo General de la Nación.
- Segunda parte: Conformada con datos obtenidos en las campañas de 1950-1991 ya bajo los auspicios del Instituto de Geofísica, donde se muestran croquis de las estaciones magnéticas así como la descripción de las mismas.
- Tercera parte: Conformada con datos obtenidos en las campañas hechas en Centro América, realizadas por observadores del instituto de Geofísica y patrocinio del IPGH (Instituto Panamericano de geografía e Historia).

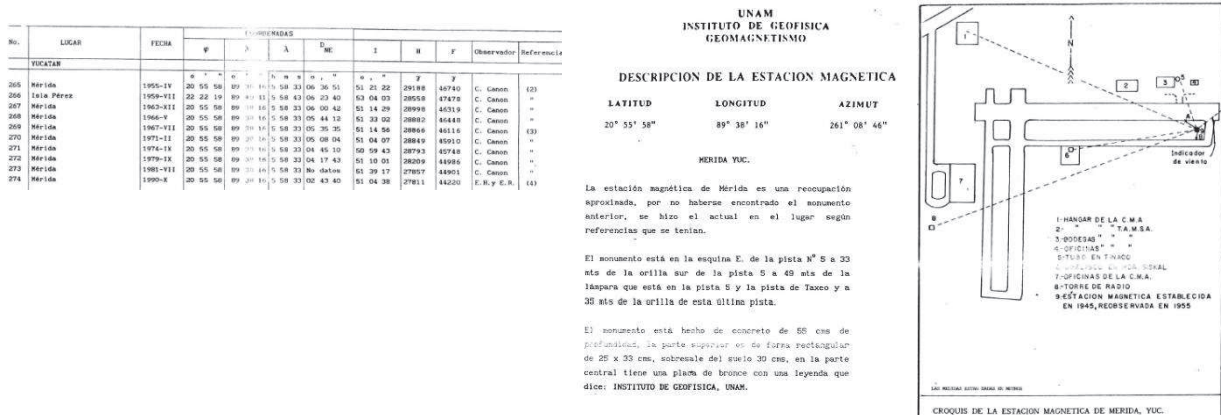


Figura 4.1.49 Fotografías de como presentaba los datos el Anterior Catálogo para la Estación de Mérida.

Uno de los objetivos de esta tesis, es generar un Nuevo Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición, a partir, de las Estaciones Magnéticas de Repetición que se observaron para la nueva Carta Magnética Época 2010.0.

En la Figura 4.1.50 se muestra una Estación Magnética de Repetición contenida en el nuevo catálogo, con la finalidad de que los futuros usuarios, puedan tener acceso al contenido sin que exista algún tipo de inconveniente al hacer uso de los datos.

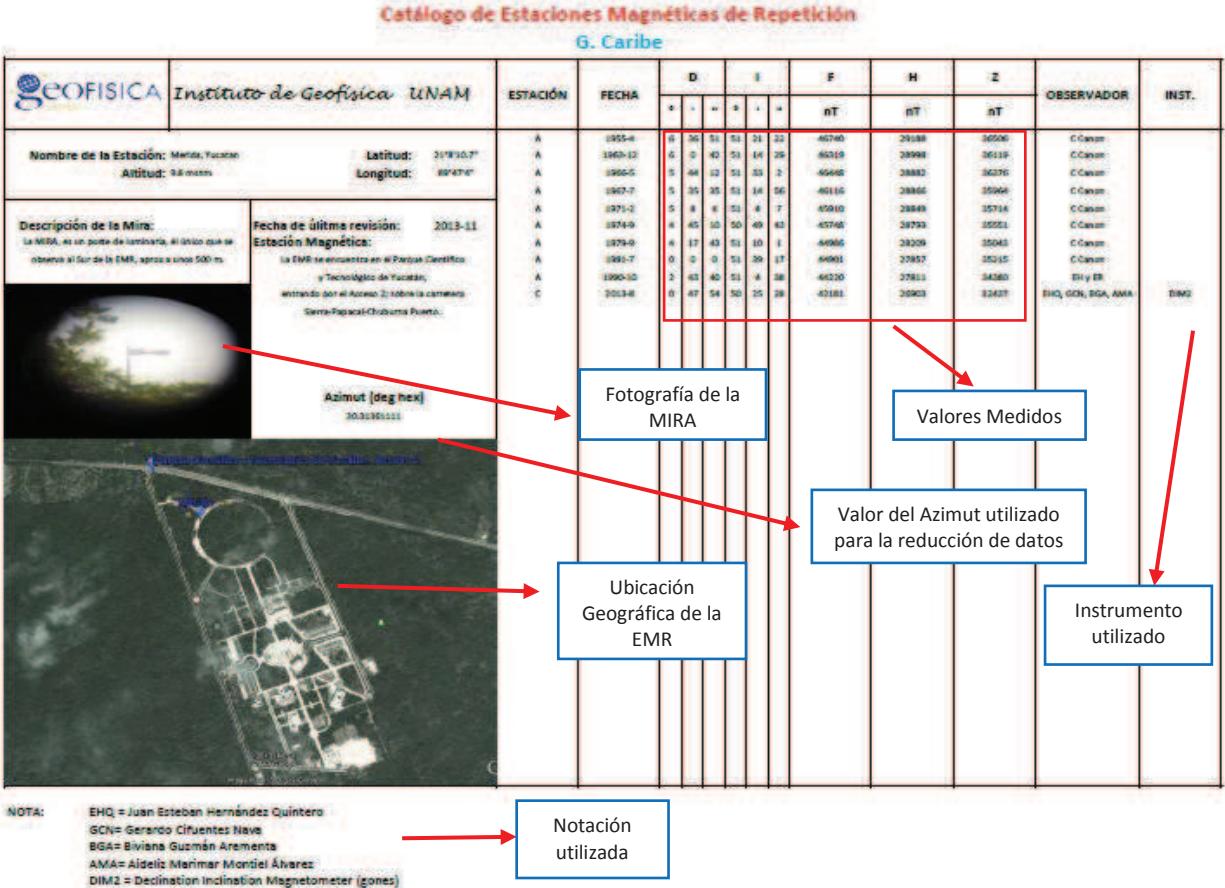


Figura 4.1.50. Estación Magnética de Repetición del Nuevo Catálogo para Mérida.

El Nuevo Catálogo completo de Estaciones Magnéticas de Repetición se puede consultar en el Anexo1.

4.2. Cartas Magnéticas para la República Mexicana Época 2010.0

Dado que una carta magnética debe ser representativa de la distribución geográfica regional del campo geomagnético principal, es necesario contar con un número suficiente de estaciones distribuidas a lo largo y ancho del país. Para esta carta Magnética, se designaron 43 Estaciones Magnéticas de Repetición, con una separación de 500 [km] aproximadamente. Las cuáles fueron distribuidas en siete campañas de medición, ubicadas en lugares estratégicos como Escuelas, Campos Deportivos y Aeropuertos para darle continuidad al sitio. Las campañas de medición, comprenden las siguientes Estaciones Magnéticas de Repetición:

Campañas de las Estaciones Magnéticas de Repetición						
A. BAJA	•	La Paz	D. SUR	•	Oaxaca	
	•	San José de los Cabos		•	Salina Cruz	
	•	Todos Santos		•	Tuxtla Gutiérrez	
	•	Santo Domingo		•	Comitán	
	•	San Ignacio		•	Tapachula	
	•	Bahía de los Ángeles		E. SUROESTE	•	Pinotepa Nacional
	•	El Rosario			•	Zihuatanejo
B. GOLFO	•	Ensenada	F. NORTE	•	Acapulco	
	•	Matamoros		•	Zacatecas	
	•	Ciudad Victoria		•	Durango	
	•	Tampico		•	Torreón	
	•	Nautla		•	Chihuahua	
	•	Veracruz		•	Ciudad Juárez	
	•	Minatitlán		•	Laguna de Jaco	
C. NORESTE	•	Ciudad del Carmen	G. CARIBE	•	El Parral	
	•	Nuevo Casas Grandes		•	Mérida	
	•	Nogales		•	Puerto Juárez	
	•	Puerto Peñasco		•	Chetumal	
	•	Hermosillo				
	•	Guaymas				
	•	Los Mochis				
	•	Culiacán				
	•	Mazatlán				

Tabla 7. Campañas de las Estaciones Magnéticas de Repetición utilizadas para la Carta Magnética de la época 2010.0.

En la Figura 4.1.51, se muestran las Estaciones Magnéticas de Repetición que comprenden las campañas y el Observatorio Magnético de Teoloyucan distribuidos a lo largo y ancho de la República.

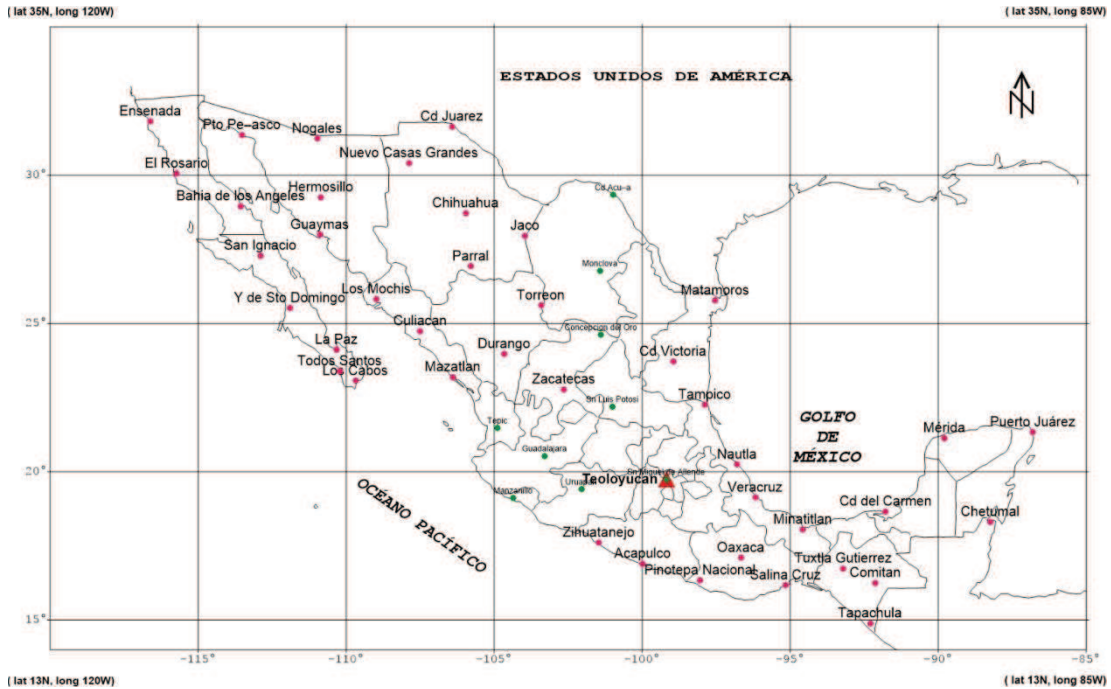


Figura 4.1.51. Mapa de México, con las Estaciones Magnéticas de Repetición y la ubicación geográfica del Observatorio Magnético de Teoloyucan.

Ahora, en la siguiente Tabla se muestran los valores generados, después de, realizar la reducción de datos a la época 2010.0 para las componentes de campo y para la Variación Secular (ver Anexo 2).

CT #	Estación	YYYY	MM	DD	h [m]	Lat [°]	Long [°]	MEDICIÓN			REDUCCIÓN A 2010.0				VARIACIÓN SECULAR				
								D [°]	I [°]	F [nT]	D [°]	I [°]	F [nT]	H [nT]	Z [nT]	dD/dt [°/yr]	dI/dt [°/yr]	dF/dt [nT/yr]	
A	1 La Paz	2008	12	12	12	24.1123	-110.3256	9.5380	50.3016	43194.9	9.4164	50.2850	43006.8	27537.6	33151.4	-1.8	-0.9	-83.9	
	2 Los Cabos	2008	12	13	7	23.0626	-106.6870	9.2050	49.3179	42366.9	9.0863	49.3013	42286.1	27562.3	32045.5	-2.0	0.3	-55.3	
	3 Todos Santos	2008	12	14	2	23.3920	-110.2133	9.2324	50.1774	42829.1	9.1158	50.1608	42731.6	27375.3	32811.2				
	4 Y de Sto Domingo	2008	12	15	19	25.5193	-111.9019	10.4340	52.1802	44080.0	10.3174	52.1436	43982.7	28991.5	34726.6	-1.9	0.1	-53.6	
	5 San Ignacio	2008	12	17	118	27.2898	-112.6005	9.8909	53.8900	44294.1	9.7743	53.8634	44197.3	28188.1	35803.2	-2.0	-1.0	-74.6	
	6 Bahía de los Angeles	2008	12	18	1	28.9534	-113.6574	11.0315	54.8550	45312.4	10.9146	54.8384	45216.9	28039.7	36966.2	-2.2	-0.2	-59.9	
	7 El Rosario	2008	12	19	19	30.0530	-115.7272	12.4217	56.3804	45916.6	12.3051	55.3638	45820.3	29042.6	37669.9	-1.8	-0.9	-59.8	
	8 Ensenada	2008	12	20	2	31.8094	-116.6102	11.6009	57.5144	46912.4	11.4943	57.4979	46816.4	25158.0	39483.6	-2.1	-0.6	-54.7	
B	9 Matamoros	2009	2	9	234	25.7719	-97.5297	5.0432	54.9831	45338.9	4.9432	54.9831	45265.6	25998.5	37063.6	-4.5	-0.2	-70.1	
	10 Cd Victoria	2009	2	9	238	23.7150	-98.9542	5.4342	52.4874	44051.5	5.3343	52.4875	43988.5	28788.1	34867.3	-4.6	0.4	-81.1	
	11 Tampico	2009	2	10	8	22.2569	-97.8833	5.4368	50.8065	43234.7	5.3368	50.8065	43151.9	27269.4	33443.4	-4.0	0.0	-85.4	
	12 Nautla	2009	2	12	14	20.2386	-96.7906	4.8283	48.9184	41939.9	4.8283	48.9184	41857.6	27608.0	31551.2	-4.2	0.6	-85.7	
	13 Veracruz	2009	2	13	17	19.1267	-96.1792	4.4973	47.5300	41040.3	4.3974	47.5300	40958.3	27655.2	30212.1	-4.6	0.5	-87.2	
	14 Minatitlán	2009	2	14	14	18.0532	-94.5676	3.9736	46.5042	40493.7	3.8736	46.5042	40411.9	27815.6	29315.8	-4.7	0.8	-83.7	
	15 Cd del Carmen	2009	2	16	3	18.6578	-91.7680	2.4249	47.6077	40932.7	2.3260	47.6077	40851.4	27542.1	30170.7	-5.3	0.1	-72.9	
	16 Nuevo Casas Grandes	2009	12	14	1457	30.4035	-107.8781	9.3115	57.7062	47180.8	9.3115	57.7062	47176.2	25204.4	36879.0	-3.3	-0.5	-64.8	
	17 Nogales	2009	12	16	1255	31.2274	-110.9733	10.5925	57.7829	47086.0	10.5925	57.7829	47084.9	25105.6	36809.7	-3.0	-0.4	-54.9	
	18 Pto Peñasco	2009	12	18	6	31.3531	-113.5213	11.3424	57.3640	46823.1	11.3424	57.3640	46816.5	25049.7	36427.3	-2.4	-0.5	-53.5	
	19 Hermosillo	2009	12	20	291	29.2567	-110.8478	10.1029	55.4680	45974.0	10.1029	55.4680	45970.9	26059.4	37871.3				
C	20 Guaymas	2009	12	21	4	27.9875	-110.8859	9.6729	54.5749	45203.8	9.6729	54.5749	45201.0	26200.2	36833.1	-2.9	-0.2	-56.3	
	21 Los Mochis	2009	12	23	157	25.8179	-108.9789	9.2473	52.7013	44081.1	9.2473	52.7013	44078.5	26710.3	35063.9	-2.4	0.0	-57.7	
	22 Culiacán	2009	12	24	28	24.7425	-107.4932	8.5185	51.7837	43760.2	8.5185	51.7837	43758.1	27082.2	34370.5	-2.6	0.3	-55.7	
	23 Mazatlán	2009	12	26	0	23.1919	-106.3956	8.7488	50.5457	42637.0	8.7488	50.5457	42535.5	27029.7	32843.0	-2.4	0.7	-56.7	
	24 Oaxaca	2010	12	7	1686	17.0947	-96.6614	4.7383	44.7480	39752.8	4.8530	44.7814	39800.6	28250.4	28035.7	-4.4	0.8	-81.4	
	25 Salina Cruz	2010	12	9	8	16.1713	-95.1538	4.0369	43.9780	38990.2	4.1536	44.0064	39038.5	28077.4	27123.0	-4.6	0.8	-83.7	
	26 Tuxtla Gutiérrez	2010	12	11	621	16.7415	-93.2026	3.1117	44.9841	39447.3	3.2284	45.0175	39496.1	27919.4	27936.5	-5.0	0.6	-86.5	
	27 Comitán	2010	12	13	1574	16.2543	-92.1167	2.7449	44.8601	39127.0	2.8616	44.8935	39176.3	27849.6	27553.2	-5.2	0.5	-86.9	
	28 Tapachula	2010	12	15	113	14.8952	-92.2951	2.3476	43.2052	38188.9	2.4643	43.2386	38235.7	27855.0	26162.9	-5.2	0.2	-83.0	
	E	29 Finotepa Nacional	2011	10	27	208	16.3378	-98.0388	5.1326	43.8207	39067.5	5.3493	43.8707	39237.2	28381.0	27063.8	-4.9	0.4	-72.5
		30 Zihuatanejo	2011	10	28	23	17.6078	-101.4628	5.7993	45.2849	40140.9	6.0180	45.3349	40310.8	28338.9	28670.1	-3.8	0.3	-65.3
		31 Acapulco	2011	11	25	30	16.9033	-99.9784	5.7489	43.8430	39381.6	5.9526	43.8930	39538.7	28493.0	27412.7	-3.4	1.0	-54.4
		32 Zacatecas	2011	12	13	2314	22.7768	-102.6433	8.8295	50.4964	42677.4	7.0832	50.5454	42859.1	27235.6	33062.7	-3.2	0.4	-57.1
F	33 Durango	2011	12	15	1890	23.9666	-104.6611	7.3465	51.2420	43099.9	7.5802	51.2920	43282.1	27066.5	33774.9	-2.8	0.1	-58.3	
	34 Torreón	2011	12	17	1127	25.8080	-103.4179	7.2785	53.4514	44394.6	7.5122	53.5014	44577.3	28514.7	35834.4	-3.4	0.0	-58.5	
	35 Chihuahua	2011	12	19	1349	28.7176	-105.9613	8.4838	56.2355	46092.5	8.7175	56.2855	48275.7	25885.8	38492.8	-3.1	-0.2	-80.6	
	36 Cd Juárez	2011	12	21	1192	31.8381	-106.4250	8.7427	58.9206	47711.6	8.9764	58.9706	47895.3	24888.9	41041.6	-3.4	-0.7	-81.3	
	37 Jaco	2011	12	23	1244	27.6577	-103.9547	7.9234	55.9187	45685.1	8.1734	55.9687	45849.3	25880.6	37965.9	-3.4	-0.2	-59.7	
	38 Parral	2011	12	29	1851	26.9233	-105.7896	8.1523	54.4245	44999.8	8.4023	54.4745	45185.6	26255.8	36774.6	-3.8	-0.8	-78.4	
	39 Mérida	2013	8	28	10	21.1383	-89.7844	0.7894	50.4244	42181.3	1.2451	50.5011	42518.9	27044.7	32809.2	-6.3	-0.9	-78.1	
	40 Puerto Juárez	2013	9	1	0	21.3308	-89.7978	-1.6093	51.2861	42158.8	-1.1626	51.3628	42497.4	26534.8	33165.4	-7.2	-1.3	-84.2	
41 Chetumal	2013	9	3	12	18.3087	-88.2358	0.0812	47.7201	40440.5	0.5279	47.7969	40779.6	27394.2	30208.2	-6.2	-0.6	-74.9		

