

Magnetómetro

1.1. Objetivos

El objetivo de estas pruebas es comprender y caracterizar el magnetómetro de 3 ejes Honeywell HMC5583, incorporado para asistir en la determinación de la orientación absoluta del cuadricóptero.

1.2. Materiales

- Mesa de madera de 1.5m de largo.
- Laptop.
- Hilo y clavos.
- Mesa nivelable.
- Cubo de lapacho
- IMU “Mongoose” de CKDevices, con un HMC5583.
- Foto satelital, con información sobre coordenadas.
- Mesa nivelable, con una superficie que se pueda inclinar en ángulos conocidos.
- Escuadra

1.3. Procedimiento

El modelo adoptado para relacionar las medidas de campo magnético sin calibrar con las medidas calibradas es idéntico al utilizado a la hora de calibrar el acelerómetro y el giróscopo, el procedimiento utilizado es el descrito por ???. Se toma una serie de medidas de campo magnético terrestre en diversas orientaciones. Para asegurar la calidad de los datos es recomendable tomar medidas distribuidas uniformemente en todas las direcciones. Dado que el campo es constante, la gráfica de las medidas anteriores debería resultar en una esfera con centro en el origen de radio igual al módulo del campo magnético de la Tierra. Al no tener un sensor calibrado el resultado será un elipsoide. Se utilizó un algoritmo desarrollado por *Alain Barraud* para realizar la calibración, dicho algoritmo no es otra cosa que la implementación de la minimización presente en el método propuesto.

Una vez calibrado el sensor se procede a verificar la exactitud que ofrece el mismo para determinar la orientación de la plataforma. Con dicho objetivo se ubica la plataforma alineada en una dirección conocida, sobre una mesa nivelada (de forma que se encuentre paralela a la superficie de la Tierra). Se toman las medidas del campo magnético para distintas orientaciones.

Cabe aclarar que el Norte magnético no se corresponde con el Norte geográfico en toda la Tierra, sino que por el contrario (dependiendo de la región del mundo) presenta una declinación. Es decir que tenemos una componente del campo magnético en la dirección Oeste-Este además de la componente Sur-Norte. La declinación es diferente en cada punto de la Tierra. En particular en Uruguay la misma es de $-9,74^\circ$ según la convención mundial, es decir que el Norte magnético se encuentra $9,74^\circ$ al Oeste del Norte geográfico.

1.4. Resultados y Análisis

En la figura 1.1a se observan graficadas las medidas de campo magnético con el sensor descalibrado en los ejes solidarios a la plataforma. Como era de esperarse en la medida con el sensor descalibrado no se obtiene una esfera, esto se debe a que las ganancias en cada eje no son las adecuadas. Por otra parte los ejes principales tampoco son colineales con X_q , Y_q y Z_q . Debido a los *offset* en cada dirección el centro del elipsoide no concuerda con el origen. En la figura 1.1b tenemos las medidas de campo magnético con el sensor calibrado. En primer lugar es interesante destacar que se tiene una esfera centrada en el origen, por lo tanto la calibración puede calificarse de exitosa. La magnitud que medimos luego del proceso de calibración se encuentra normalizada. Dado que utilizaremos dicho sensor para determinar una orientación, nos interesan simplemente las relaciones entre las componentes medidas en cada eje del sensor, por lo tanto trabajar con las medidas normalizadas arroja el mismo resultado que trabajar con las medidas de campo en Teslas o Gauss.

La relación que se obtiene entre la medida del sensor descalibrado y el calibrado es:

