

Antecedentes del estudio del campo magnético terrestre en Colombia.

Background to the study of earth's magnetic field in Colombia.

M. Sc Francisco Alejandro Medina Aguirre
Universidad Tecnología de Pereira, Pereira, Colombia
 Correo-e: famedina@utp.edu.co

Resumen— Desde la invención de la brújula hace algo más de 4500 años, esta ha despertado un halo mágico que deslumbra la humanidad por su naturaleza casi mágica e inspiradora. El campo magnético terrestre, generador del movimiento de la aguja de la brújula, tiene cada vez más un lugar importante de la vida humana y la del mundo moderno. Desde hace solo varios siglos, el hombre se ha preocupado de su monitoreo y la construcción de mapas que permitan ver su variación en lugar y tiempo. Colombia, no estando ajena a esta necesidad, posee una historia que enlaza científicos europeos con expediciones mundiales en busca de la construcción del mapa geomagnético. Este trabajo forma parte de la investigación iniciada por el grupo de investigación DICOPEP (Diseño de prototipos para experimentos en demostración) de la Universidad Tecnológica de Pereira en la construcción del sistema magnetométrico para la medición del campo magnético terrestre COLMAGNET.

Palabras clave— Campo Magnético Terrestre, Colmagnet, geomagnetismo, GPS, Magnetómetro, Observatorio de Fúquene, sensor.

Abstract— Since the invention of the compass a little over 4500 years ago, this one has sparked a magical aura that dazzles humanity by its very almost magical and inspiring nature. The Earth's magnetic field, which gives rise to the movement of the needle of the compass, is increasingly an important part of human life and the modern world. For only several centuries, man has been concerned with its monitoring and the construction of maps that lets him to watch its variation by place and time. Colombia, being aware of this need, has a history that links global expeditions and European scientists in search of the geomagnetic map construction. This paper is a part of the investigation initiated by the DICOPEP group of the Universidad Tecnológica de Pereira in building of the magnetometer system for measuring of the Earth's magnetic field (COLMAGNET).

Key Word— Colmagnet , Earth's Magnetic Field, Fúquene Observatory , geomagnetism, GPS, magnetometer, sensor.

I. INTRODUCCIÓN

A los largo de casi todas las diferentes eras geológicas, el campo magnético terrestre ha estado presente ocupando un lugar importante que solo hasta hoy se percibe. Este ha protegido a la tierra de las letales tormentas solares y los rayos cósmicos procedentes de todos los ángulos del universo.

Por alrededor de 200 años se han diseñado sistemas magnetométricos que permiten cuantificar el valor del campo magnético terrestre, pero hoy, más que nunca, existe la tecnología para desarrollar sistemas propietarios de muy alta resolución y bajo precio que apoyan el trabajo de los científicos en el laboratorio y la comunidad en general.

Las investigaciones realizadas por el grupo de investigación DICOPEP de la Universidad Tecnológica de Pereira para la elaboración de este documento, son de tipo descriptivo, ya que se pretende detallar el estado del arte Colombiano en cuanto el estudio del campo magnético terrestre.

Para esta investigación se recopiló información relacionada con el estudio del campo magnético terrestre en Colombia, cuales fueron sus inicios, que entidades de carácter oficial y privado se encargan de analizar la información del campo magnético en Colombia y para que sirven estos datos, que proyectos se están llevando a cabo, que permita aportar al análisis del campo magnético en Colombia, aunque este documento solo hace referencia a Colombia, también se tuvo en cuenta otras entidades que estudian el campo magnético a nivel mundial, una vez analizada y evaluada la información del estado del arte del campo magnético en Colombia y a nivel mundial, se diseñó un dispositivo electrónico que permite monitorear de forma sencilla el campo magnético de una determinada zona, también se desarrolló un software que permite hacer un tratamiento y análisis de los datos obtenidos por el dispositivo electrónico, por último se diseñó una base de datos que permite visualizar la información del dispositivo electrónico en tiempo real vía Web.