Tabla 8. Resultados generados para la elaboración de la Carta Magnética época 2010.0.

Finalmente, se presentan la Cartas Magnéticas época 2010.0 para las componentes de Declinación magnética (D), Inclinación (I) e Intensidad Total (F) las cuales se generaron a partir de los valores presentados en la Tabla 8 (ver Anexo 2).

CAPITULO 5. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Es importante señalar que la re-ocupación de la red de Estaciones Magnéticas de Repetición debe de llevarse a cabo por lo menos cada 5 años, de acuerdo a la recomendación de la IAGA, puesto que de las estaciones visitadas para la elaboración de la carta para la época 2010.0 solo se pudieron recuperar 2 (Ciudad Victoria y Nuevo Casas Grandes). En todos los demás casos fue necesario buscar un lugar cercano por la desaparición del sitio registrado en el catálogo de Cañon (1991), aunque en la mayoría fue debido al cambio de la infraestructura urbana en los alrededores.

Por otro lado el transcurso de más de 5 años entre cada medición, desde el punto de vista de la Variación Secular, debe de modificar la tendencia de las curvas y por lo tanto la generación y retroalimentación de los modelos mundiales (IGRF, CM4, WDM) del Campo Geomagnético. Así mismo, cabe hacer mención que esta porción del planeta ha contribuido escasamente a estos modelos debido a la falta de continuidad en las mediciones, siendo un lugar significativamente importante por la ausencia de datos magnéticos en un área como la del Océano Pacífico, al ser su frontera nor-oriental.

Los protocolos de medición en las estaciones de repetición han mejorado en gran medida, debido principalmente a la tecnología. La aparición y uso de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), ha transformado completamente tanto la metodología como la precisión de los datos, debido principalmente a que antes la determinación de la determinación geográfica del sitio con observaciones astronómicas muchas veces resultaba muy complicado y por lo tanto con un margen de error elevado. Esto último se pudo observar al buscar un sitio por sus coordenadas y constatar que su ubicación presentaba un error de varios kilómetros. Por otro lado el uso del DI-Flux en lugar de los tradicionales QHM y Declinómetros, así como los magnetómetros escalares tipo Overhauser, le han dado mayor estabilidad en menor dispersión a las mediciones. Cabe mencionar que es por ello que los datos de 1960 han sido revisados exhaustivamente ya que se han podido observar algunas incongruencias que al parecer son de origen instrumental.

El Nuevo Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición, se presenta con nuevos elementos como: fotografías, mapas digitales y descripciones. Esto permitirá tener mejores referencias para la elaboración posterior de otras cartas magnéticas, una fácil localización de las estaciones y su actualización. Por ende, se recomienda que las

futuras cartas magnéticas se generen, tratando de re-ocupar las Estaciones Magnéticas de Repetición utilizadas para esta Carta Magnética época 2010.0.

Como un detalle particular para nuestro país, es observable la presencia de la línea agónica (Declinación Cero) en el oriente de la Península de Yucatán (entre Puerto Juárez y Chetumal), fenómeno que ya se esperaba debido al comportamiento de la Variación Secular de la componente de Declinación Magnética que ha derivado hacia el Oeste desde mediados de los años 50 del siglo pasado (West Ward Drift).

La tasa de cambio para la Componente de Intensidad Total (F), de alrededor de -65.85 [nT/año] es congruente con lo que se ha observado en el Observatorio Magnético de Teoloyucan para los últimos lustros. Este fenómeno ha sido señalado por diversos autores (Mandea, 2011, Jackson, 2011) como un efecto de la evolución del campo interno principalmente.

En este caso, el uso de uno o más observatorios, no influye de manera determinante en un análisis de Variación Secular, ya que usando más observatorios cerca de las Estaciones Magnéticas de Repetición, el resultado de la tendencia es mínima, debido a que el comportamiento de la Variación Secular es similar al sur de los Estados Unidos y al de la República Mexicana.

Por último, como resultado del producto final, la información contenida en este trabajo puede ser la base de un estudio posterior enfocado en llevar a cabo un análisis de la Variación Secular para nuestro país y así contribuir en forma complementaria para los modelos de evolución del Campo Geomagnético. Específicamente es muy interesante la contribución al comportamiento interno del campo observable en el WWD y la tasa de cambio negativa de F. Es por ello que es importante la elaboración de cartas magnéticas cada cinco años.

REFERENCIAS

Barracough, David R. and De Santis, Anglo. *Repeat Station Activities. Geomagnetic Observations and Models*, IAGA Special Sopron Book Series 5. 46-54pp

Blakely, Richard J., 1996. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. 155-180pp.

Butler, Robert F., 2004. *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes*. Electronic edition. 1-30pp

Campos Enríquez, J.J., 1991. *Variación Secular Reciente y Cartas de los Elementos del Campo Geomagnético en México*. *Geofísica Internacional* (1991), **30**, 107-116pp.

Cañón Amaro C., 1991. *Valores Magnéticos en la Republica Mexicana y Centro América de 1587-1991*.

Cañón Amaro, Carlos, 1989. *Variaciones de la Declinación Magnética de la Republica Mexicana desde 1630*. *Serie de Docencia y Dibulgación*, **38**.

Cifuentes G. y Hernández E., Mayo 1996. *Cartas Magnéticas Sintéticas Época 1995.0 para la Republica Mexicana*. *Reportes Internos*, **96-18**.

Cifuentes Nava, Gerardo, 2009. *Monitoreo Geomagnético del Volcán Popocatepetl*. 4-12pp.

Constable, Catherine, 2005. *Geomagnetic Temporal Spectrum*. *Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism*.

De Meyer F., 2005. *Westward Drift in the Secular Variation of the Main Geomagnetic Field Derived from IGRF Models*. *Publication scientifique et technique*, **38**. 1-24pp.

Hernández Quintero, J. Esteban y Solache Ramírez, Graciela. *Observatorio Magnético*.

Jankowski and Sucksdorff, 1996. *Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice*. IAGA. 36-118pp.

Jonkers, T., 2003. *Four Centuries of Geomagnetic Data from Historical Records*. University of Leeds, UK. *Reviews of Geophysics*, **41**.

Kono, 2009. *Geomagnetism*. *Treatise on Geophysics*. 1-200pp

Mandea and Korte, 2011. *Geomagnetic Observations and Models*. IAGA Special Sopron Book Series, **5**.

MULTIYEAR INTERACTIVE COMPUTER ALMANAC. U.S. Naval Observatory. 1800-2050.

NAVA FLORES, MAURICIO, 2005. *Análisis Armónico de la Detección de Fenómenos Geomagnéticos*. 8-68pp.

Newitt, L.R., Barton, C.E. and Bitterl, 1., 1996. *Guide for Magnetic Repeat Station Surveys*. IAGA. 36-118pp

Rasson, Jean L., 2005. *About Absolute Geomagnetic Measurements in the Observatory and in the Field*. Publication Scientifique et Technique, **40**, 3-22pp.

Sandoval, Rosendo O., 1942. *La Carta Magnética de México*. 1-30pp.

Tauxe, Lisa, 2005. *Lectures in Paleomagnetism-Draft*.

Wienert, K. A., 1990. *Notes on Geomagnetic Observatory and Survey Practice*.

Wienert, K. A., 1990. *Selection of an Observatory Site*. 15-16pp


Zi-Gang, Wei and Wen-Yao, Xu, 2003. *Westward Drift in Secular Variation of the Main Geomagnetic Field Inferred From IGRF*. Earth Planets Space, **55**, 131–137pp

ANEXOS

1. CATÁLOGO DE ESTACIONES MAGNÉTICAS DE REPETICIÓN

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

A. Baja


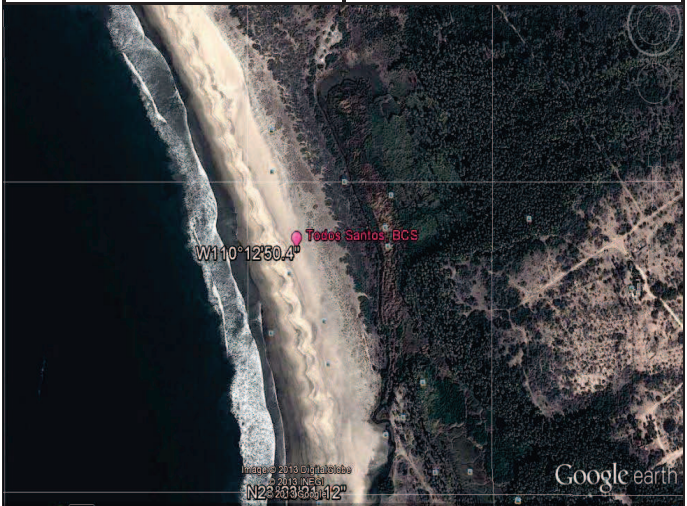
 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: La Paz-C, BCS Altitud: 12 msnm</p> <p>Latitud: 26° 06' 44.2" Longitud: 110° 19' 31.7"</p> <p>Descripción de la Mira: Antena de telecomunicaciones (celular).</p> <p>Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: Estacion localizada en el arroyo temporal paralelo al libramiento sur de la Paz, entrando por la prolongación de Francisco M Mujica, yendo hacia el sur.</p> <p style="text-align: center;">Azimut (deg hex) 63.36972222</p>	A	1881	10	9	0	49	10	6	No datos	32380	37355	H E Nichols	
	A	1890	9	58	48	0	0	0	No datos	No datos	No datos	H E Nichols	
	A	1907-3	10	46	30	49	46	0	No datos	31690	37456	M Moreno	
	A	1952-8	11	12	54	50	52	3	46798	29535	36301	L. Gaunong	
	A	1957-3	11	10	33	50	58	40	46653	29374	36245	C Canon	
	B	1957-3	11	16	45	50	12	15	46234	29592	35523	C Canon	
	B	1980-8	10	31	35	50	19	21	45203	28869	34784	C Canon	
	B	1990-7	10	14	50	50	4	28	44170	28346	33875	HN y ER	
	C	2008-12	9	32	10	50	18	5.6	43195	27538	33151	GCN, MVJ, RSR	



NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 MJV= Maria Teresa Velázquez Jiménez
 RSR= Rene Sanchez Suárez
 RM1 = Declination Inclination Magnetometer (RUSKA)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



A. Baja

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Todos Santos, BCS</p> <p>Altitud: 2 msnm</p> <p>Latitud: 23° 23' 31.1"</p> <p>Longitud: 110°12' 47.8"</p>	A	2008-12	9	13	57	50	10	39	42829	27375	32811	GCN, MVJ, RSR	RM1
<p>Descripción de la Mira: Un risco al norte de la pequeña bahía.</p> <p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La estación se encuentra en la costa de una playa llamada San Pedro, a la cual de llegas por un camino de terracería que hay a 5 km de Todos Santos, yendo por la carretera a Cabo San Lucas.</p> <p>Azimut (deg hex) 305.5202778</p>													
													

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 MJV= Maria Teresa Velázquez Jiménez
 RSR= Rene Sanchez Suárez
 RM1 = Declination Inclination Magnetometer (RUSKA)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

A. Baja


 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.	
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT			
<p>Nombre de la Estación: El Rosario, BCN</p> <p>Altitud: 19 msnm</p> <p>Latitud: 30° 03' 10.9"</p> <p>Longitud: 115°43' 37.8"</p>	A	1929-6	12	39	30	55	41	6	No datos	28206	41325	R O Sandoval		
	A	1957-3	14	3	20	56	3	17	49057	27393	40697	C Canon		
	A	1990-8	13	12	6	55	24	14	47243	26816	38895	HN y ER		
	B	2008-12	12	25	18	55	22	51	45917	26043	37700	GCN, MVJ, RSR		
<p>Descripción de la Mira:</p> <p>Es una de las antenas de la caseta de telecomunicaciones.</p> <p>Sobre el arroyo camino al Rosario de abajo.</p>	<p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética:</p> <p>La estación magnética se encuentra al SW del pueblo el Rosario, a un costado de un pequeño camino de terracería.</p> <p>A unos 800m de un cerro que tiene una caseta de telecomunicaciones, éste se encuentra frente al restaurante Mamá Espinoza. valdío de lado derecho.</p> <p>Sobre el arroyo, camino al Rosario de Abajo.</p> <p>Azimut (deg hex)</p> <p>6.063888889</p>													
														

