

# Sistema de georreferencia para posicionamiento azimutal de antenas<sup>1</sup>

Geo-reference system for azimuthal positioning of antennas

L. Torres<sup>2</sup>  
G. Vargas<sup>3</sup>

## Resumen

En este artículo se encuentra el diseño de un sistema de georreferenciación azimutal. Con objetivo, de ser utilizado a futuro en la estación terrena satelital de Tunja. El dispositivo presenta un ángulo de desfase, que difiere del valor real; la desigualdad es escasa, pero a medida que aumenta el desfase, aumenta la diferencia, este resultado está implícito con campos magnéticos externos. Se optó por escoger materiales económicos, los cuales satisfacen los requerimientos mínimos de diseño, eligiendo así el sensor HMC5983 y el microcontrolador PIC16F873A, con el propósito de crear un primer prototipo.

**Palabras clave:** Azimut, elevación, referencia, satellite, campo magnético.

## Abstract

This paper is the design of an azimuthal georeferencing system. With objective, to be used in the future in the satellite earth station of Tunja. The device has a phase angle, which differs from the real value; inequality is scarce, but as the gap increases, the difference increases, this result is implicit with external magnetic fields. It was decided to choose economical materials, which satisfy the minimum design requirements, choosing the HMC5983 sensor and the PIC16F873A microcontroller, with the purpose of creating a first prototype

**Keywords:** Azimut, elevation, reference, satellite, magnetic field.

---

<sup>1</sup> Documento elaborado el 31 de mayo del 2017. Este documento es soportado por las normas IEEE, y se anexa como documento a la Facultad de posgrados Seccional Sogamoso, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

<sup>2</sup> Ingeniero Electronico. Actualmente es estudiante de Especialización en Telecomunicaciones en la UPTC, Boyacá, Colombia. (e-mail: luisabner.torres@uptc.edu.co).

<sup>3</sup> Ingeniero Electronico. Actualmente es estudiante de Especialización en Telecomunicaciones en la UPTC, Boyacá, Colombia. (e-mail: @uptc.edu.co).

## I. INTRODUCCIÓN

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia cuenta con una estación terrena satelital, para el seguimiento de satélites de órbita baja, dispone con sistemas de antenas que permite establecer la comunicación con dichos satélites. Esto hace necesario conocer la posición exacta de la antena con una referencia específica, la cual en este caso es el norte magnético para mediciones en azimut. La estación cuenta con rotores para el movimiento de las antenas, pero no cuenta con un sistema de posicionamiento para controlar el movimiento de cada rotor, lo que hace imperativo el diseño de un sistema de georreferenciación respecto al norte magnético. Se propone a través del conocimiento e identificación de las necesidades del sistema de georreferenciación, diseñar un dispositivo sencillo que dé solución a dichas carencias de manera simple, eficiente y económica.

Para entender la importancia de la georreferenciación, es inherente algunos conceptos básicos: los satélites se pueden clasificar de acuerdo a su órbita o altura orbital. Existen los satélites geostacionarios, los cuales tardan 24 horas en dar una vuelta a la tierra, motivo por el cual reciben su nombre. Estos se encuentran a una altura media de 36000 Km [1]. Para recibir las emisiones de un satélite hay que tener en cuenta la determinación del azimut, la elevación y la polarización de la antena.

El azimut indica el punto exacto en el que se debe fijar la antena en el plano horizontal, este se mide con respecto al norte geográfico o magnético en el sentido de las manecillas del reloj [2] [3]. Según el norte magnético; el campo magnético generado por la Tierra, aporta el 90% del campo magnético medido en la superficie, y no es constante en magnitud ni en dirección [4]. Hay varias maneras de medir el campo magnético, una de ellas es usando sensores de efecto Kerr Magnetoóptico. Es un efecto óptico, en el cual, una radiación luminosa presenta cambios en sus características al propagarse a través de un medio en presencia de un campo magnético [5]. En el diseño se utilizó un sensor tipo magnetorresistivo de referencia HMC5983; tiene la propiedad de cambiar la resistencia de un material conformado por una película de níquel-hierro. La construcción en estado sólido de este sensor está diseñado para medir tanto la dirección como la magnitud de los campos magnéticos, de mili gauss a 8 gauss [6].