II. CONTENIDO

2.1 DEFINICIONES

2.1.1 CAMPO MAGNÉTICO

La fuerza que actúa sobre la aguja de una brújula se describe en términos de campo magnético, que forma un vector con la intensidad y la dirección de la fuerza en uno de los polos de un imán.

Se necesitan tres números para describir la fuerza en un punto dado, y naturalmente los números pueden escogerse de varias formas. Cualquiera que sea el sistema que se escoja, los tres números deben determinar completamente la fuerza en un lugar y tiempo dados. Una línea de fuerza es una curva cuya dirección da la dirección del campo en cada punto de la misma.

2.1.2 GEOMAGNETISMO

El geomagnetismo es un tema complejo, ya que las tres componentes del campo magnético (X , Y , Z) no sólo varían en cada lugar sobre la tierra sino también con el tiempo (X , Y , Z , t). La variación local de un lugar a otro es debida, en gran parte, a la magnetización de las rocas próximas a la superficie de la Tierra. Si, por ejemplo, una roca fundida se abre camino hasta la superficie y fluye como la lava de un volcán, se magnetizará al enfriarse en la dirección del campo geomagnético. Esta técnica puede usarse para determinar el magnetismo antiguo de una zona. Estas rocas magnetizadas producen una perturbación local en el campo magnético que es importante en la interpretación de los estudios detallados del magnetismo terrestre. Las rocas magnetizadas interesan aquí solo porque ayudan a representar el registro de la historia del campo magnético de la Tierra a lo largo de las diferentes eras de la misma. A través de este procedimiento se ha comprobado que el campo magnético de la Tierra ha variado no solamente en la forma que se ha visto cambiar con los últimos 400 años, sino también produciéndose inversiones frecuentes a intervalos de tiempo sorprendentemente cortos del orden de miles de años.

De una manera aproximada el campo fuera de la Tierra se asemeja al campo exterior de una esfera uniformemente magnetizada, o lo que es lo mismo, al campo interior de una esfera con un dipolo en su centro. A este tipo de campo se le llama campo dipolar y sus características pueden

verse en la figura 1.

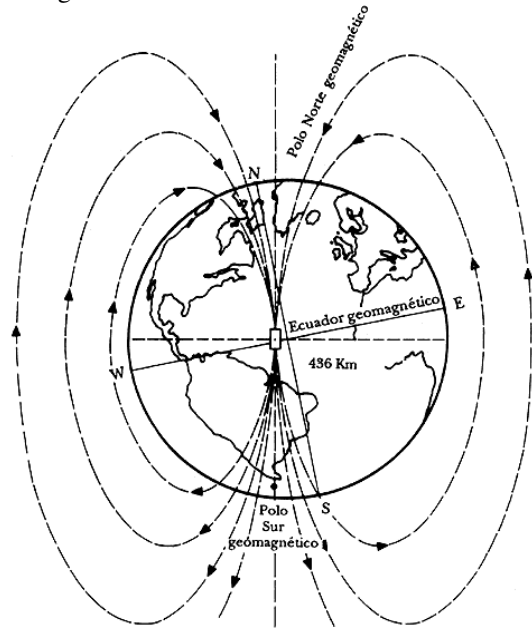


Figura 1. Líneas de fuerza del campo dipolar exterior a una esfera. La sección mostrada contiene los polos. La forma del campo dentro de la esfera depende de cómo se produce el campo.

2.1.3 CAMPO DIPOLAR

Un campo dipolar posee dos polos magnéticos y un ecuador magnético. En los polos la aguja magnetizada se coloca verticalmente y en el ecuador horizontalmente. El campo dipolar que mejor se ajusta al actual campo de la Tierra tiene sus polos separados aproximadamente 11 grados de los polos geográficos, estando el polo Norte al noroeste de Groenlandia. Esta semejanza entre el campo terrestre y el campo de una esfera uniformemente magnetizada fue indicada en un principio por William Gilbert de Colchester¹.