NOTA:

- GCN= Gerardo Cifuentes Nava
- MJV= Maria Teresa Velázquez Jiménez
- RSR= Rene Sanchez Suárez
- RM1 = Declination Inclination Magnetometer (RUSKA)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

A. Baja



	<i>Instituto de Geofísica UNAM</i>	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Santo Domingo, BCS Altitud: 19 msnm		A	1875	10	21	36	0	0	0	No datos	No datos	No datos	G C Reiter	
		A	1890	10	4	48	0	0	0	No datos	No datos	No datos	No datos	
Descripción de la Mira: Poste de luz al SE.		A	1957-4	12	0	47	52	2	21	46906	28853	36982	C Canon	
		A	1980-8	11	3	37	51	35	56	45713	28395	35825	C Canon	
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación se encuentra sobre un camino de terracería a 150m de la carretera Santo Domingo Poza Grande al SE. Azimut (deg hex) 120.5712222		A	1990-8	10	57	21	52	5	33	45352	27869	35779	HN y ER	
		B	2008-12	10	26	3	52	9	37	44080	26991	34726	GCN, MVJ, RSR	RM1



NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 MVJ= Maria Teresa Velázquez Jiménez
 RSR= Rene Sanchez Suárez
 RM1 = Declination Inclination Magnetometer (RUSKA)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición


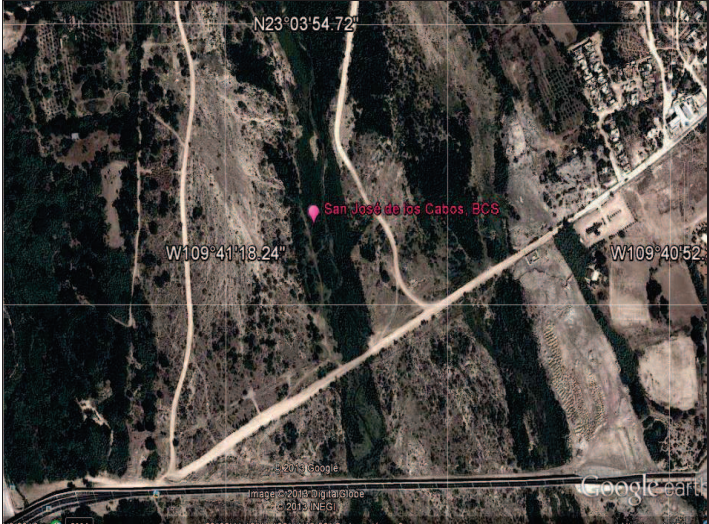
A. Baja

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: San Ignacio, BCS Altitud: 118 msnm	A	1990-8	10	29	32	53	59	26	45964	27011	37190	HN y ER	RM1
	B	2008-12	9	52	12	53	40	48	44294	26188	35603	GCN, MVJ, RSR	
Descripción de la Mira: Un poste de luz que se encuentra sobre el camino a San Ignacio, al NE de nuestro punto.	Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnetica se encuentra a 1.7km sobre el camino de la desviación a San Ignacio, pasando la prepa y el campo de baseball, antes de llegar al hotel Desert Inn. Antes de llegar a la estación hay un lote valdío de lado derecho. Azimut (deg hex) 84.93361111												
													

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 MJV= María Teresa Velázquez Jiménez
 RSR= Rene Sanchez Suárez
 RM1 = Declination Inclination Magnetometer (RUSKA)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



A. Baja

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: San José de los Cabos, BCS Altitud: 7 msnm Latitud: 23° 03' 45.3" Longitud: 109° 41' 13.1"	A	1957-3	10	50	48	48	58	15	45182	29660	34084	C Canon	
	A	1966-1	10	42	12	49	5	16	45049	29503	34044	C Canon	
	A	1980-8	9	58	55	49	5	56	44106	28884	33332	C Canon	
	A	1990-2	9	50	11	49	8	34	43586	28514	32965	HN y ER	
	B	2008-12	9	12	21	49	19	5	42365	27562	32045	GCN, MVJ, RSR	
Descripción de la Mira: Antena de telecomunicaciones.	Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: Esta estación sustituye a la de Palmillas, ahora la estación se localiza a un lado del arroyo San José, a 3.79km al NE de la estación Palmillas. Aproximadamente a 200m del camino de terracería perpendicular al arroyo. Azimut (deg hex) 243.70625												
													

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 MJV= María Teresa Velázquez Jiménez
 RSR= Rene Sanchez Suárez
 RM1 = Declination Inclination Magnetometer (RUSKA)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

A. Baja



 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Ensenada, BCN Altitud: 2 msnm</p> <p>Latitud: 31° 48' 33.8" Longitud: 116°36' 36.8"</p> <p>Descripción de la Mira: Torre de telecomunicaciones.</p> <p>Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética se encuentra en la playa, a un lado del campo aéreo militar. A 1km de la estación Ensenada-B , entrando por la calle de nombre Westman, al S del campo militar El Cipres hasta llegar a la playa, a 50m de una propiedad privada. Azimut (deg hex) 99.35166667</p> 	A	1952-3	13	20	15	57	53	39	49589	26499	41915	L. Gaunong	
	A	1957-2	13	16	0	57	46	12	49714	26513	42054	C Canon	
	B	1952-3	13	30	57	58	3	18	50011	26461	42437	L. Gaunong	
	B	1957-2	13	23	25	57	54	59	49840	26473	42228	C Canon	
	B	1990-8	12	11	55	57	35	59	48378	25924	40846	HN y ER	
	C	2008-12	11	35	2	57	30	52	46912	25156	39483	GCN, MVJ, RSR	

NOTA:

- GCN= Gerardo Cifuentes Nava
- MJV= Maria Teresa Velázquez Jiménez
- RSR= Rene Sanchez Suárez
- RM1 = Declination Inclination Magnetometer (RUSKA)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición


A. Baja

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.	
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT			
<p>Nombre de la Estación: Bahía de los Angeles, BCN</p> <p>Altitud: 1 msnm</p> <p>Latitud: 28° 57' 12.1"</p> <p>Longitud: 113°33' 26.6"</p>	A	1990-8	11	42	48	54	54	29	46590	26793	38115	HN y ER	RM1	
	B	2008-12	11	1	54	54	51	18	45313	26040	36966	GCN, MVJ, RSR		
<p>Descripción de la Mira: La mira es la escultura de velero de la rotunda de entrada a la bahía al NW aproximadamente.</p>	<p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La estación se encuentra en la playa al E de la cancha de fútbol normal a unos 50m y 150 del agua.</p> <p>Azimut (deg hex) 321.2969444</p>													
														

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 MVJ= Maria Teresa Velázquez Jiménez
 RSR= Rene Sanchez Suárez
 RM1 = Declination Inclination Magnetometer (RUSKA)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

B. Golfo


 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Cd. del Carmen, Campeche. Latitud: 18°39'27.9"</p> <p>Altitud: 3 msnm Longitud: 91°45'57.7"</p> <hr/> <p>Descripción de la Mira: La mira es la antena de telecomunicaciones que se encuentra al SW del punto.</p> <p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada en el campus de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR) unos 120m al NW de su edificio principal, al pie de unos árboles. Terreno cercano a la entrada de las instalaciones del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.</p> <p style="text-align: center;">Azimut (deg hex) 246.0728611</p>	A	1950-10	7	38	7	47	42	42	45140	30373	33393	L Gaunong	
	A	1955-4	7	21	42	47	35	5	44863	30260	33121	C Canon	
	A	1959-5	7	5	19	47	38	24	44748	30150	33066	C Canon	
	A	1963-11	6	47	41	47	35	26	44417	29956	32795	C Canon	
	A	1974-9	5	39	36	47	35	59	43765	29511	32318	C Canon	
	A	1990-10	4	34	1	47	49	30	42528	28553	31518	EH y ER	
	B	2009-2	2	25	30	46	36	28	40933	27542	30171	GC, MTV y RS	



NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 RS= Rocío Zuñiga Lara
 MTV= Maria Teresa Velazquéz Jiménez
 DIM1 = Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

B. Golfo



	<i>Instituto de Geofísica UNAM</i>	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.		
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT				
Nombre de la Estación: Matamoros, Tamaulipas Altitud: 234 msnm		A	1952-3	10	34	20	53	22	46	48077	28679	38586	L. Gaunong			
		Latitud: 25°46'19" Longitud: 97°31'47"		A	1960-3	8	54	25	55	6	47	48902	27970	40113	C Canon	
Descripción de la Mira: La mira es un cono de viento sobre la pista de taxeo.		A	1965-5	8	29	5	55	4	9	48865	27980	40061	C Canon			
		A	1966-9	8	26	28	55	2	57	48624	27855	39855	C Canon			
		Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética se encuentra en el aeropuerto internacional, 100m al NE de la torre de control y a 100m a l SE de la pista de aterrizaje, a 20m al NE de un campo de de futbol.		A	1967-8	8	13	51	55	1	51	48556	27829	39790	C Canon	
		A	1969-3	8	10	49	54	57	57	48485	27834	39700	C Canon			
		A	1970-5	8	4	43	54	48	48	48283	27823	39460	C Canon			
		A	1971-7	7	58	30	54	53	43	48351	27805	39556	C Canon			
		A	1972-8	7	50	12	54	50	35	48116	27706	39339	C Canon			
		A	1973-9	7	41	54	54	54	34	48186	27701	39428	C Canon			
		A	1974-2	7	41	32	54	54	31	48206	27713	39444	C Canon			
		A	1975-8	7	43	39	54	20	55	48017	27915	39069	C Canon			
		A	1977-10	8	41	28	54	24	0	47771	27809	38842	C Canon			
		A	1980-12	7	6	21	54	53	48	47562	27351	38911	C Canon			
		A	1984-12	6	46	9	54	56	36	47302	27170	38720	C Canon			
		A	1988-12	6	9	16	55	15	51	47052	26810	38667	C Canon			
		A	1991-2	6	29	36	54	54	8	46969	27006	38429	C Canon			
		Azimut (deg hex) 202.926		B	2009-2	5	2	36	54	58	59	45339	25969	37064	E H y R S	DIM1



NOTA: EHQ = Juan Esteban Hernández Quintero
 RS= Rocío Zuñiga Lara
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



B. Golfo

	<i>Instituto de Geofísica UNAM</i>	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Veracruz Puerto Altitud: 17 msnm		A	1954-12	8	32	4	47	7	8	44677	30402	32738	C Canon	
		A	1960-7	8	16	44	47	10	49	44414	30188	32577	C Canon	
Descripción de la Mira: La mira es la base de un poste de energía al SE del campo.		A	1962-12	8	5	3	47	9	58	44335	30142	32512	C Canon	
		A	1963-12	8	4	35	47	12	48	44308	30098	32516	C Canon	
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada sobre la línea de banda NW de un campo de futbol, en el poblado de Mata de Pita al SE del Aereopuerto de Vera_cruz. Este campo esta al NW del poblado sin colindancia alguna.		A	1966-8	7	51	16	47	11	42	44189	30026	32421	C Canon	
		A	1967-7	7	55	17	47	23	45	44295	29985	32603	C Canon	
Azimut (deg hex) 149.7071111		A	1970-8	7	28	14	47	13	16	44019	29896	32309	C Canon	
		A	1971-8	7	23	18	47	8	31	43894	29856	32176	C Canon	
		A	1972-9	7	25	1	47	11	11	43427	29514	31856	C Canon	
		A	1983-11	7	32	10	46	50	58	43015	29418	31383	C Canon	
		A	1990-12	5	51	39	47	34	26	42582	28731	31429	C Canon	
		B	2009-2	4	29	50	47	31	48	41040	27655	30212	GC, EH, MTV y RS	

NOTA: EHQ = Juan Esteban Hernández Quintero
 GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 RS= Rocío Zuñiga Lara
 MTV= Maria Teresa Velazquéz Jiménez
 DIM1 = Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



B. Golfo

	<i>Instituto de Geofísica UNAM</i>	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Minatitlan, Veracruz Altitud: 13.8 msnm		A	1956-5	8	8	37	45	59	1	44013	30583	31652	C Canon	
		A	1960-9	7	55	50	46	5	9	43958	30489	31666	C Canon	
Latitud: 18°03'11.5" Longitud: 94°34'2.5"		A	1963-5	7	44	40	46	1	52	43762	30383	31496	C Canon	
		A	1979-9	6	25	6	46	30	42	42664	29361	30954	C Canon	
Descripción de la Mira: La mira es la esquina de una construcción que ocupa la tienda "Bedoli Comercia" en el SW del terreno del campus.		A	1990-10	5	33	3	46	35	30	42022	28869	30536	C Canon	
		B	2009-2	3	58	25	46	30	16	40494	27816	29316	GC, MTV y RS	
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada en el poblado de El Carrizal camino al Aeropuerto de Minatitlán. La estación se encuentra sobre el área central del campo de futbol de la comunidad.														
Azimut (deg hex) 241.8464722														
														

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 RS= Rocío Zuñiga Lara
 MTV= Maria Teresa Velazquéz Jiménez
 DIM1 = Declination Inclination Magnetometer (grados)


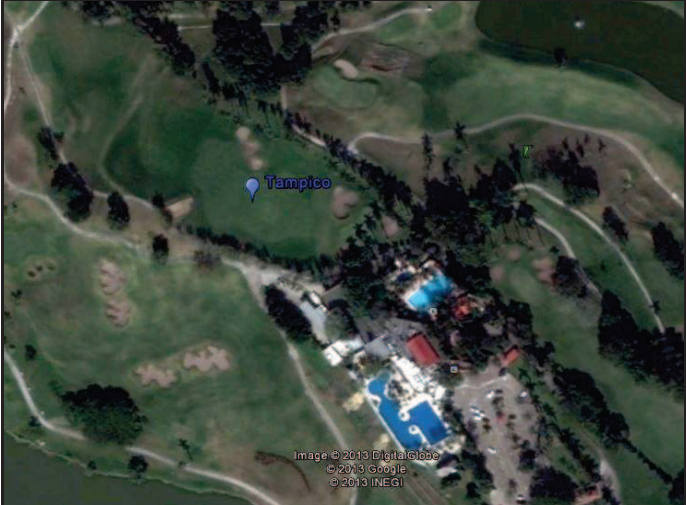
Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

A. Baja

 Instituto de Geofísica UNAM		ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Nautla, Veracruz Altitud: 14 msnm		A	1952-4	8	38	26	48	45	21	45522	30011	34229	L Gaunong	DIM1
		A	1975-7	7	3	33	48	39	20	44318	29276	33272	C Canon	
		A	1990-12	6	2	12	47	54	14	42970	28806	31885	C Canon	
		B	2009-2	4	37	35	48	55	7	41940	27506	31551	GC, EH, MTV y RS	
Descripción de la Mira: La mira es radio del faro que se encuentra casi en la costa al E.		Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: Estación localizada en los terrenos adjuntos al faro de SCT/Marina.												
		Azimut (deg hex) 39.81752778												
														

NOTA: EHQ = Juan Esteban Hernández Quintero
 GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 RS= Rocío Zuñiga Lara
 MTV= Maria Teresa Velazquéz Jiménez
 DIM2 = Declination Inclination Magnetometer (grados)


Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición B. Golfo

 Instituto de Geofísica UNAM		ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Tampico, Tamaulipas. Latitud: 22°15'25" Altitud: 8 msnm Longitud: 97°53'00"		A	1952-4	9	14	16	50	42	22	46943	29729	36329	L Gaunong	
		B	1952-4	9	14	31	50	48	56	46915	29642	36364	L Gaunong	
		B	1954-10	9	11	2	50	46	56	46807	29595	36263	C Canon	
		C	1954-10	9	8	44	50	52	20	46896	29594	36379	C Canon	
		B	1960-4	9	0	20	50	54	43	46577	29367	36152	C Canon	
		C	1960-4	8	58	37	50	58	46	46724	29417	36301	C Canon	
		D	1963-1	8	46	37	50	49	26	46472	29356	36026	C Canon	
		C	1963-2	8	45	2	50	52	25	46520	29356	36088	C Canon	
		C	1969-3	8	14	0	50	51	4	46245	29196	35864	C Canon	
		B	1975-8	7	46	32	50	42	7	45731	28964	35389	C Canon	
		C	1984-12	7	19	52	50	52	1	45090	28458	34975	C Canon	
		C	1991-2	6	55	36	51	3	20	44810	28166	34851	E H y H N	
		E	2009-2	5	26	13	50	48	24	43235	27269	33443	E H y R S	
Descripción de la Mira: La mira es una torre de radio localizada en el centro de Tampico al NE del punto.		Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra en el club campestre de Tampico, en e hoyo 6 de la nueva disposición del campo de golf.		Azimut (deg hex) 19.56441667										
														

NOTA: EHQ = Juan Esteban Hernández Quintero
 RS= Rocío Zuñiga Lara
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

B. Golfo


 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: CD Victoria, Tamaulipas. Latitud: 23°42'54"</p> <p>Altitud: 238.7msnm Longitud: 98°57'15"</p> <hr/> <p>Descripción de la Mira: Se encuentra al NEE de la marca y es una torre de telecomunicación en una fábrica de acceso al NEE del punto.</p> <p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La estación magnética se encuentra en el aeropuerto de Ciudad Victoria, a unos 200m de su entrada en el área de acceso.</p> <p style="text-align: center;">Azimut (deg hex) 70.21522222</p>	A	1960-3	9	22	39	52	10	55	47151	28911	37247	C Canon	
	A	1963-1	9	10	20	52	13	10	47189	28910	37296	C Canon	
	B	1969-9	8	41	33	52	12	10	46862	28720	37030	C Canon	
	B	1984-12	6	11	54	53	36	42	47214	28010	38008	C Canon	
	B	1991-2	7	17	34	52	23	50	45570	27806	36103	E H y H N	
	C	2009-2	5	26	4	52	28	3	44052	26786	34867	E H y R S	

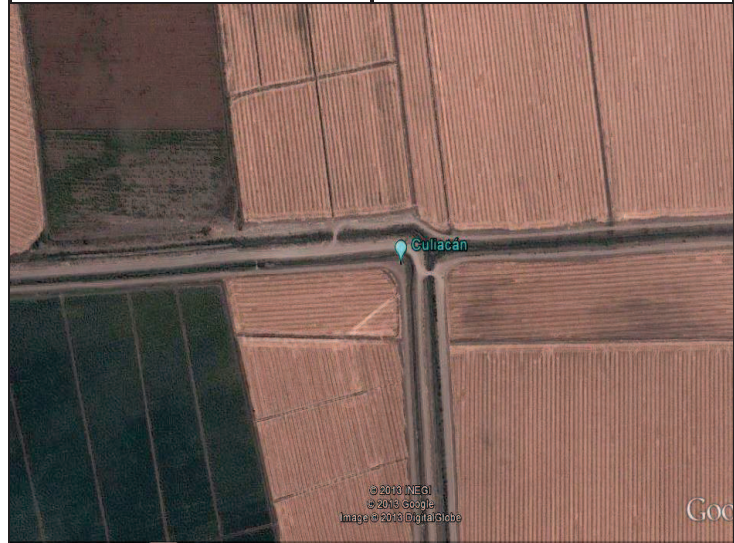


NOTA: EHQ = Juan Esteban Hernández Quintero
 RS= Rocío Zuñiga Lara
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

C. Noreste



 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Culiacan, Sinaloa Altitud: 28 msnm</p> <p>Latitud: 24°44'33" Longitud: 107°29'35.4"</p> <p>Descripción de la Mira: La mira es la antena de comunicación mas alta que se encuentra al NE (~40°) del punto.</p> <p>Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada en el ejido de San Manuel a 33.3 [km] al SW del Aeropuerto de Culiacán, en un canal de riego que curva de E a S.</p> <p>Azimut (deg hex) 65.43527778</p>	A	1952-7	11	5	54	51	27	8	47028	29306	36780	L. Gaunong	DIM1
	A	1956-6	11	1	46	51	29	16	46905	29207	36701	C. Canon	
	A	1963-2	10	38	26	51	36	49	46492	28870	36442	C. Canon	
	A	1990-8	9	39	58	51	40	52	45131	27986	35408	E.H. y D.L.	
	B	2009-12	8	30	59	51	45	50	43760	27082	34371	GCN, ARA	
	A	1952-7	11	5	54	51	27	8	47028	29306	36780	L. Gaunong	



NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



C. Noreste

 Instituto de Geofísica UNAM		ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Mazatlan (Isla de Piedra), Sinaloa Altitud: 0 msnm Latitud: 23°11'31" Longitud: 106°23'44.2"		A	1956-6	10	39	27	49	43	34	45643	29505	34823	C. Canon	DIM1
		A	1964-2	10	24	56	49	48	44	45490	29354	34751	C. Canon	
		A	1974-2	9	53	43	49	59	26	44945	28986	34425	C. Canon	
		A	1981-5	9	17	54	49	56	46	44475	28620	34042	C. Canon	
		A	1990-7	9	20	38	49	55	53	43961	28284	33642	E.H. y D.L.	
		B	2009-12	8	44	49	50	32	45	42537	27028	32843	GCN, ARA	
Descripción de la Mira: La mira es la antena de sonido local de la isla de Piedra sobre el cerro a unos 260° de azimut.		Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada sobre el camino del nuevo Aeropuerto de Mazatlán a Isla de Piedra unos 500[m] antes del poblado, antes de la curva que da a la izquierda, al final de la recta donde se ven las antenas de comunicación de Mazatlan es un sitio que en época de lluvia se debe de inundar y esta junto a una plantación de palmeras al N del caminó a unos 100[m]. Azimut (deg hex) 266.4475												
														

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición


C. Noreste

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Puerto Peñasco, Sonora</p> <p>Altitud: 5.6 msnm</p> <p>Latitud: 31°21'11"</p> <p>Longitud: 113°31'16.8"</p>	A	1956-7	13	37	38	57	47	10	49858	26578	42183	C. Canon	DIM1
	A	1964-2	13	23	46	57	46	14	49640	26473	41991	C. Canon	
	A	1990-8	12	24	12	57	30	14	48291	25936	40729	E.H. y D.L.	
	B	2009-12	11	20	33	57	21	51	46823	25248	39427	GCN, ARA	
<p>Descripción de la Mira: La mira es la antena de comunicación que se encuentra a 160° aprox. Pertenece al municipio de Pto. Peñasco CCP Seguridad Pública.</p>	<p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada dentro del Aeropuerto internacional abandonado. 50 [m] aprox.de la pista abandonada SEE-NWW (11-29) en el 2° rayado al W del inicio.</p> <p style="text-align: center;">Azimut (deg hex) 165.7822222</p>												
													

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magneticas de Repetición

C. Noreste



 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: San José Guaymas, Son. Latitud: 27°59'14.9"</p> <p>Altitud: 4 msnm Longitud: 110°53'9.2"</p> <hr/> <p>Descripción de la Mira: La mira es la antena de comunicación que se encuentra aprox. 190°</p> <p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La estación magnética de repetición se reubico. La nueva estación está dentro del campo de beisboll, que se localiza al N de la escuela Petra L. Rodríguez, el punto se encuentra sobre la segunda base del campo.</p> <p>Azimut (deg hex) 200.5641667</p>	A	1952-3	12	33	56	54	44	24	48460	27976	39569	L. Gaunong	DIM1
	A	1956-6	12	27	42	54	42	36	48370	27944	39481	C. Canon	
	A	1954-2	12	22	39	54	38	39	48051	27805	39189	C. Canon	
	A	1980-8	11	9	51	54	33	9	47117	27319	38383	C. Canon	
	A	1988-1	11	44	9	54	33	12	46715	27101	38056	C. Canon	
	A	1990-8	10	51	48	54	30	44	46377	26920	37761	E.H. y D.L.	
	B	2009-12	9	40	21	54	34	30	45204	26200	36833	GCN, ARA	



NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



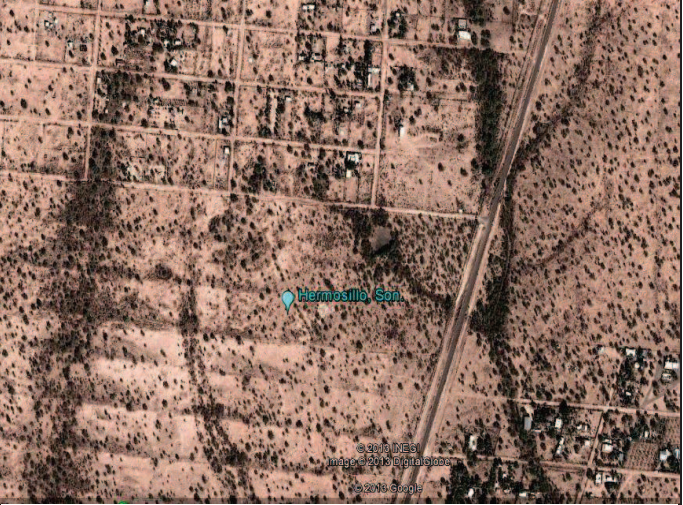
C. Noroeste

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Nuevo Casas Grande, Chihua. Latitud: 30°24'12.6"</p> <p>Altitud: 1457 msnm Longitud: 107°52'41.2"</p>	A	1959-5	12	12	21	58	0	23	50345	26674	42697	C. Canon	DIM1
	A	1990-6	10	35	37	57	39	45	48271	26072	40784	H.H. y E.R.	
	B	2009-12	9	18	41	57	42	22	47181	25204	39879	GCN, ARA	
<p>Descripción de la Mira: La mira es la antena de celular al NW del punto de medición (>270°)</p>	<p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: Se recupero la estación de 1959, las mediciones se realizaron sobre laplaca de cobre. Atención con el Sr. Julian Rios Rueda, depende del Municipio Nuevo Casas Grandes.</p> <p style="text-align: center;">Azimut (deg hex) 307.3075</p>												
													

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



C. Noreste

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Hermosillo, Sonora Altitud: 290.6 msnm	A	2009-12	10	6	11	55	28	5	45974	26059	37871	GCN, ARA	DIM1
Latitud: 29°15'24.2" Longitud: 110°50'52.1"													
Descripción de la Mira: La mira es el tubo del tinaco al NE(~30°).													
													
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada a un costado del pilar de observaciones. Azimut (deg hex) 32.12944444													
													

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



C. Noreste

	<i>Instituto de Geofísica UNAM</i>	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Los Mochis, Sinaloa Altitud: 157 msnm</p> <p>Latitud: 25°49'4.6" Longitud: 108°58'43.9"</p> <p>Descripción de la Mira: La mira es la antena grande más al sur del cerro de antenas del este del sitio (~120°)</p> <p>Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada dentro del lote valdío donde se encontraba el aeropuerto en el que se construyó el monumento en 1956 al N de la VAS al E de la Av. Rosales.</p> <p>Azimut (deg hex) 144.2997222</p>		A	1956-6	11	20	1	52	34	19	47246	28714	37518	C. Canon	DIM1
		A	1963-2	11	27	37	52	28	48	46934	28584	37225	C. Canon	
		A	1980-8	10	15	20	52	36	13	46132	28010	36649	C. Canon	
		A	1990-8	10	17	45	52	14	26	45328	27766	35835	E.H. y D.L.	
		B	2009-12	9	14	50	52	42	5	44081	26710	35064	GCN, ARA	
														

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición


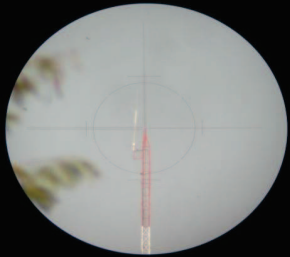

C. Noreste

	<i>Instituto de Geofísica UNAM</i>	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.	
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT			
<p>Nombre de la Estación: Nogales, Sonora. Latitud: 31°13'38"</p> <p>Altitud: 1255 msnm Longitud: 110°58'24.2"</p>		A	1964-2	13	57	46	58	5	28	49972	26414	42420	C. Canon	DIM1	
		A	1980-8	11	54	3	52	46	28	43136	26113	34347	C. Canon		
		A	1990-8	11	43	50	57	54	29	48602	25821	41175	E.H y D.L.		
		B	2009-12	10	35	33	57	45	47	47069	25106	39810	GCN, ARA		
<p>Descripción de la Mira: La mira es la antena de comunicación que se encuentra sobre el edificio de la UTN (Universidad Tecnológica del Noroeste) al NW 305°</p>		<p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada dentro de las instalaciones del aeropuerto internacional de Nogales. El punto se localiza al N del camino de Tierra que va a la pista después del taxeo de tierra de avionetas y helicópteros.</p> <p>Azimut (deg hex) 305.3766667</p>													
															

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



D. Sur

	<i>Instituto de Geofísica UNAM</i>	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.	
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT			
<p>Nombre de la Estación: Tuxtla Gutierrez, Chiapas Latitud: 16°44'29.4"</p> <p>Altitud: 621 msnm Longitud: 93°12'9.5"</p>		A	1956-4	7	42	22	44	43	38	43311	30771	30479	C. Canon	DIM1	
		A	1960-9	7	28	36	44	30	28	42957	30635	30113	C. Canon		
		A	1990-11	4	59	5	45	8	6	41150	29029	29165	H.N. y E.R		
		B	2010-12	3	6	42	44	59	3	39447	27919	27936	CGCN, RZL		
<p>Descripción de la Mira: La mira es la antena de comunicación al NE del campo de fútbol.</p> 		<p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada en un campo de fútbol al W del poblado de Teran, pasando el club de golf campestre, siguiendo por el camino de terracería sin desviarse hasta unos 1400m después de la entrada principal del club donde hay un camino a la izq. donde la finca esta a unos metros más adelante del lado izq.</p> <p>Azimut (deg hex) 44.35833333</p>													
<p>NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava RZL= Rocío Zuñiga Lara DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)</p>															

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
RZL= Rocío Zuñiga Lara
DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



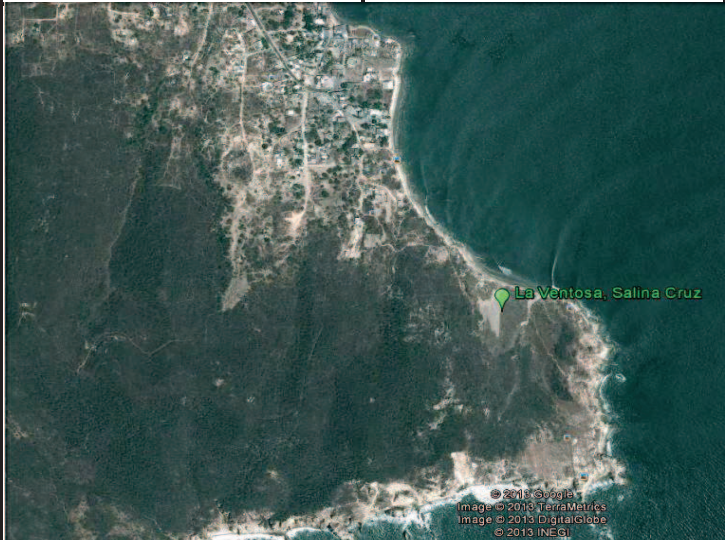
D. Sur

	<i>Instituto de Geofísica UNAM</i>	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.	
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT			
<p>Nombre de la Estación: Oaxaca-San Andrés Huayapam Latitud: 17°05'40.8"</p> <p>Altitud: 1684.2 msnm Longitud: 96°39'40.9"</p>		A	1959-5	8	33	44	44	6	36	42922	30818	29875	C. Canon	DIM1	
		A	1975-5	7	24	36	43	41	40	42036	30394	29038	C. Canon		
		A	1990-6	6	15	10	44	36	12	40970	29170	28768	H.N. y E.R		
		B	2010-12	4	44	11	44	44	53	39753	28250	28036	GCN, RZL		
<p>Descripción de la Mira: La mira es la antena de comunicación que se encuentra sobre la presidencia Municipal del Poblado.</p>		<p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La estación sustituye a la del estadio de Beisbol de la UBJO. Se encuentra en el centro del campo de fútbol de la loma en el pueblo de San Andrés Huayapam. San Andrés Huayapam se encuentra en el Km de la carretera 175 Oaxaca-Guelatao-Tuxtepec del lado izquierdo, 6 Km al NE del punto original.</p> <p>Azimut (deg hex) 308.8319444</p>													
															