Lo llamativo de este proyecto, radica en la sencillez de su diseño. Lo esencial, corresponde a las bases de programación de microcontroladores, entendimiento del estándar en comunicación *I C*, conocimientos básicos en relación con el campo magnético terrestre, y sobre todo, entender por qué es importante el uso del ángulo azimutal. No es extenuante la metodología que conlleva a la creación del dispositivo de posicionamiento. Utilizando una simple interfaz gráfica, se visualizó las componentes del campo magnético en los ejes X, Y y Z, siendo estas de gran importancia, debido a que estiman el valor del ángulo de desfase con respecto a norte magnético.

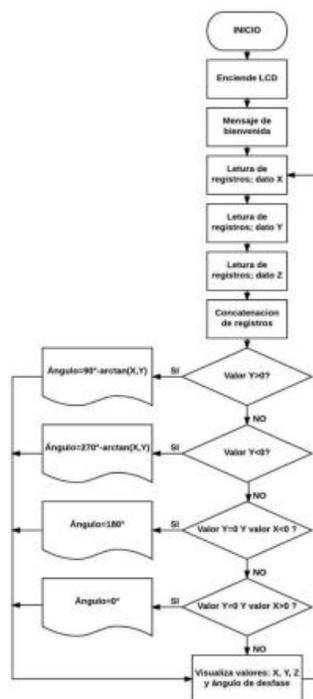
## II. DISEÑO

En primera instancia; se identifica un modelo guía, el cual, describe el diseño y construcción, de un sistema de orientación por medio de una brújula electrónica [8]. El sensor seleccionado cumple en gran medida con los mínimos requisitos de diseño; el dispositivo HMC5983 tiene sensores magnetorresistivos de alta resolución, con un convertor análogo a digital (ADC) de 12 bits [6]. El bloque de control lo compone el microcontrolador de referencia PIC16F876A; es un pic de gama media, cuenta con el protocolo de comunicación *I2C*, esencial para la comunicación con el sensor. Un display lcd 16x2 es empleado para realizar una sencilla interfaz maquina usuario.

### A. Diagrama de flujo, de bloques y circuito esquemático

La organización del modelo a realizar, es primordial en cualquier diseño. Es menester, al programar un microcontrolador, el uso del diagrama de flujo, ilustrando secuencialmente el orden de ideas; el algoritmo empleado cobra forma para dar origen al código fuente. De igual importancia, el funcionamiento interno del prototipo: sistema de posicionamiento azimutal, el cual, es representado gráficamente, por medio del diagrama de bloques.

Fig. 1. Diagrama de flujo del sistema de georreferencia. Fuente: autor.



El orden de operaciones sistemáticas se ve plasmado en la Fig 1. La cual, muestra a grandes rasgos el algoritmo usado en la programación del microcontrolador, resaltando los procedimientos de lectura de datos y procesamiento de los mismos. El algoritmo describe la secuencia de operaciones que permiten la visualización numérica del desfase respecto al norte magnético.

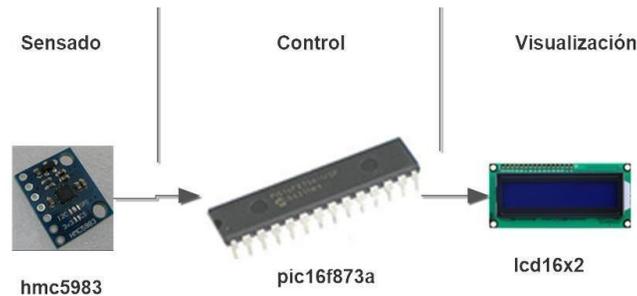


Fig. 2. Diagrama de bloques del sistema de georreferencia. Fuente: autor.