El ajuste del campo dipolar al campo terrestre es solamente aproximado. Existen áreas de unos pocos miles de kilómetros en las que el campo difiere sistemáticamente del campo dipolar, y en las que no se encuentra ninguna relación sencilla con la geografía o la geología. Algunos de los conjuntos de contornos cerrados están centrados sobre tierra y otros el océano; ninguno de ellos sigue la línea de la costa o de las grandes cadenas montañosas de una manera sistemática. La única excepción a esta falta de relación con la geografía, es una tendencia, del campo no dipolar, a ser menor sobre el Pacífico que sobre el resto de la Tierra.

¹ William Gilbert, (n. Colchester, Essex, 24 de mayo de 1544 - Londres, 10 de diciembre de 1603)

Las variaciones del campo en un lugar dado son considerables y rápidas. Las primeras mediciones de la declinación de la brújula se hicieron en Londres en 1580; la aguja apuntaba 11 grados hacia el este; en 1660 la declinación era de 0 grados; en 1820 era de 24 grados al oeste. Desde entonces ha retrocedido, apuntando ahora hacia 7 grados oeste. En la figura 2 se muestran estos cambios y los de la inclinación. El ritmo de las variaciones no sólo muestra que no tiene ninguna relación con la geología sino que se producen en una escala de tiempo muchísimo menor que el tiempo geológico.

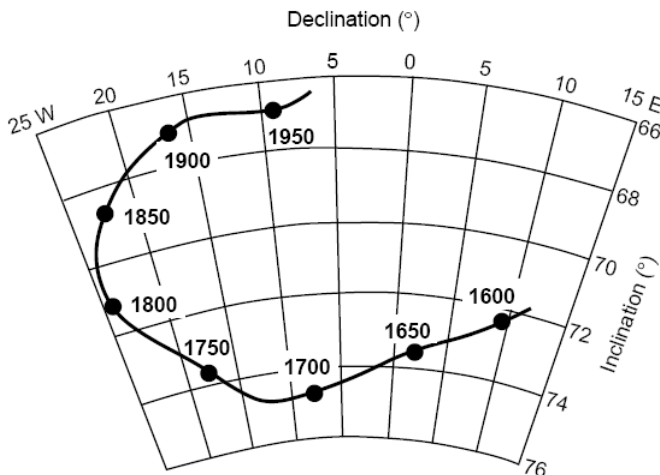


Figura 2. Cambios de la declinación del campo en Londres

En Londres, la brújula varió 35 grados en 240 años. En Cape Town², la componente horizontal del campo disminuyó en un 30 por ciento en 100 años. Estos cambios son muy grandes y, desde el punto de vista geológico, muy rápidos. Es inconcebible que puedan ocurrir a escala mundial grandes desplazamientos de materia o grandes cambios de temperatura en la parte sólida de la Tierra en tiempos tan extremadamente cortos sin la producción de grandes cataclismos.

Es posible demostrar que las características principales del campo geomagnético tienen todos su origen en el interior de la Tierra. Este resultado fue dado por Gilbert, que lo dedujo a partir de la analogía entre el campo terrestre y el de una esfera hecha de mineral de hierro magnético natural. La teoría que permite decir con seguridad, si los polos o corrientes que producen un campo, están dentro o fuera de una superficie cerrada, la desarrolló Johann Carl Friedrich

² Ciudad del Cabo (Inglés: Cape Town) es la segunda ciudad más poblada de Sudáfrica. Forma parte de la municipalidad metropolitana de Ciudad del Cabo. Es la capital de la Provincia Occidental del Cabo, así como la capital legislativa de Sudáfrica

Gauss³; todo lo que se necesita es efectuar mediciones de las tres componentes del campo en la superficie. En ella existen pequeñas y rápidas variaciones periódicas del campo, con períodos que van de un segundo a unos pocos años, que son de origen externo, debidas a corrientes que circulan en la alta atmósfera; en esta representación se ignoran, o se eliminan estos aportes. En la figura 3 se presenta una vista superior de la Tierra con las diferentes localizaciones de norte magnético durante los últimos 2000 años.