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 RZL= Rocío Zuñiga Lara
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

D. Sur

	<i>Instituto de Geofísica UNAM</i>	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.	
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT			
Nombre de la Estación: La Ventosa-Salina Cruz, Oax. Altitud: 8 msnm		A	1954-8	8	27	0	43	16	0	42802	31167	29336	L. Gaunong		
		A	1956-5	8	15	26	43	15	0	42583	31016	29177	C. Canon		
Descripción de la Mira: La mira es el radiografo (rojo/blanco) que esta al NNW dentro del poblado aproximadamente 330°.		A	1963-5	7	53	9	43	16	59	42283	30781	28989	C. Canon		
		A	1975-5	6	55	33	43	21	9	41589	30240	28550	C. Canon		
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética sustituye a la de la escuela primaria Obrero Mundial. Se encuentra aprox a 4Km al E en el poblado de la Ventosa, al W de la Bahía de la Ventosa. Se localiza en un terreno casi plano a unos 150m al N del antiguo faro que esta localizado al S del poblado en una colina Azimut (deg hex) 334.5872222		A	1990-11	5	51	38	43	43	11	40646	29376	28091	H.N. y E.R		
		B	2010-12	4	2	13	43	58	34	38990	28077	27123	GCN, RZL		
															
		<small>© 2013 Google Image © 2013 TerraMetrics Image © 2013 DigitalGlobe © 2013 INEGI</small>													

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 RZL= Rocío Zuñiga Lara
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

D. Sur




 Instituto de Geofísica UNAM		ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Comitán, Chiapas. Altitud: 1574 msnm		A	1952-8	7	49	28	44	17	6	43095	30851	30090	C. Carbonell	
		A	1955-6	7	43	25	44	25	12	42985	30701	30085	C. Canon	
Descripción de la Mira: La mira es la antena de celular que se encuentra en el cerro al NE del punto de medición.		A	1960-9	7	38	48	44	23	26	42880	30642	29996	C. Canon	
		B	1952-8	7	48	29	44	14	51	43107	30879	30078	C. Carbonell	
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encontraba localizada en el entronque de la carretera a Comitán-C Cuahutemoc y no se pudo medir, por lo cual el punto se midió aprox. A 625m al NE del sitio original. En una cancha de fútbol de la colonia. Azimut (deg hex) 278.45		B	1955-4	7	37	15	44	23	59	42964	30697	30060	C. Canon	
		B	1990-11	4	53	5	44	47	16	40824	28974	28759	H.N. y E.R.	
		C	2010-12	2	44	42	44	39	37	39127	27850	27553	EHQ, RZL	



NOTA: EHQ= Esteban Hernández Quintero
 RZL= Rocío Zuñiga Lara
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



D. Sur

	<i>Instituto de Geofísica UNAM</i>	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.	
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT			
Nombre de la Estación: Tapachula, Chiapas. Altitud: 113 msnm		A	1956-5	7	26	6	42	54	10	42011	30773	28599	C. Canon		
		A	1963-5	6	58	57	42	56	23	41679	30512	28392	C. Canon		
Descripción de la Mira: La mira es la antena de la torre de control del antiguo Aeropuerto ubicado aprox. 180° al S del punto de medición.		A	1974-3	6	0	12	43	4	45	36504	26663	24932	C. Canon		
		A	1975-3	5	56	59	42	54	0	40682	29802	27693	C. Canon		
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética de repetición se reubicó a 1.2km del último punto medido 1991.		A	1990-11	4	53	21	42	55	17	40311	29519	27451	H.N. y E.R		
		B	2010-12	2	20	52	43	12	19	38186	27855	26193	EHQ, RZL		
Azimut (deg hex) 14.555															
															
															

NOTA: EHQ= Esteban Hernández Quintero
 RZL= Rocío Zuñiga Lara
 DIM1= Declination Incliner Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición


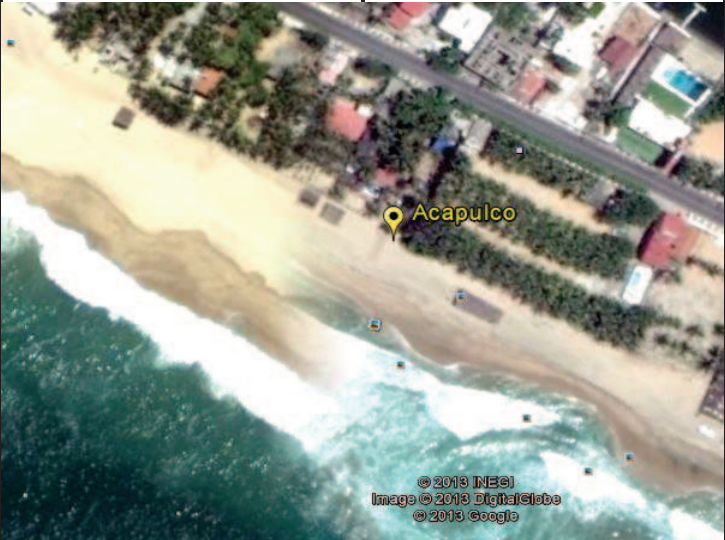
E. Suroeste

 Instituto de Geofísica UNAM		ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Pinotepa Nacional, Oaxaca Altitud: 208 msnm		A	1990-11	6	55	9	43	27	44	40819	29627	28078	H.N. y E.R. EHQ Y DAA	DIM1
Latitud: 16°20'16.1" Longitud: 98°02'19.6"		B	2011-10	3	1	34	43	37	15	39067	28381	27094		
Descripción de la Mira: La mira es la antena de celular que se ubica al N de la Estación de repetición.		Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética de repetición se reubico en un predio junto al cementerio local. Está se encuentra en el Km2.5 de la carretera Pinotepa Nacional-Puerto escondido a 1.5 Km de la antigua Estacion de Repetición. La estación anterior no se reocupó debido al crecimiento urbano. Azimut (deg hex) 357.4147222												
														

NOTA: EHQ= Esteban Hernández Quintero
 DAA= Diego Aguilar Anaya
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

E. Suroeste

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Acapulco, Guerrero Altitud: 30 msnm	A	1952-6	9	9	12	42	15	32	42411	31389	28521	L. Gaunong	DIM1
	A	1955-3	9	2	59	42	57	2	42709	31260	29100	C. Canon	
A	1963-1	8	49	6	43	2	51	42459	31029	28983	C. Canon		
A	1975-8	7	48	29	42	48	29	41763	30638	28380	C. Canon		
A	1990-11	7	16	48	43	36	59	40955	29650	28252	H.N y E.R.		
Descripción de la Mira: La mira es la antena de radio que se encuentra dentro de las instalaciones de la base Aérea al W del punto de medición.	B	1952-6	9	4	25	43	5	38	43017	31413	29389	L. Gaunong	
	B	1955-3	8	57	20	43	1	13	42774	31272	29183	C. Canon	
	B	1963-1	8	40	55	43	8	31	42463	30983	29037	C. Canon	
	C	2011-11	5	44	56	43	50	35	39362	28493	27413	EHQ Y DAA	
	C	2011-11	5	44	56	43	50	35	39362	28493	27413	EHQ Y DAA	
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada en la base Aérea de la Armada de México a 150m al E de la posición original. Azimut (deg hex) 128.7988889													
													

NOTA: EHQ= Esteban Hernández Quintero
 DAA= Diego Aguilar Anaya
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (grados)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición




E. Suroeste

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Zihuatanejo, Guerrero</p> <p>Altitud: 23 msnm</p> <p>Latitud: 17°36'28.2"</p> <p>Longitud: 101°27'45.2"</p>	A	1990-11	8	18	29	45	10	2	41737	29426	29599	H.N. y E.R.	DIM1
	B	2011-10	5	47	58	45	17	6	40141	28337	28670	EHQ Y DAA	
<p>Descripción de la Mira: La mira es la antena situada al N en la Torre de control del Aeropuerto de Ixtapa.</p>	<p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La estación magnética de repetición se encuentra localizada en una cancha de fútbol que utiliza personal del Aeropuerto de Ixtapa. Se encuentra en el extremo S de la cancha aprox. A 250 de la posición de la estación anterior.</p> <p style="text-align: center;">Azimut (deg hex) 212.6516667</p>												
													

NOTA: EHQ= Esteban Hernández Quintero
 DAA= Diego Aguilar Anaya
 DIM1= Declination Incliner Magnetometer (grados)

Cátalogo de Estaciones Magnéticas de Repetición


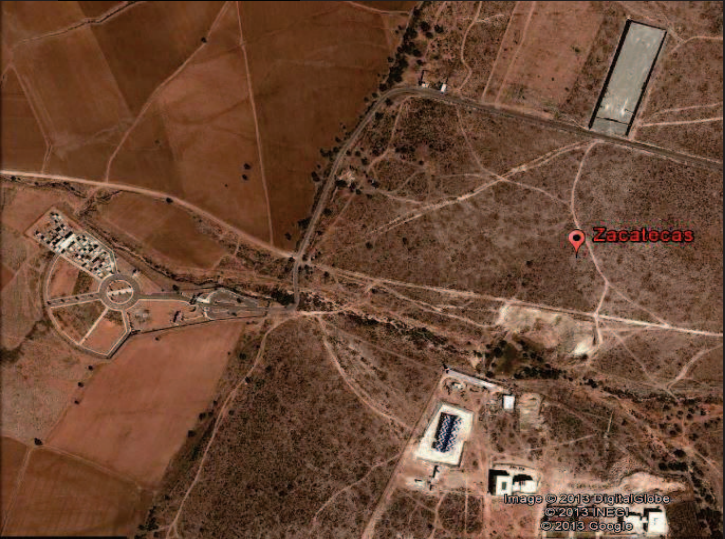
F. Norte

 Instituto de Geofísica UNAM		ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: CD Juárez, Chihuahua</p> <p>Altitud: 1191.8 msnm</p> <p>Latitud: 31°38'10"</p> <p>Longitud: 106°25'29.9"</p>		A	1955-7	12	9	43	59	29	46	51527	26155	44395	C. Canon	DIM2
		A	1964-5	11	53	56	59	20	2	51102	26064	43956	C. Canon	
		A	1990-6	10	22	32	59	7	17	49648	25492	42611	H.E. y E.R	
		B	1959-2	11	56	5	59	50	7	51529	25892	44551	C. Canon	
		C	2011-12	8	44	34	58	55	14	47712	24689	41042	GCN y ARA	
<p>Descripción de la Mira: La mira es una antena con donita que esta en la parte izquierda de la Torre de control.</p> 		<p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: Estación localizada en el aeropuerto internacional de CD Juárez, al E de la pista principal y al N de la secundaria, aprox. a 200m al E del BOER casi alineados con el BOER Y la torre de control.</p> <p>Azimut (deg hex) 271.0658333</p>												

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (gonos)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición


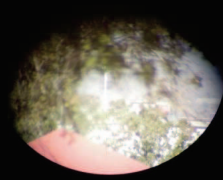
F. Norte

 Instituto de Geofísica UNAM		ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.	
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT			
Nombre de la Estación: Zacatecas, Zacatecas Altitud: 2314.4 msnm		A	1952-6	10	3	14	50	13	25	46380	29664	35645	C. Canon		
		A	1990-6	8	21	20	50	36	38	44458	28189	34359	H.N. y E.R.		
Descripción de la Mira: La mira es una antena de comunicación SSE(~160°), que esta al E del campus de la VAZ que termina en cono y tiene parábolas metálicas.		B	1956-3	9	54	44	50	11	36	46219	29589	35506	C. Canon		
		B	1964-9	7	35	1	50	13	49	45878	29349	35257	C. Canon		
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: Estación en terrenos al N de la VAZ Siglo XXI, que esta camino a Jeréz, entrando por el fraccionamiento al S del camino que lleva al panteón cercano.		B	1970-6	9	13	46	50	11	8	45640	29224	35057	C. Canon		
		C	2011-12	6	49	46	50	29	44	42677	27236	33098	GCN y ARA		
Azimut (deg hex) 169.4505556															
															

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (gones)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



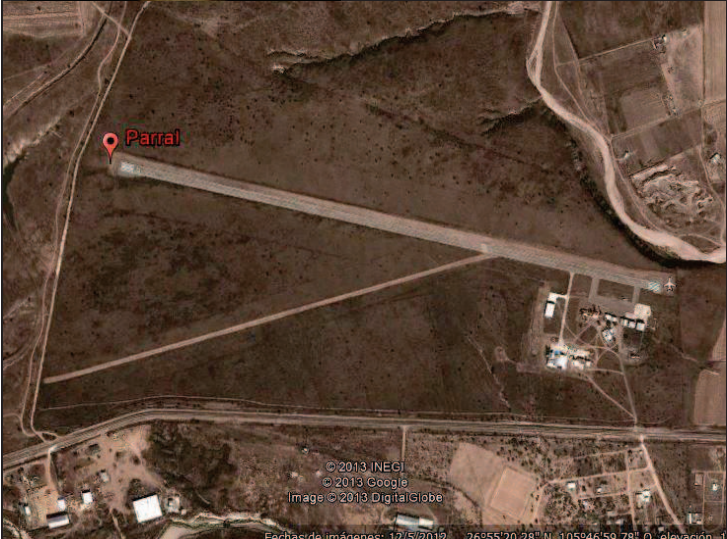
F. Norte

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Durango, Durango</p> <p>Altitud: 1889.5 msnm</p> <p>Latitud: 23°58'10.6"</p> <p>Longitud: 104°39'40"</p> <p>Descripción de la Mira: La mira es un poste de luz del fraccionamiento campestre (AC N del club) que se observa sobre una casita de descanso para golfistas blanca con techo rojo. Se toma el costado derecho del poste como referencia.</p>  <p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: Estación localizada en el costado izquierdo del camino de carros del golf, entre el green y el green como a 200m al N de la casa club.</p> <p style="text-align: center;">Azimut (deg hex) 328.7341667</p>	A	1955-10	10	7	53	51	15	2	46780	29280	36483	C. Canon	DIM2
	A	1964-2	9	55	20	51	20	3	46604	29117	36389	C. Canon	
	A	1970-6	9	30	5	51	16	3	46285	28960	36106	C. Canon	
	A	1990-6	8	40	6	51	26	28	45034	28068	35215	H.E. y E.R	
	B	2011-12	7	20	47	51	14	31	43100	27066	33775	GCN y ARA	
	A	1955-10	10	7	53	51	15	2	46780	29280	36483	C. Canon	

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (gones)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición




F. Norte

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Parral, Chihuahua Altitud: 1850.5 msnm</p> <p>Latitud: 26°55'24" Longitud: 105°47'22.1"</p> <p>Descripción de la Mira: La mira es la antena sobre el hangar principal de la aeropista.</p>  <p>Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: Estación localizada en la cabecera W de la pista 09/27 de la Aeropista Frisco de Parral a 19.5m.</p> <p>Azimut (deg hex) 106.6430556</p> 	A	1990-6	9	27	43	54	37	52	46783	27080	38149	H.E. y E.R	DIM2
	B	2011-12	8	9	8	54	14	40	45000	26256	36775	GCN y ARA	

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (gones)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición


F. Norte

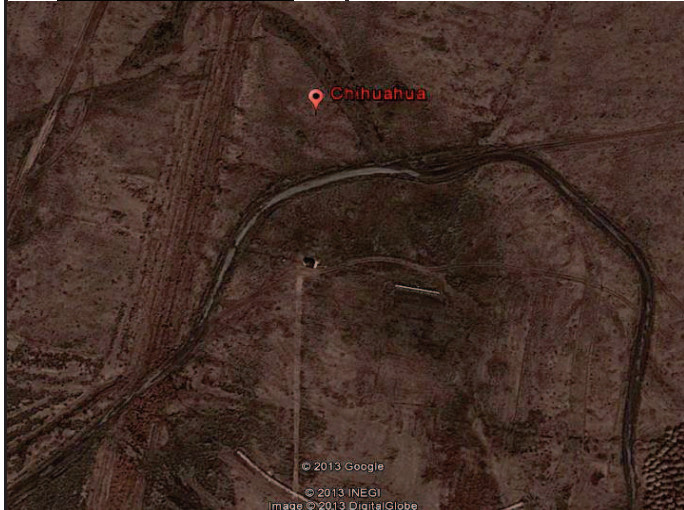
 Instituto de Geofísica UNAM		ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Torreón, Coahuila Altitud: 1127.3 msnm		A	1952-5	10	38	20	53	23	49	48138	28703	38644.47469	L. Gaunong	DIM2
		A	1955-11	10	31	27	53	27	9	47993	28579	38555.82242	C. Canon	
		A	1964-9	10	14	17	53	22	50	47658	28427	38251.00232	C. Canon	
Descripción de la Mira: La mira es un para rayos sobre el edificio del Tec Milenio en su ala Norte.		A	1979-10	9	22	54	53	21	42	46770	27911	37529.07588	C. Canon	
		A	1981-9	10	44	43	53	24	46	46651	27806	37458.40239	C. Canon	
		B	1952-5	10	34	22	53	22	45	48077	28678	38586.59705	L. Gaunong	
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: Estación medida en el último campo de fútbol en el W del campo deportivo Laguna Sport, loclizado al W de los campos de la Ibero, UVM y TEC de Monterrey.		C	2011-12	7	16	43	53	27	5	44395	26515	35834	GCN y ARA	
		Azimut (deg hex) 112.3216667												
														
														

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (gones)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

F. Norte

 Instituto de Geofísica UNAM		ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Chihuahua, Chihuahua Altitud: 1349.3 msnm		A	1952-5	11	39	25	56	27	31	49901	27572	41592	L. Gaunong	
		A	1955-7	11	35	3	56	28	19	49625	27140	41368	C. Canon	
Descripción de la Mira: La mira es una antena localizada en una caseta a la izquierda del cerro con tres antenas de comunicación en Chihuahua.		B	1952-5	11	34	36	56	21	24	49984	27692	41612	L. Gaunong	
		B	1955-9	11	29	32	56	22	30	49831	27594	41493	C. Canon	
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: Estación al Norte de la pista del aeropuerto de Chihuahua, atrás de la caseta de SENEAM (100m) pasando un camino de asfalto.		AEROPUERTO	1964-6	11	22	49	0	0	0	No datos	27311	No datos	C. Canon	
		AEROPUERTO	1981-9	10	10	10	56	2	34	48570	27130	40287	C. Canon	
Azimut (deg hex) 212.0238889		AEROPUERTO	1990-6	9	56	59	56	22	33	47830	26501	39827	H.E. y E.R	
		C	2011-12	8	29	2	56	14	8	46092	25686	38493	GCN y ARA	



NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclinacion Magnetometer (gones)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición




F. Norte

 Instituto de Geofísica UNAM		ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Laguna de Jaco, Coahuila Altitud: 1244.1 msnm Latitud: 27°57'27.6" Longitud: 103°57'16.8"		A	1959-5	10	58	4	56	10	52	49266	27420	40930	C. Canon	DIM2
		A	1964-9	10	42	32	56	3	44	49004	27358	40656	C. Canon	
		A	1990-6	9	14	38	56	3	34	47503	26522	39409	H.N y E.R.	
		B	2011-12	7	55	25	55	55	1	45665	25661	37996	GCN y ARA	
Descripción de la Mira: La mira es el costado derecho de la estructura de la antena de radio en el edificio principal del pueblo.		Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: Estación localizada a 100m al S del poblado de Jaco (como a 22km al S del camino que va hacia Hércules), al W de la Salina de Jaco en un claro al NW de unas casas abandonadas.												
		Azimut (deg hex) 14.90083333												
														

NOTA: GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 ARA= Abraham Rodríguez Aguilar
 DIM1= Declination Inclination Magnetometer (gones)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición



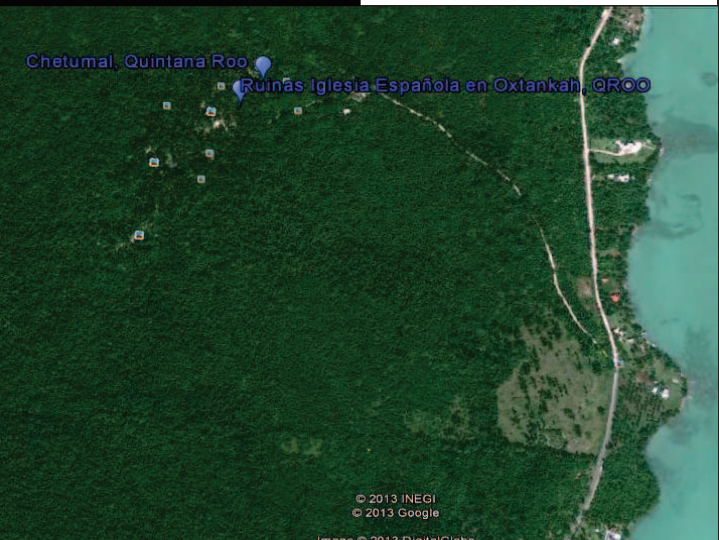
G. Caribe

 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Merida, Yucatan</p> <p>Altitud: 9.8 msnm</p> <p>Latitud: 21°8'10.7"</p> <p>Longitud: 89°47'4"</p> <p>Descripción de la Mira: La MIRA, es un poste de luminaria, el único que se observa al Sur de la EMR, aprox a unos 500 m.</p>  <p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La EMR se encuentra en el Parque Científico y Tecnológico de Yucatán, entrando por el Acceso 2; sobre la carretera Sierra-Papacal-Chuburna Puerto.</p> <p>Azimut (deg hex) 30.31361111</p> 	A	1955-4	6	36	51	51	21	22	46740	29188	36506	C Canon	
	A	1963-12	6	0	42	51	14	29	46319	28998	36119	C Canon	
	A	1966-5	5	44	12	51	33	2	46448	28882	36376	C Canon	
	A	1967-7	5	35	35	51	14	56	46116	28866	35964	C Canon	
	A	1971-2	5	8	4	51	4	7	45910	28849	35714	C Canon	
	A	1974-9	4	45	10	50	49	43	45748	28793	35551	C Canon	
	A	1979-9	4	17	43	51	10	1	44986	28209	35043	C Canon	
	A	1981-7	0	0	0	51	39	17	44901	27857	35215	C Canon	
	A	1990-10	2	43	40	51	4	38	44220	27811	34380	EH y ER	
	C	2013-8	0	47	54	50	25	28	42181	26903	32437	EHQ, GCN, BGA, AMA	

NOTA: EHQ = Juan Esteban Hernández Quintero
 GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 BGA= Biviana Guzmán Arementa
 AMA= Aideliz Marimar Montiel Álvarez
 DIM2 = Declination Inclination Magnetometer (gones)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición




G. Caribe

 Instituto de Geofísica UNAM		ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
				°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
Nombre de la Estación: Chetumal, Quintana Roo Altitud: 12 msnm		A	1952-9	6	23	44	48	34	50	45292	29963	33964	L. Gaunong	
		A	1955-6	6	16	12	48	34	54	45238	29927	33924	C. Canon	
Descripción de la Mira: Se utilizó una MIRA portátil, debido a que la EMR se encontraba dentro de la selva.		A	1959-75	5	58	24	48	35	19	45044	29795	33782	C. Canon	
		A	1963-11	5	36	16	48	31	22	44889	29731	33632	C. Canon	
Fecha de última revisión: 2013-11 Estación Magnética: La EMR, se encuentra dentro de la Zona Arqueológica Oxtankah perteneciente al INAH, frente a las ruinas de la Iglesia Española.		A	1971-2	4	44	6	48	20	48	44255	29413	33066	C. Canon	
		A	1981-8	3	5	16	48	23	9	43321	28770	32388	C. Canon	
Azimut (deg hex) 33.6425		A	1990-10	2	33	52	48	27	38	42700	28331	31961	E.H. y E.R.	
		B	1952-11	6	25	41	48	24	51	45266	30038	33857	L. Gaunong	
		B	1955-3	6	15	40	48	30	54	45250	29974	33898	C. Canon	
		B	1959-6	5	55	6	48	32	23	45114	29870	33809	C. Canon	
		B	1963-11	5	34	23	48	25	36	44727	29680	33461	C. Canon	
		B	1971-11	4	40	1	48	21	9	44294	29435	33099	C. Canon	
		C	2013-9	0	4	52	47	43	12	40440	26535	33195	EHQ, GCN, BGA, AMA	

NOTA: EHQ = Juan Esteban Hernández Quintero
 GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 BGA= Biviana Guzmán Arementa
 AMA= Aidellz Marimar Montiel Álvarez
 DIM2 = Declination Inclination Magnetometer (gones)

Catálogo de Estaciones Magnéticas de Repetición

G. Caribe

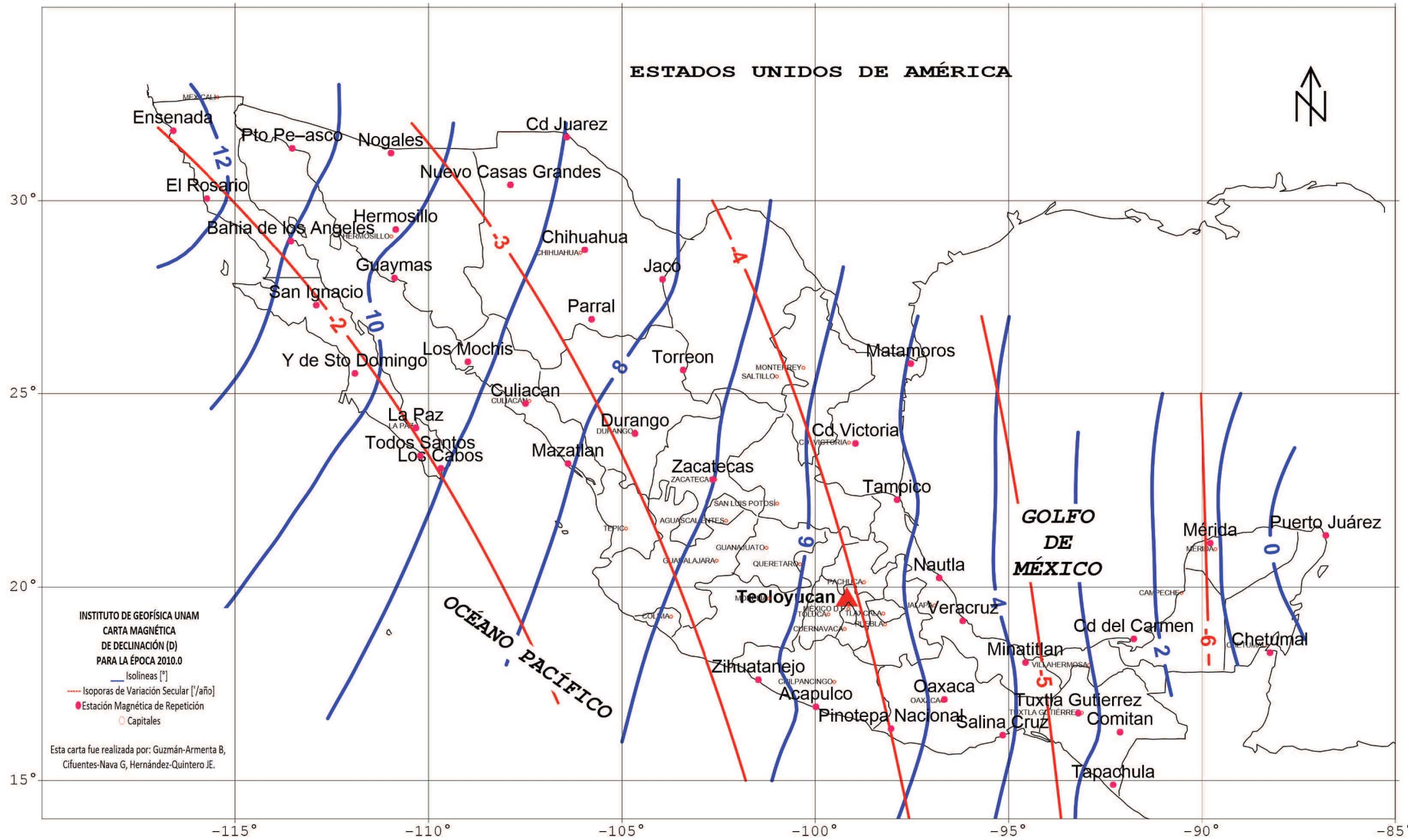
 Instituto de Geofísica UNAM	ESTACIÓN	FECHA	D			I			F	H	Z	OBSERVADOR	INST.
			°	'	"	°	'	"	nT	nT	nT		
<p>Nombre de la Estación: Puerto Juarez, Qunitana Roo</p> <p>Altitud: 0 msnm</p> <p>Latitud: 21°19'50.7"</p> <p>Longitud: 86°47'51.3"</p>	A	1959-3	4	40	39	52	44	13	47167	28558	37538	C Canon	
	A	1963-11	4	15	58	52	32	22	46806	28468	37153	C Canon	
	A	1971-2	3	17	21	52	17	5	46297	28322	36624	C Canon	
	A	1974-9	2	51	0	52	10	31	45884	28138	36243	C Canon	
	A	1990-10	0	40	7	52	9	18	44583	27353	35206	C Canon	
	B	2013-9	-1	36	34	51	17	10	42497	27394	30208	EHQ, GCN, BGA, AMA	
<p>Descripción de la Mira: La MIRA es la antena más alta de radio de la capitania de puerto de Isla Mujeres.</p> 	<p>Fecha de última revisión: 2013-11</p> <p>Estación Magnética: La EMR se localiza en una Barra, al Este se encuentra entre el Mar Caribe y al Oeste una laguna, en Isla Blanca.</p> <p style="text-align: center;">Azimut (deg hex) 147.3725</p>												

NOTA: EHQ = Juan Esteban Hernández Quintero
 GCN= Gerardo Cifuentes Nava
 BGA= Biviana Guzmán Arementa
 AMA= Aidellz Marimar Montiel Álvarez
 DIM2 = Declination Inclination Magnetometer (gones)

2. CARTAS MAGNÉTICAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA ÉPOCA 2010.0

(lat 35N, long 120W)

(lat 35N, long 85W)