En la Fig 2, se encuentra el modelo del prototipo de posicionamiento, dividido en tres secciones: la sección de sensado, de control y de visualización. El dispositivo HMC5983 adquiere los datos de campo magnético, por medio sensores anisotrópicos magnetorresistivos, hechos de una película delgada de níquel-hierro (Permalloy), y modelados como un elemento de tira resistiva [6]. La sección de control está compuesta por el microcontrolador PIC16F873A, cumple con requisitos como: ser de gama media, contar con los elementos mínimos para la comunicación por protocolo *I2C*, además posee periféricos adecuados para comunicación inalámbrica (para futuras aplicaciones). La visualización es efectuada por el display Lcd 16x2; tiene la función de servir como interfaz entre el dispositivo y el usuario.

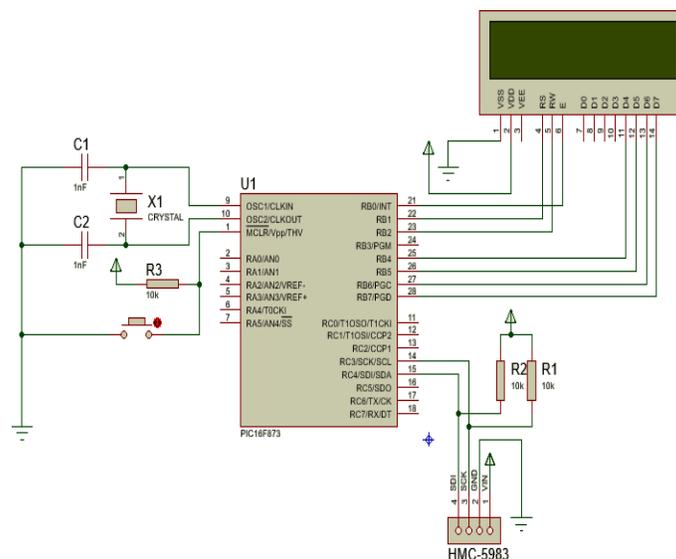


Fig. 3. Circuito esquemático del sistema de georreferencia. Fuente: autor.

En la figura 3 se observa el circuito esquemático. En él se representa la conexión entre los diferentes elementos que componen el modelo diseñado.

### B. Adquisición y acondicionamiento.

Para que el microcontrolador pueda adquirir datos, es de vital importancia el uso del protocolo *I2C*; la metodología de comunicación de datos del bus *I2C* es en serie y sincrónica [9], de tipo maestro esclavo(s), o multi maestro esclavo(s).

Una de las señales del bus marca el tiempo (pulsos de reloj) y la otra se utiliza para intercambiar datos [8], por lo cual, se dice que es un protocolo a 2 hilos. El PIC16F873A cumple con dicho protocolo; el PIC que es el maestro, envía una secuencia de inicio, luego envía la dirección del dispositivo esclavo (sensor HMC5983). Lo siguiente, es enviar la ubicación interna o número de registro desde el que desea leer o al que va a escribir [9],[10]. Al remitirse a la hoja de especificaciones del sensor se encontrará un ejemplo de configuración, donde, se identifica los registros a leer o escribir. Se utilizó lenguaje C con CCS compiler, con el fin de programar el método de adquisición en el microcontrolador. La Fig 1 muestra parte del proceso de adquisición; indica que registros se leen, con el fin de obtener los datos del sensor.

Para que el sensor actúe de manera adecuada, es imperativo acondicionar los datos otorgados por este. El microcontrolador recibe 6 variables tipo vector, cada una de 8 bits; la lectura de cada dato se compone de 2 registros, uno identificado como MSB y el otro como LSB. El valor almacenado en estos dos registros es un valor de 16 bits en forma de complemento a 2, cuyo rango es 0xF800 a 0x07FF [6], [7]. Cada dato revela la intensidad de campo magnético en los ejes X, Y y Z. Se requiere obtener el valor real de cada dato, en cuyo caso, los registros son concatenados. En este proyecto, solo los datos X y Y son requeridos, por consiguiente, para hallar el desfase magnético en grados: si Y es mayor a cero, el desfase será 90 menos arcotangente de X dividido en Y; si Y es menor a cero, el desfase será 270 menos arcotangente de X dividido en Y; si Y es igual a cero y X menor a cero, el desfase será de 180°; si Y es igual a cero y X mayor a cero, el desfase será de 0°, esto es evidenciado en la Fig 1.