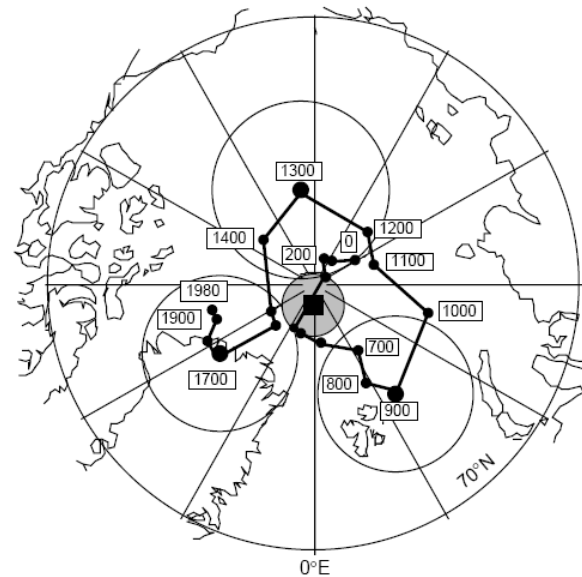


Figura 3. Variación de la localización del norte magnético en los últimos 2000 años

Puesto que el campo está originado en el interior de la Tierra, se debe buscar un origen profundo en el interior de la misma, en un lugar donde puedan producirse cambios rápidos. Este lugar obviamente, debe ser el núcleo terrestre, donde el material es fluido y se pueden esperar desplazamientos mucho más rápidos que los que pueden ocurrir por deslizamiento, en la parte sólida exterior de la Tierra [1] [2].

2.2 EL ESTUDIO DEL CAMPO MAGNETICO EN COLOMBIA

Alexander Von Humboldt hizo observaciones en sus viajes por América entre 1798 y 1803, y en Colombia realizó la primera determinación en 1801 de la declinación magnética de la cual se tiene noticia, encontrando para Bogotá una diferencia angular de 7 grados 36 minutos Este, entre el norte geográfico, determinado por observación astronómica, y el Norte Magnético[3].

En el año de 1868 los geólogos alemanes Guillermo Reiss y Alfonso Stubel, viajaron por Colombia, Ecuador y Perú,

³ Johann Carl Friedrich Gauss (30 de abril de 1777 - Brunswick, Alemania - 23 de febrero de 1855 - Göttingen, Hanover Alemania)

haciendo observaciones geológicas, geográficas y económicas y encontraron para Bogotá un valor de la declinación magnética de 6 grados 10 minutos Este, utilizando una brújula alemana de geólogo.

El primer colombiano que realizó una observación magnética en Bogotá fue el astrónomo Julio Garavito Armero, Director del Observatorio Astronómico Nacional, quien utilizó un magnetómetro inglés Negretti & Zambra y obtuvo en 1898 un valor de 4 grados 20 minutos Este. Reocupando la misma estación en 1909, encontró un valor de 3 grados 50 minutos Este, y en 1914 halló un valor de 3 grados 46 minutos Este. Hoy es célebremente reconocido por su imagen en los billetes de 20.000 pesos colombianos.

Posteriormente el geofísico norteamericano Wall, funcionario de la Institución Carnegie de Washington, en observaciones efectuadas en la navidad de 1922, encontró un valor de 3 grados, 41 minutos Este, para la ciudad de Bogotá.

En 1942 J. B. Campbell, geofísico de la U.S. Coast & Geodetic Survey, en colaboración con los ingenieros Colombianos Darío Roza y Tomás Aparicio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), determinaron con el magnetómetro No. 19, Coast & Geodetic Survey, la declinación magnética en Bogotá y calcularon un valor de 2 grados, 42 minutos Este.

En el año 1950 el ingeniero Clemente Garavito Baraya, Jefe de la Sección de Geofísica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, en colaboración con el geofísico J.A. Kozlowsky funcionario del Servicio Geodésico Interamericano IAGS, determinó la declinación magnética para Bogotá utilizando un magnetómetro marca Ruska de fabricación americana y encontró un valor de 2 grados 3 minutos Este.