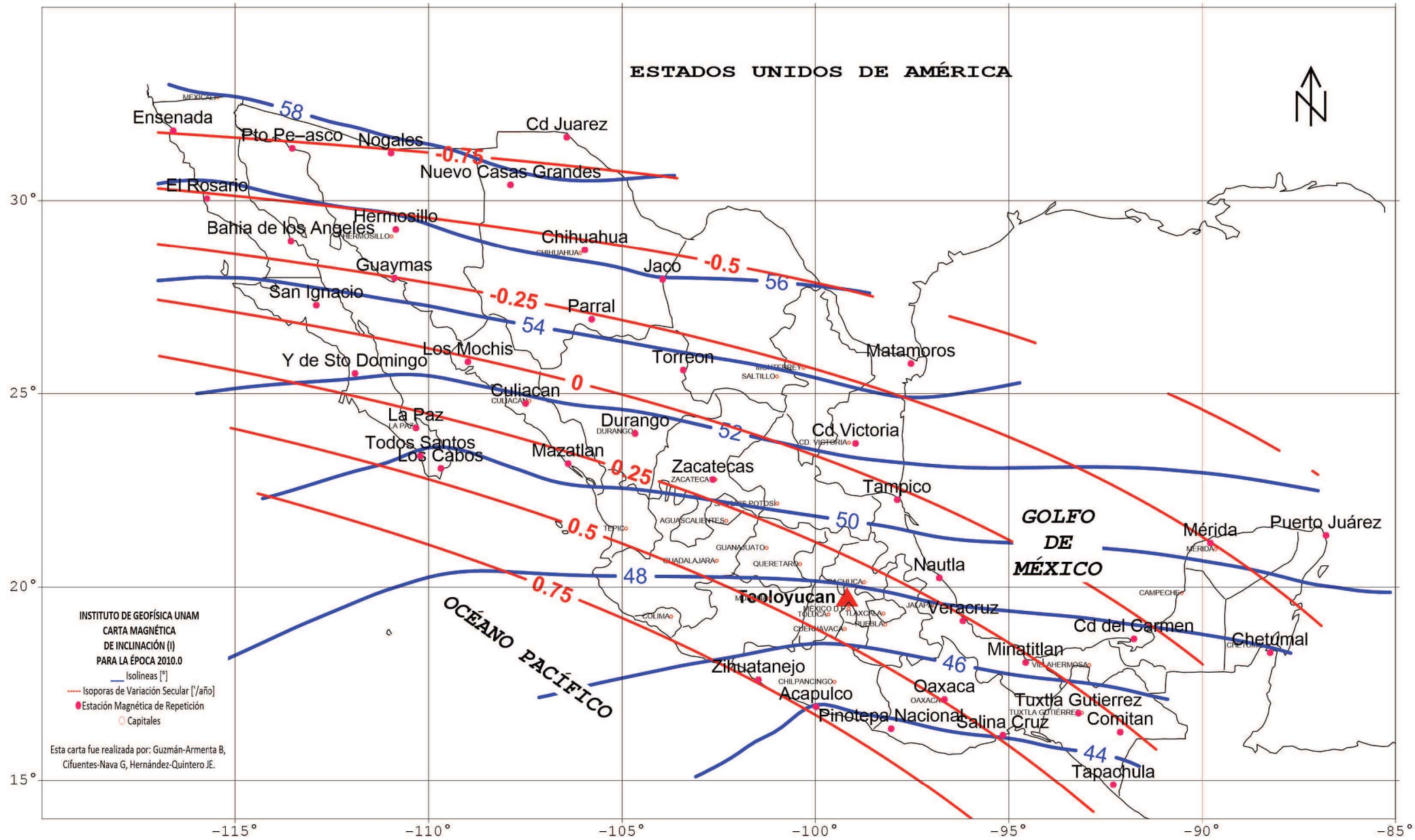


(lat 13N, long 120W)

(lat 13N, long 85W)

(lat 35N, long 120W)

(lat 35N, long 85W)

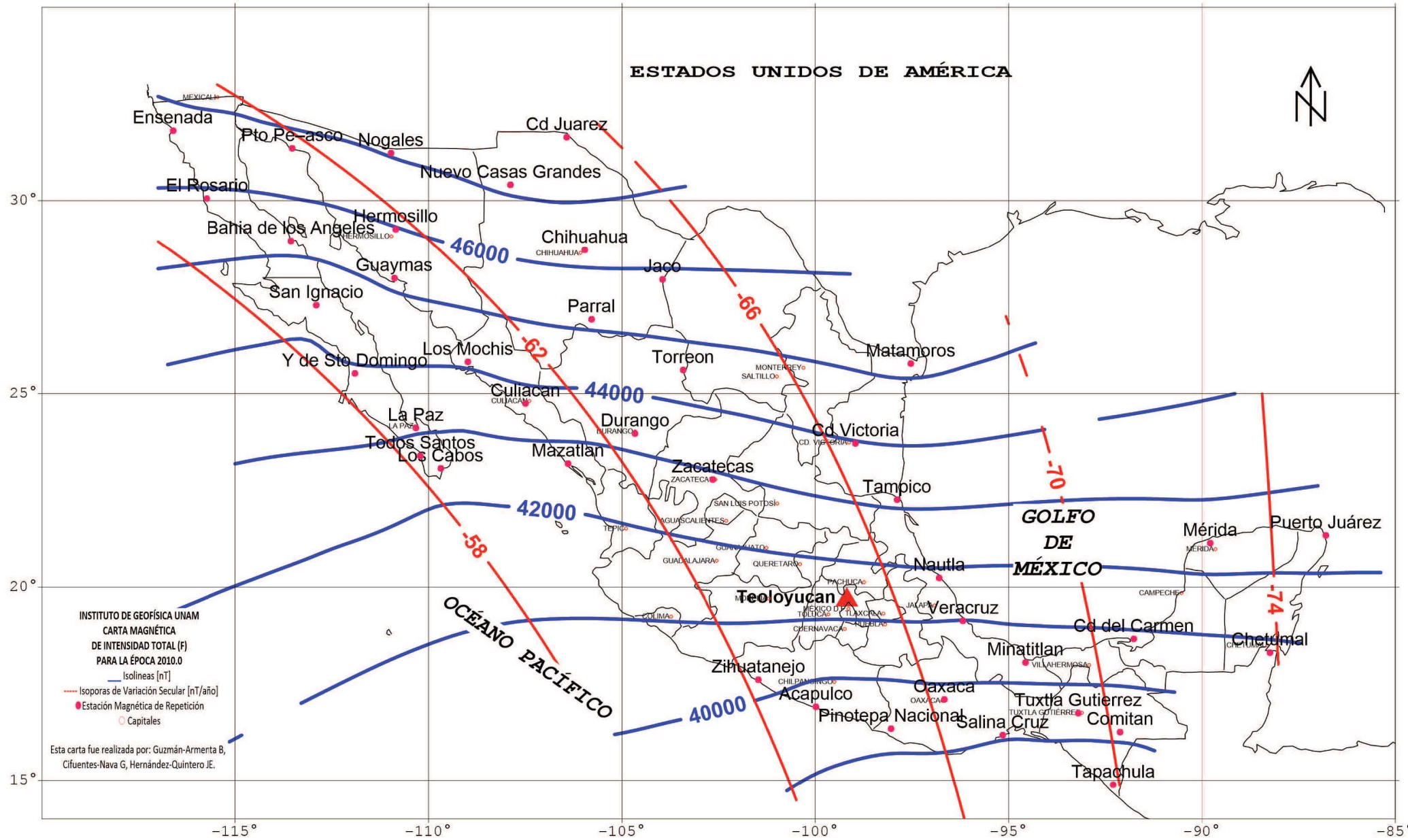


(lat 13N, long 120W)

(lat 13N, long 85W)

(lat 35N, long 120W)

(lat 35N, long 85W)



(lat 13N, long 120W)

(lat 13N, long 85W)

3. TABLAS DE VARIACIÓN SECULAR

**Tablas de Variación Secular
D[°/año] I[°/año] F[nt/año]
D. Sur**

OAXACA	D	I	F	dF	dI	dD
1950	9.254029141	43.90677329	43525.8381	-61.78837	1.27489161	-4.3805502
1955	8.888983294	44.01301426	43216.8962	-61.715894	1.19615852	-4.3931527
1960	8.522887236	44.11269414	42908.3168	-61.643419	1.11742544	-4.4057552
1965	8.155740968	44.20581292	42600.0997	-61.570943	1.03869235	-4.4183577
1970	7.78754449	44.29237062	42292.245	-61.498467	0.95995927	-4.4309603
1975	7.418297802	44.37236723	41984.7526	-61.425991	0.88122619	-4.4435628
1980	7.048000903	44.44580274	41677.6227	-61.353515	0.8024931	-4.4561653
1985	6.676653794	44.51267717	41370.8551	-61.281039	0.72376002	-4.4687678
1990	6.304256475	44.5729905	41064.4499	-61.208563	0.64502693	-4.4813704
1995	5.930808946	44.62674275	40758.4071	-61.136087	0.56629385	-4.4939729
2000	5.556311206	44.6739339	40452.7267	-61.063611	0.48756077	-4.5065754
2005	5.180763256	44.71456396	40147.4086	-60.991136	0.40882768	-4.5191779
2010	4.804165096	44.74863294	39842.4529	-61.389753	0.84185964	-4.449864
	-4.51917792	0.408827682	-60.9911355			

SALINA CRUZ	D	I	F	dF	dI	dD
1950	8.707788525	43.20700566	42947.85074	-46.5688685	0.372866756	-3.76723612
1955	8.393852181	43.23807789	42715.0064	-49.6818051	0.44580106	-3.91381516
1960	8.067700918	43.27522798	42466.59737	-52.7947416	0.518735364	-4.0603942
1965	7.729334735	43.31845593	42202.62367	-55.9076781	0.591666968	-4.20697323
1970	7.378753633	43.36776173	41923.08528	-59.0206146	0.664603972	-4.35355227
1975	7.01595761	43.4231454	41627.9822	-62.1335511	0.737538276	-4.50013131
1980	6.640946668	43.48460692	41317.31445	-65.2464876	0.81047258	-4.64671035
1985	6.253720805	43.5521463	40991.08201	-68.3594241	0.883406884	-4.79328938
1990	5.854280023	43.62576354	40649.28489	-71.4723606	0.956341188	-4.93986842
1995	5.442624322	43.70545864	40291.92309	-74.5852971	1.029275492	-5.08644746
2000	5.0187537	43.7912316	39918.9966	-77.6982337	1.102207996	-5.2330265
2005	4.582668159	43.88308242	39530.50543	-80.8111702	1.1751441	-5.37960553
2010	4.134367697	43.98101109	39126.44958	-83.6900194	0.774005428	-4.57342083
	-5.37960553	1.1751441	-80.8111702			

COMITÁN	D	I	F	dF	dI	dD
1950	8.072527752	44.2285372	43259.5853	-44.125381	1.41218764	-3.3605392
1955	7.792482822	44.3462195	43038.9584	-48.273128	1.23735979	-3.7038757
1960	7.483282617	44.44933281	42797.5927	-52.420875	1.06253194	-4.0472122
1965	7.146558837	44.53787714	42535.4884	-56.568622	0.8877041	-4.3905486
1970	6.780679784	44.61185248	42252.6453	-60.716368	0.71287625	-4.7338851
1975	6.386189356	44.67125884	41949.0634	-64.864115	0.5380484	-5.0772216
1980	5.963087553	44.71609621	41624.7428	-69.011862	0.36322055	-5.4205581
1985	5.511374376	44.74636459	41279.6835	-73.159609	0.18839271	-5.7638946
1990	5.031049825	44.76206398	40913.8855	-77.307356	0.01356486	-6.1072311
1995	4.5221139	44.76319438	40527.3487	-81.455102	-0.161263	-6.4505676
2000	3.9845666	44.7497558	40120.0732	-85.602849	-0.3360908	-6.7939041
2005	3.418407926	44.72174823	39692.059	-89.750596	-0.5109187	-7.1372406
2010	2.823637877	44.67917167	39243.306	-66.937989	0.45063448	-5.2488899
	-7.13724058	-0.51091868	-89.750596			

TAPACHULA	D	I	F	dF	dI	dD
1950	7.744733389	42.95545322	42179.45828	-36.1981654	-0.16427008	-3.29973859
1955	7.469755174	42.94176405	41998.46745	-41.0664605	-0.09540245	-3.64981204
1960	7.165604171	42.93381385	41793.13515	-45.9347557	-0.02653482	-3.99988548
1965	6.83228038	42.93160261	41563.46137	-50.8030509	0.042332809	-4.34995893
1970	6.469783803	42.93513035	41309.44612	-55.671346	0.111200438	-4.70003238
1975	6.078114437	42.94439705	41031.08939	-60.5396412	0.180068067	-5.05010583
1980	5.657272285	42.95940272	40728.39118	-65.4079363	0.248935695	-5.40017928
1985	5.207257345	42.98014736	40401.3515	-70.2762315	0.317803324	-5.75025273
1990	4.728069617	43.00663097	40049.97034	-75.1445267	0.386670953	-6.10032618
1995	4.219709102	43.03885355	39674.24771	-80.0128218	0.455538582	-6.45039963
2000	3.6821758	43.0768151	39274.1836	-84.881117	0.52440621	-6.80047308
2005	3.11546971	43.12051562	38849.77802	-89.7494121	0.593273839	-7.15054653
2010	2.519590833	43.1699551	38401.03095	-62.9737888	0.214501881	-5.22514256
	-7.15054653	0.593273839	-89.7494121			

TUXTLA GUTIÉRREZ	D	I	F	dF	dI	dD
1950	8.20467711	44.41477181	43574.38054	-49.5082503	1.97650997	-4.29005748
1955	7.847172319	44.57948098	43326.83929	-52.5939287	1.726116195	-4.42026477
1960	7.478816922	44.72332399	43063.86965	-55.679607	1.47572242	-4.55047205
1965	7.099610918	44.84630086	42785.47161	-58.7652854	1.225328645	-4.68067933
1970	6.709554307	44.94841158	42491.64519	-61.8509967	0.97493487	-4.81088661
1975	6.30864709	45.02965616	42182.39037	-64.9366421	0.724541095	-4.94109389
1980	5.896889266	45.09003458	41857.70716	-68.0223204	0.47414732	-5.07130117
1985	5.474280834	45.12954686	41517.59556	-71.1079987	0.223753545	-5.20150846
1990	5.040821796	45.14819299	41162.05556	-74.1936771	-0.02664023	-5.33171574
1995	4.596512152	45.14597297	40791.08718	-77.2793554	-0.277034	-5.46192302
2000	4.1413519	45.1228868	40404.6904	-80.3650338	-0.52742778	-5.5921303
2005	3.675341042	45.07893449	40002.86523	-83.4507121	-0.77782155	-5.72233758
2010	3.198479576	45.01411602	39585.61167	-66.4794812	0.59934421	-5.00619753
	-5.72233758	-0.77782155	-83.4507121			

Tablas de Variación Secular
D['/año] I['/año] F[nT/año]
E. Suroeste

ACAPULCO	D	I	F	dF	dI	dD
1950	9.302145004	42.85396722	42927.6145	-38.88843245	0.789037778	-2.818443472
1955	9.067274714	42.91972036	42733.17234	-41.70525324	0.82513348	-2.925543715
1960	8.823479405	42.98848149	42524.64607	-44.52207404	0.861229182	-3.032643957
1965	8.570759075	43.06025059	42302.0357	-47.33889483	0.897324884	-3.1397442
1970	8.309113725	43.13502766	42065.34123	-50.15571563	0.933420587	-3.246844443
1975	8.038543355	43.21281271	41814.56265	-52.97253642	0.969516289	-3.353944686
1980	7.759047964	43.29360573	41549.69997	-55.78935722	1.005611991	-3.461044928
1985	7.470627553	43.37740673	41270.75318	-58.60617801	1.041707693	-3.568145171
1990	7.173282123	43.46421571	40977.72229	-61.42299881	1.077803395	-3.675245414
1995	6.867011671	43.55403266	40670.6073	-64.2398196	1.113899098	-3.782345657
2000	6.5518162	43.64685758	40349.4082	-67.0566404	1.1499948	-3.889445899
2005	6.227695708	43.74269048	40014.125	-69.87346119	1.186090502	-3.996546142
2010	5.894650197	43.84153136	39664.75769	-54.38094682	0.98756414	-3.407494807
	-3.996546142	1.186090502	-69.87346119			