### III. RESULTADOS

Para la validación de los datos se utilizó la aplicación android “brújula” de un celular. Los valores del prototipo no coinciden con exactitud, pero se acercó a la cifra real.

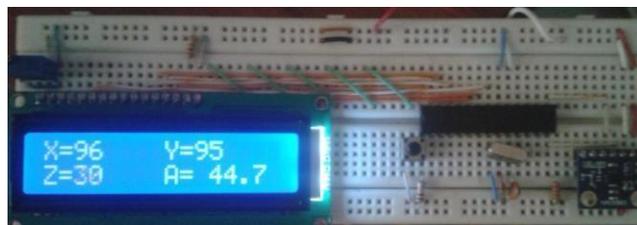


Fig. 4. Foto del prototipo de posicionamiento azimuthal, ensamblado en

Tabla 1. Comparación de los valores entre aplicación Android y prototipo de posicionamiento.

TABLA I	
Comparación de valores	
Angulo en grados [aplicación android]	Angulo en grados [prototipo de posicionamiento]
0°	10°
65°	52°
120°	103°
264°	210°

Con los datos obtenidos, se creó la TABLA I. Compara los valores resultantes entre la aplicación Android y el prototipo de posicionamiento. Los ángulos de desfase no son exactos; a medida que aumenta el desfase, aumente la diferencia entre los dos valores, posiblemente por problemas de calibración y/o interferencia de campos magnéticos externos. El desfase del dispositivo puede ser solucionado con ajustes matemáticos y de factores externos. La unidad queda a disposición del equipo de la estación terrena satelital, para su ajuste y final aplicación.

#### IV. CONCLUSIONES

La meta de crear un primer prototipo fue alcanzada, permitiendo visualizar los valores de las componentes de campo magnético en los ejes X, Y y Z, de igual forma el ángulo de desfase. Gracias al estándar de comunicación a dos hilos I2C, la comunicación entre el sensor HMC5983 y el microcontrolador PIC16F873A fue exitosa, admitiendo la adquisición de datos del sensor al microcontrolador. El sistema de georreferenciación diseñado, muestra el desfase en grados con respecto al norte magnético con un error, probablemente debido a campos magnéticos externos, el cual a futuro será solucionado.

#### REFERENCIAS

- [1] Unknow (2017, 01 Junio). Tipos de Satélites [Online]. Available: <http://gabnav.coolinc.info/p3.htm>
- [2] diesl.com (2017, 30 Mayo). Azimut [Online]. Available: <http://www.diesl.com/azimut/>
- [3] CFGM de Equipos Electrónicos (2017, 30 Mayo). Apuntamiento de Antenas Satélite y Canales [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/equiposdeimagengmfp/1-transmission-de-television/2-antenas-de-television/apuntamiento-de-antenas-satlite>
- [4] A. I. Durán. (2012, Oct.) ¿Cuál es el origen de nuestro campo magnético?. Tecnociencia. [Online]. 5(1), 107-117. Available: [http://www.sibiup.up.ac.pa/otros-enlaces/tecnociencias/Vol.%205\(1\)/Tecnociencia%20Articulo%208%205\(1\)%2003.pdf](http://www.sibiup.up.ac.pa/otros-enlaces/tecnociencias/Vol.%205(1)/Tecnociencia%20Articulo%208%205(1)%2003.pdf)
- [5] J. I. Torres and B. Cruz. (2008, Jun.) Descripción e implementación de un magnetómetro kerr convencional. Scientia et Technica. [Online]. 1(38), 83-88. Available: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/3671/2061>.

[6] Honeywell. (2017, abril). 3-Axis DigitalCompass HMC5983 [Online]. Available: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/533072/HONEYWELL/HMC5983.html>

[7] J. Ramirez Montoya, G. Martinez Flórez, "Comparación de estimadores no paramétricos frente a los paramétricos para la función de confiabilidad," *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, vol. 15, no.2, pp. 15-24, Julio 2015. DOI: <https://doi.org/10.19053/1900771X.4246>