El IGAC se vinculó a los estudios Geomagnéticos Internacionales, para lo cual programó instalar un observatorio geomagnético de registro permanente. Se escogió una pequeña isla en la Laguna de Fúquene, en cuya zona no se detectó ninguna anomalía magnética local y por demás preservaba al observatorio de una futura anomalía artificial.

En el año 1952 el IGAC adquirió la isla y construyó el observatorio geomagnético el cual consta de dos casetas: una para los variómetros de registro permanente y otra para las observaciones absolutas, las cuales cumplen las especificaciones internacionales. El observatorio se instaló con la colaboración del US Department of Commerce Coast and Geodetic Survey y del Interamerican Geodetic Survey. Su primer magnetograma se registró el día sábado 26 de septiembre de 1953 y se reveló el registro fotográfico al día siguiente, con las correspondientes gráficas de intensidad horizontal H, intensidad vertical Z y la

declinación D, con sus respectivas líneas de base y trazos horarios.

El ingeniero Clemente Garavito determinó también la declinación magnética en Bogotá para el año 1955 y encontró un valor de 1 grado 34 minutos Este. Para esta época elaboró una carta isogónica e isopórica, publicada en la revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Volumen IX No. 38, de marzo de 1957.

En 1965 el observatorio de Fúquene encontró para Bogotá un valor de 0 grados 47 minutos Este en su declinación [4].

El Geomagnetismo es un tema que se desarrolla en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC [5]. A través del estudio del campo magnético terrestre es posible conocer y enfrentar fenómenos que ocurren en el planeta, los cuales son realizados en los grandes centros internacionales, con el apoyo de los datos del observatorio de Fúquene.

El observatorio está situado en la Isla "EL SANTUARIO" de la Laguna de Fúquene a unos 100 kms al norte de Bogotá. Esta isla tiene 340 m de largo por 230 m de ancho y una altura máxima de 25 m en su parte más alta sobre la laguna. Según la mitología chibcha, Fúquene quiere decir: Fu: zorra, y Quene: lecho o permanencia. En el cuadro 1 se detallan los datos geográficos de su localización entregados por el grupo de trabajo del observatorio. El observatorio Fúquene depende del Instituto Geográfico Agustín Codazzi [6][7].

País:	Colombia
Departamento:	Cundinamarca
Coordenadas Geográficas:	Latitud 5° 28' 12_N
Longitud:	72° 44' 14_W
Altura:	2543 m.s.n.m.
Área de la Isla:	3.75 Hectáreas

Cuadro 1. Localización Observatorio de Fúquene

En la figura 4 se muestra una vista general de la laguna de Fúquene en el municipio de Cundicamarca, Colombia, el cual lleva su mismo nombre. La fotografía es tomada de Panoramio [8] con la ayuda de Google Herat [9].

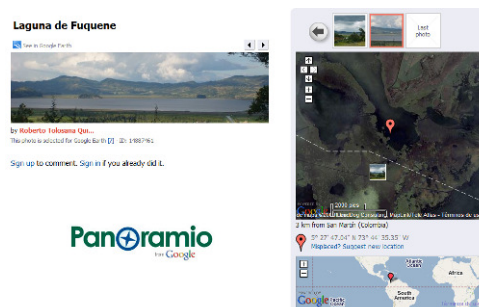


Figura 4. Vista general de la laguna de Fúquene en Cundinamarca

El Instituto Geográfico, para dar cumplimiento con lo acordado en la cuarta Reunión Panamericana de Consulta sobre Cartografía, celebrada en Buenos Aires en 1948, bajo los auspicios del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, IPGH [10], se dio a la tarea de estudiar varios sitios que reunieran todos los requisitos indispensables para establecer un observatorio de ésta índole, escogiendo el lugar que actualmente ocupa, ya que no presentaba perturbaciones magnéticas artificiales tales como la presencia cercana de líneas férreas, redes de alto voltaje o estructuras metálicas. Por otra parte, se realizó un estudio geológico a toda la zona para determinar la no existencia de material con características ferrosas que pudieran afectar el buen funcionamiento de los equipos.