PINOTEPA NACIONAL	D	I	F	dF	dI	dD
1950	10.19548641	43.17151584	43720.33972	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
1955	9.786364277	43.20781355	43358.04965	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
1960	9.377242139	43.24411126	42995.75957	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
1965	8.968120002	43.28040897	42633.46949	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
1970	8.558997864	43.31670668	42271.17942	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
1975	8.149875727	43.35300439	41908.88934	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
1980	7.74075359	43.3893021	41546.59927	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
1985	7.331631452	43.42559981	41184.30919	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
1990	6.922509315	43.46189752	40822.01911	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
1995	6.513387177	43.49819523	40459.72904	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
2000	6.10426504	43.53449294	40097.43896	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
2005	5.695142903	43.57079065	39735.14888	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
2010	5.286020765	43.60708836	39372.85881	-72.45801527	0.435572519	-4.909465649
	-4.909465649	0.435572519	-72.45801527			

ZIHUATANEJO	D	I	F	dF	dI	dD
1950	10.28921753	44.9513418	44352.24046	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
1955	9.970896916	44.97829599	44025.67557	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
1960	9.652576306	45.00525019	43699.11068	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
1965	9.334255695	45.03220439	43372.5458	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
1970	9.015935084	45.05915859	43045.98091	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
1975	8.697614474	45.08611279	42719.41603	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
1980	8.379293863	45.11306699	42392.85114	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
1985	8.060973252	45.14002118	42066.28626	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
1990	7.742652641	45.16697538	41739.72137	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
1995	7.424332031	45.19392958	41413.15649	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
2000	7.10601142	45.22088378	41086.5916	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
2005	6.787690809	45.24783798	40760.02671	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
2010	6.469370199	45.27479218	40433.46183	-65.3129771	0.323450382	-3.819847328
	-3.819847328	0.323450382	-65.3129771			

Tablas de Variación Secular
D[/año] I[/año] F[nt/año]
F. Norte

ZACATECAS	D	I	F	dF	dl	dD
1950	10.22828103	50.12673089	46436.53049	-33.43422016	0.622412553	-2.235817174
1955	10.04196294	50.1785986	46269.35939	-37.74556629	0.584534159	-2.419507109
1960	9.840337343	50.22730978	46080.63156	-42.05691242	0.546655765	-2.603197043
1965	9.623404256	50.27286443	45870.34699	-46.36825855	0.50877737	-2.786886978
1970	9.391163674	50.31526254	45638.5057	-50.67960468	0.470898976	-2.970576912
1975	9.143615598	50.35450413	45385.10768	-54.99095081	0.433020582	-3.154266847
1980	8.880760028	50.39058917	45110.15292	-59.30229694	0.395142188	-3.337956781
1985	8.602596963	50.42351769	44813.64144	-63.61364307	0.357263794	-3.521646716
1990	8.309126403	50.45328967	44495.57322	-67.9249892	0.3193854	-3.70533665
1995	8.000348349	50.47990512	44155.94828	-72.23633533	0.281507005	-3.889026585
2000	7.6762628	50.50336404	43794.7666	-76.54768147	0.243628611	-4.072716519
2005	7.336869757	50.52366642	43412.02819	-80.8590276	0.205750217	-4.256406454
2010	6.982169219	50.54081228	43007.73205	-85.14662388	0.14081385	-4.246111814
	-4.256406454	0.205750217	-80.8590276			

DURANGO	D	I	F	dF	dl	dD
1950	10.28880025	51.16853758	46936.00135	-22.31037167	0.708926179	-1.738891448
1955	10.14389263	51.22761476	46824.44949	-28.85502219	0.599479033	-1.934984314
1960	9.98264394	51.27751735	46680.17438	-35.39967271	0.490031888	-2.131077179
1965	9.805054175	51.31840734	46503.17602	-41.94423233	0.380584742	-2.327170045
1970	9.611123337	51.35012273	46293.4544	-48.8897375	0.271137596	-2.523262911
1975	9.400851428	51.37271753	46051.00953	-55.0362426	0.16169045	-2.719355776
1980	9.174238447	51.38619174	45775.84141	-61.57827478	0.052243304	-2.915448642
1985	8.931284393	51.39054535	45467.95004	-68.1229253	-0.057203841	-3.11541508
1990	8.671989268	51.38577836	45127.33541	-74.66757582	0.166650987	-3.307634373
1995	8.39635307	51.37189078	44753.99753	-81.21222634	-0.276098133	-3.503727239
2000	8.1043758	51.3488826	44347.9364	-87.75687686	-0.385545279	-3.699820105
2005	7.796057458	51.31675383	43909.15202	-94.30152738	-0.494992425	-3.895912971
2010	7.471398044	51.27550446	43437.64438	-101.30594952	0.106966877	-4.174022029
	-3.895912971	-0.494992425	-94.30152738			

CHIHUAHUA	D	I	F	dF	dl	dD
1950	11.69626333	56.43757149	50049.39776	-37.39958342	-1.200491657	-1.956394203
1955	11.53323048	56.33753052	49862.39984	-41.62669447	-1.024012877	-2.162929251
1960	11.35298638	56.25219611	49654.26637	-45.85380552	-0.847534097	-2.369464299
1965	11.15553102	56.18158227	49424.99734	-50.08091657	-0.671055317	-2.575999346
1970	10.94086441	56.12564699	49174.59276	-54.30802762	-0.494576537	-2.782534394
1975	10.70898564	56.08443228	48903.05262	-58.53513867	-0.318097757	-2.989069442
1980	10.45989742	56.05792414	48610.37693	-62.76224972	-0.141618978	-3.195604489
1985	10.19359705	56.04612255	48296.56568	-66.98936077	0.034859802	-3.402139537
1990	9.91085418	56.04902754	47961.61887	-71.21647182	0.211338582	-3.608674585
1995	9.60932536	56.06663909	47605.53651	-75.44358287	0.387817362	-3.815209632
2000	9.2914284	56.0989572	47228.3186	-79.67069393	0.564296142	-4.02174468
2005	8.95628301	56.14598188	46829.96513	-83.89780498	0.740774922	-4.228279727
2010	8.603926366	56.20771312	46410.47611	-88.6486942	-0.229858368	-3.092336965
	-4.228279727	0.740774922	-83.89780498			

CD. JUÁREZ	D	I	F	dF	dl	dD
1950	12.27907394	59.67796545	51738.85007	-33.97850646	-0.189892718	-1.623508288
1955	12.14378159	59.66214106	51568.95754	-38.95200756	-0.285449737	-1.944581667
1960	11.98173311	59.63835358	51374.1975	-43.92550867	-0.381006756	-2.265655046
1965	11.79292853	59.60663032	51154.56996	-48.89900979	-0.476567775	-2.586728425
1970	11.57736783	59.56688937	50910.07491	-53.87251089	-0.572120795	-2.907801804
1975	11.33505101	59.51921264	50640.71236	-58.846012	-0.667677814	-3.228875183
1980	11.06597808	59.46357282	50346.4823	-63.81951312	-0.763234833	-3.549948562
1985	10.77014903	59.39969692	50027.38473	-68.79301422	-0.858791852	-3.871012941
1990	10.44756387	59.32840393	49683.41966	-73.76651533	-0.954348871	-4.19209532
1995	10.09822259	59.24887486	49314.58708	-78.74001645	-1.04990589	-4.513168699
2000	9.7221252	59.1613827	48920.887	-83.71351755	-1.14564291	-4.834242077
2005	9.319271694	59.0692746	48502.31941	-88.68701866	-1.241019929	-5.155315456
2010	8.889662072	58.96250913	48058.88432	-94.33276256	-0.715456323	-3.889411872
	-5.155315456	-1.241019929	-88.68701866			

TORREÓN	D	I	F	dF	dl	dD
1950	10.76572337	53.42860452	48220.9664	-39.57450768	-0.171846935	-2.559394473
1955	10.5524405	53.41428394	48023.09386	-43.01905262	-0.137494828	-2.708403126
1960	10.32674024	53.40282604	47807.99859	-46.46359756	-0.103142722	-2.857411778
1965	10.08862259	53.39423081	47575.68061	-49.9081425	-0.068790616	-3.006420431
1970	9.838087557	53.38849826	47326.13989	-53.35268744	-0.034438509	-3.155429083
1975	9.575135134	53.38562839	47059.37646	-56.79723237	-8.64027E-05	-3.304437736
1980	9.299765322	53.38562119	46775.39029	-60.24177731	0.034265704	-3.453446388
1985	9.011978123	53.38847666	46474.18141	-63.68632225	0.06861781	-3.602455041
1990	8.711773537	53.39419481	46155.7498	-67.13086719	0.102969917	-3.751463693
1995	8.399151562	53.40277564	45820.09546	-70.57541213	0.137322023	-3.900472346
2000	8.0741122	53.41421914	45467.2184	-74.01995707	0.17167413	-4.049480998
2005	7.73665545	53.42852532	45097.11861	-77.46450201	0.206026236	-4.198489651
2010	7.386781313	53.44569417	44709.7961	-81.51950484	0.017089651	-3.378942062
	-4.198489651	0.206026236	-77.46450201			

PARRAL	D	I	F	dF	dl	dD
1950	12.01588089	55.03401116	49898.24822	-76.36972112	-0.59263745	-3.756621514
1955	11.7028291	54.9846247	49516.39961	-81.36972112	-0.59263745	-3.756621514
1960	11.3897773	54.93523825	49134.551	-86.36972112	-0.59263745	-3.756621514
1965	11.07672551	54.88585818	48752.7024	-91.36972112	-0.59263745	-3.756621514
1970	10.76367372	54.83646534	48370.85379	-96.36972112	-0.59263745	-3.756621514
1975	10.45062192	54.78707889	47989.00519	-101.36972112	-0.59263745	-3.756621514
1980	10.13757013	54.73769243	47607.15658	-106.36972112	-0.59263745	-3.756621514
1985	9.824518339	54.68830598	47225.30798	-111.36972112	-0.59263745	-3.756621514
1990	9.511466546	54.63891952	46843.45937	-116.36972112	-0.59263745	-3.756621514
1995	9.198414753	54.58953307	46461.61077	-121.36972112	-0.59263745	-3.756621514
2000	8.88536296	54.54014662	46079.76216	-126.36972112	-0.59263745	-3.756621514
2005	8.572311167	54.49076016	45697.91355	-131.36972112	-0.59263745	-3.756621514
2010	8.259259374	54.44137371	45316.06495	-136.36972112	-0.59263745	-3.756621514
	-3.756621514	-0.59263745	-136.36972112			

LAGUNA DE JACO	D	I	F	dF	dl	dD
1950	11.39419187	56.14541473	49584.54264	-35.40746155	-0.065458875	-2.806108937
1955	11.16034946	56.13995983	49407.50533	-39.83032892	-0.091819934	-2.906307111
1960	10.9181572	56.13230817	49208.35368	-44.2531963	-0.118180993	-3.006505285
1965	10.66761509	56.12245975	48987.0877	-48.67606367	-0.144542052	-3.106703459
1970	10.40872313	56.11041458	48743.70738	-53.09893104	-0.170903111	-3.206901634
1975	10.14148133	56.09617265	48478.21273	-57.52179842	-0.19726417	-3.307099808
1980	9.865899681	56.07973397	48190.60374	-61.94466579	-0.223625229	-3.407297982
1985	9.581948183	56.06109854	47880.88041	-66.36753317	-0.249986288	-3.507496156
1990	9.289656836	56.04026635	47549.04274	-70.79040054	-0.276347347	-3.607694331
1995	8.989015642	56.0172374	47195.09074	-75.21326791	-0.302708406	-3.707892505
2000	8.6800246	55.9920117	46819.0244	-79.63613529	-0.329069466	-3.808090679
2005	8.36268371	55.96458924	46420.84372	-84.05900266	-0.355430525	-3.908288853
2010	8.036992972	55.92497003	46000.54871	-88.59733221	-0.2104447	-3.357198895
	-3.908288853	-0.355430525	-84.05900266			

Tablas de Variación Secular
D[°/año] I[°/año] F[N/T/año]
G. Caribe

MÉRIDA	D	I	F	dF	dl	dD
1950	7.4288577	51.4035875	47199.7978	-56.9864514	-0.45420698	-6.62206556
1955	6.8770189	51.3657369	46914.8655	-60.8265811	-0.52806121	-6.57219112
1960	6.32933631	51.3217318	46610.7326	-64.6667109	-0.60191543	-6.52231668
1965	5.78580992	51.2715722	46287.399	-68.5068406	-0.67576966	-6.47244224
1970	5.24643973	51.215258	45944.8648	-72.3469704	-0.74962388	-6.4225678
1975	4.71122575	51.1527894	45583.13	-76.1871001	-0.82347811	-6.37269336
1980	4.18016797	51.0841662	45202.1945	-80.0272299	-0.89733234	-6.32281892
1985	3.65326639	51.0093885	44802.0583	-83.8673596	-0.97118656	-6.27294448
1990	3.13052102	50.9284563	44382.7215	-87.7074894	-1.04504079	-6.22307004
1995	2.61193185	50.8413696	43944.1841	-91.5476191	-1.11889501	-6.1731956
2000	2.09749888	50.7481283	43486.446	-95.3877489	-1.19274924	-6.12332116
2005	1.58722212	50.6487325	43009.5073	-99.2278786	-1.26660346	-6.07344672
2010	1.08110156	50.5431822	42513.3679	-78.107165	-0.86040522	-6.34775614
	-6.07344672	-1.26660346	-99.2278786			

PUERTO JUÁREZ	D	I	F	dF	dl	dD
1950	6.29470337	52.8164454	47894.3174	-75.3560798	-1.14611924	-9.37695507
1955	5.51329045	52.7209355	47517.537	-76.9564181	-1.17648043	-8.98452487
1960	4.76458004	52.6228955	47132.7549	-78.5567564	-1.20684161	-8.59209467
1965	4.04857215	52.5223253	46739.9711	-80.1570947	-1.2372028	-8.19966446
1970	3.36526678	52.4192251	46339.1857	-81.757433	-1.26756399	-7.80723426
1975	2.71466392	52.3135948	45930.3985	-83.3577713	-1.29792517	-7.41480406
1980	2.09676359	52.2054343	45513.6096	-84.9581096	-1.32828636	-7.02237386
1985	1.51156576	52.0947438	45088.8191	-86.5584479	-1.35864754	-6.62994366
1990	0.95907046	51.9815232	44656.0269	-88.1587862	-1.38900873	-6.23751346
1995	0.43927767	51.8657724	44215.2329	-89.7591245	-1.41936992	-5.84508326
2000	-0.0478126	51.7474916	43766.4373	-91.3594629	-1.4497311	-5.45265306
2005	-0.50220035	51.6266807	43309.64	-92.9598012	-1.48009229	-5.06022285
2010	-0.92388559	51.5033397	42844.841	-84.1579405	-1.31310576	-7.21858896
	-5.06022285	-1.48009229	-92.9598012			

CHETUMAL	D	I	F	dF	dl	dD
1950	6.94503715	48.5521736	45579.8792	-59.7768803	0.07405621	-6.99673648
1955	6.36197578	48.558345	45280.9948	-62.5237046	-0.05286708	-6.8434304
1960	5.79168991	48.5539394	44968.3763	-65.2705289	-0.17979037	-6.69012433
1965	5.23417955	48.5389569	44642.0236	-68.0173531	-0.30671366	-6.53681825
1970	4.6894447	48.5133974	44301.9368	-70.7641774	-0.43363695	-6.38351218
1975	4.15748535	48.477261	43948.116	-73.5110017	-0.56056024	-6.2302061
1980	3.63830151	48.4305476	43580.5609	-76.257826	-0.68748353	-6.07690003
1985	3.13189317	48.3732573	43199.2718	-79.0046503	-0.81440682	-5.92359396
1990	2.63826034	48.3053901	42804.2486	-81.7514746	-0.94133011	-5.77028788
1995	2.15740302	48.2269459	42395.4912	-84.4982989	-1.0682534	-5.61698181
2000	1.6893212	48.1379248	41972.9997	-87.2451231	-1.19517669	-5.46367573
2005	1.23401489	48.0383267	41536.7741	-89.9919474	-1.32209998	-5.31036966
2010	0.79148408	47.9281517	41086.8143	-74.8844139	-0.62402188	-6.15355307
	-5.31036966	-1.32209998	-89.9919474			