Las diferentes instalaciones del observatorio se comenzaron a construir hacia el año de 1952, donde la caseta de variómetros se construyó según planos suministrados por U.S. COSAT and Geodetic Survey.

La caseta de valores absolutos se hizo como proyecto del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, de acuerdo con las especificaciones universales para esta clase de edificación. Todos los materiales que entraron en su construcción se probaron cuidadosamente y por lo tanto se garantiza que los edificios son totalmente antimagnéticos⁴. Una vez terminados los trabajos civiles, se realizaron las primeras pruebas de mediciones magnéticas y a mediados de 1953 comenzó a funcionar oficialmente en forma permanente el Observatorio Geomagnético de Fúquene, realizando mediciones de declinación (D), inclinación (I) y la componente horizontal (H); determinando las variaciones mediante los registros fotográficos obtenidos diariamente complementados con una serie de medidas absolutas realizadas con magnetómetros Askania y Ruska y un magnetómetro QHM, los cuales actualmente han sido reemplazados por magnetómetros Diflux con sensores, instalados en sus correspondientes casetas.

El equipo registrador Ruska y los variómetros fueron proporcionados por el Servicio Geodésico Interamericano de donde se obtiene un registro contínuo, denominado magnetograma, de las variaciones de la declinación, la intensidad vertical y la intensidad horizontal magnética.

Todas las instalaciones y equipos del Observatorio de Fúquene se verificaron a fines de 1954, bajo la dirección de Mr J.B. Townshend, técnico del U.S. COSAT and Geodetic Survey, en colaboración con Mr J.A. Koslosky, técnico

del Servicio Geodésico Interamericano y el ingeniero Clemente Garavito, jefe del grupo de geofísica del IGAC.



Figura 5. Imagen del magnetómetro Diflux utilizado por el Observatorio de Fúquene

Por su posición geográfica, el observatorio de Fúquene es uno de los pocos instalados en la región ecuatorial y sus datos son muy importantes tanto para las medidas del Campo Magnético Terrestre como para el estudio del efecto electromagnético generado en el Ecuador Magnético.

El objetivo del Observatorio de Fúquene es el de registrar continuamente la variación magnética local del campo magnético terrestre, como soporte para la calibración de los instrumentos magnéticos y reducción de datos que se obtenían en las estaciones de repetición.

Hoy en día existe una red mundial de observatorios magnéticos, encontrándose dentro de estos el de Fúquene, por lo tanto los datos obtenidos no solo son proporcionados para instancias académicas y de investigación, sino también para campañas cuyas actividades están comprometidas con el estudio del campo magnético terrestre, prospección geofísica, telecomunicaciones, etc.

Las observaciones absolutas complementadas con las medidas de variación registradas gráficamente, permiten calcular los valores del campo magnético para cualquier momento del año y cualquier sitio teniendo como referencia estaciones de repetición. Con toda la información adquirida en los observatorios de los diferentes elementos del Campo Magnético Terrestre se logran los resultados finales. Con estos últimos datos se puede obtener las cartas geomagnéticas para Colombia que son simplemente la representación en un mapa de las componentes magnéticas donde se puede apreciar su variación ya sea local territorial o globalmente y sirven de apoyo en la orientación de la cartografía nacional y como guía para la exploración y el estudio del campo magnético terrestre. Las

⁴ Material tal que contiene una aleación que no permanece magnetizada

últimas cartas geomagnéticas fueron elaboradas en 1990⁵. En estas se muestran las curvas isogónicas⁶, curvas isodinámicas⁷ y líneas isoclinas⁸. La información obtenida para estas gráficas se basó en los trabajos de 185 estaciones de repetición y el observatorio de Fúquene.

Además existe la posibilidad de vincular el observatorio de Fúquene al proyecto Intermagnet [11], el cual surge como una necesidad de algunas compañías de conocer el comportamiento del campo magnético, prácticamente en tiempo real, ya que, en los últimos años, se ha verificado que fenómenos como las tormentas geomagnéticas provocan un impacto directo sobre los sistemas eléctricos, electrónicos, de comunicación, de posicionamiento y biológicos debido a las corrientes inducidas, sobre estos sistemas, que pueden afectar su operación [6] [7].

2.3 EL PROYECTO COLMAGNET

El grupo de investigación Dicoped de la universidad tecnológica de Pereira, a través de una tesis de la maestría en instrumentación física, diseñó el proyecto COLMAGNET que tiene por objetivo principal diseñar e implementar un sistema para la medición y representación del campo magnético terrestre por medio de un sistema asistido por computador (Magnetómetro).

Este proyecto se elaboró básicamente en tres etapas:

la primera etapa consistió en diseñar un dispositivo electrónico que permita capturar la intensidad del campo magnético terrestre, este dispositivo consta de tres elementos, un sensor magnetométrico digital inteligente (el sensor HMR2300 Honeywell), un módulo Módulo GPS SiRFstarIII. MTI-6 de StarsNav, y un Sistema Integrado Inalámbrico ethernet Wiport.

El sensor magnetométrico digital inteligente (el sensor HMR2300 Honeywell) utiliza tres ejes para la detección de la intensidad y la dirección del campo magnético incidente. Los tres sensores magnetoresistentes de la compañía Honeywell están orientados en direcciones ortogonales para medir las componentes del vector campo magnético en sus ejes X, Y, y Z. El módulo GPS (Sistema de posicionamiento global) permite adquirir la ubicación geográfica de los datos capturados del sensor magnetométrico. El sistema Wiport, de la compañía Lantronix, permite comunicar los datos del sensor magnetométrico y el GPS a un software diseñado para

monitorear los datos capturados por el sensor y el GPS. La fotografía entregada en la figura 6, muestra una vista superior del sistema magnetométrico completo.

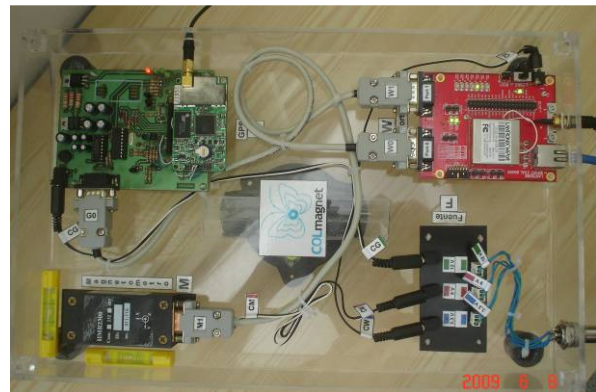


Figura 6. Sistema magnetométrico completo de Colmagnet

La segunda etapa consistió en desarrollar un software que permite monitorear la medición del vector campo magnético terrestre, para esto se diseñó un software que realiza el tratamiento a los datos capturados por el sensor y el GPS, realiza una copia de los datos en un equipo local y por último lanza los datos obtenidos por el dispositivo electrónico a un sitio Web, este aplicativo fue desarrollado en visual Basic punto Net.

La tercera etapa consistió en elaborar una base de datos que recopile la medición del campo magnético terrestre esta base de datos se encuentra en la Internet en el sitio Web <http://www.colmagnet.org>.

La figura 7 muestra el diagrama general del sistema magnetométrico. Los datos son recibidos a través de la trayectoria A y enviados de vuelta al router por B; finalmente, lanzados a la Internet por C y publicados en [colmagnet.org](http://www.colmagnet.org)

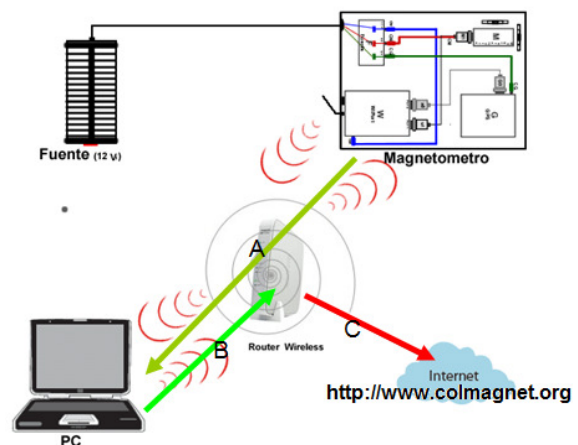


Figura 7. Diagrama general del sistema magnetométrico.

⁵ Según información entregada por el Observatorio de Fúquene

⁶ Curva donde todos los puntos tienen el mismo valor en su declinación

⁷ Curva donde todos los puntos tienen el mismo valor en su campo total

⁸ Curva donde todos los puntos tienen el mismo valor en su inclinación

2.3.1 Resultados obtenidos. Dentro de los principales resultados en la elaboración del proyecto Colmagnet del grupo de investigación DICOPEP se puede destacar lo siguiente:

Se diseñó un sistema para la medición y representación del campo magnético terrestre por medio de un sistema asistido por computador (Magnetómetro). Para cumplir con este objetivo se diseñó el dispositivo electrónico que permite capturar la intensidad del campo magnético, también se desarrolló un software que permite monitorear y almacenar los datos de la medición del vector campo magnético terrestre.

III. CONCLUSIONES

Colombia tiene un lugar importante en la historia del estudio del campo magnético terrestre, lo que ha dado la oportunidad de contar con uno de los observatorios más importantes en la zona ecuatorial a nivel mundial.

Pese a la importancia del observatorio de Fúquene, este requiere una actualización tecnológica que permita la creación de redes locales de observatorios que permitan observar el campo magnético terrestre en tiempo real a nivel de las universidades y la comunidad en general. Fúquene, a la fecha, no cuenta con una plataforma Web que permita obtener los datos de manera continua lo que deja la tarea de implementar una solución que se adapte a los estándares internacionales ajustados a los aspectos metrológicos de rigor que se exigen.

Tomando como base, el proyecto COLMAGNET elaborado por el grupo de investigación DICOPEP de la universidad tecnológica de Pereira se puede concluir, que es viable desde el punto de vista económico y tecnológico, el desarrollo equipos para el estudio y monitoreo del campo magnético terrestre en diferentes regiones de Colombia

El grupo de investigación DICOPEP de la universidad Tecnológica de Pereira obtiene como resultados principales. El Diseño de un dispositivo electrónico que permite capturar la intensidad del campo magnético terrestre, el desarrollo de un software que permite monitorear la medición del vector campo magnético terrestre, y el diseño de una base de datos que almacena la información campo magnético terrestre vía Web. La información almacenada en la base de datos cumple con los estándares internaciones que se exigen para la medición del campo magnético terrestre.

REFERENCIAS

- [1] R. Meissner, The Little Book of planet earth, Ed. Nueva York: Springer, 2002, ISBN 0-387-95258-6
- [2] D. Gubbins · E. Herrero Bervera, Encyclopedia of Geomagnetism And Paleomagnetism, Ed. Springer, 2007, ISBN 978-1-4020-3992-8
- [3] http://www.sogeocol.edu.co/documentos/var_cam_mag.pdf en línea el 16 de mayo de 2009
- [4] Honeywell, Smart Digital Magnetometer HMR2300 [En línea] disponible en: <http://www.ssec.honeywell.com/magnetic/datasheets/hmr2300.pdf> (Consultado el 6 de junio de 2009)
- [5] <http://www.igac.gov.co> en línea el 16 de mayo de 2009
- [6] C. Garavito, Variación del campo magnético terrestre en Bogotá, desde 1801 hasta 1988, Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia Volumen 39, 1988-1989 No. 122-123
- [7] J. A. Avendaño, Observatorio Magnético de Fúquene, Bogotá, documento electrónico, Mayo de 2009
- [8] <http://www.panoramio.com/photo/14887461> en línea el 16 de mayo de 2009
- [9] <http://earth.google.es/> en línea el 16 de mayo de 2009
- [10] <http://www.ipgh.org/> en línea el 21 de mayo de 2009
- [11] http://www.intermagnet.org/Welcom_e.html en línea el 16 de mayo de 2009