$$m_{calib} = U(m - c) \quad (1.1)$$

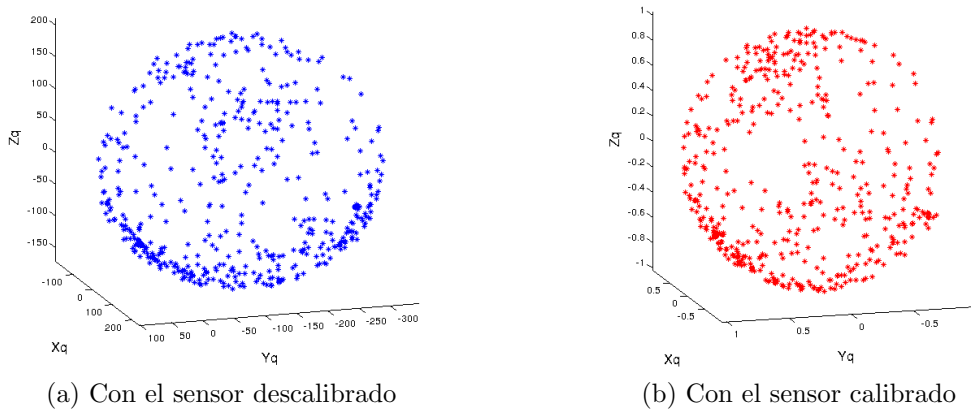


Figura 1.1: Medias de campo magnético Terrestre

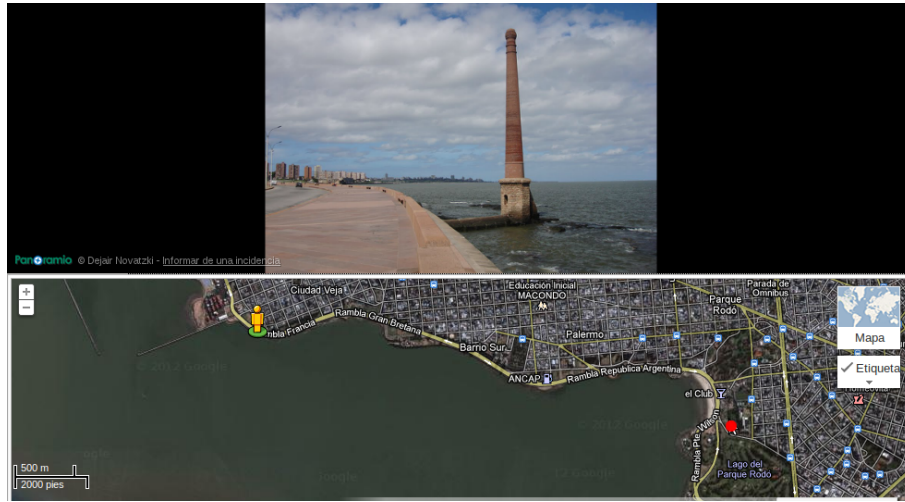


Figura 1.2: Mapa de la costa de Montevideo

donde

$$U = \begin{pmatrix} 0,00473160006403247 & -2,18916898319836 \times 10^{-5} & 0,000309423482503981 \\ 0 & 0,00455025410014059 & 7,83170752308679 \times 10^{-5} \\ 0 & 0 & 0,00534686558080686 \end{pmatrix}$$

$$c = (23,3152609806586 - 126,62445961795819, 0429011162953)$$

Luego de calibrado el sensor se quiere determinar la capacidad que tiene el mismo de proporcionar una adecuada orientación. Con dicho fin se utiliza la tabla larga para alinear el sensor en una dirección en particular. La ubicación donde fue realizado el experimento se encuentra marcada aproximadamente con la marca roja en la figura 1.2. El objeto elegido para realizar la alineación es el que se muestra en la parte superior de la figura 1.2, su ubicación es la indicada por el “muñeco” en la figura 1.2.

Del mapa de la Intendencia de Montevideo ¹ se obtienen las coordenadas de los puntos seleccionados. El punto en que fue realizado el experimento es el (576039,6135625)

¹<http://sig.montevideo.gub.uy/mapas/mapa-principal>

Rotación	Orientación z		Orientación x		Orientación y	
	ángulo medido	ángulo teórico	ángulo medido	ángulo teórico	ángulo medido	ángulo teórico
0	-20.25	11.39	162.77	168.61	-15.33	-11.39
30	12.69	18.61	191.38	198.61	14.54	18.61
45	27.93	33.61	205.84	213.61	29.97	33.61
60	42.93	48.61	219.68	228.61	43.42	48.61
90	75.56	78.61	248.96	258.61	72.14	78.61
180	163.57	168.61	334.25	348.61	156.95	168.61

Cuadro 1.1: Ángulos medidos y teóricos en las distintas posiciones

y el punto con el cual se alinee es el (572118,6136415). El ángulo de la recta que une los dos puntos medido respecto del eje Sur-Norte es de $78,6^\circ$ al Oeste.

Se trabajó con tres *sets* de orientaciones.

- Orientación z. Se ubico el eje Z_q (la orientación estará definida por el ángulo entre la dirección Norte y este vector) perpendicular a la superficie de la Tierra y perpendicular a la dirección definida. X_q se ubica perpendicular a la superficie de la Tierra. Luego se rotó la plataforma en sentido anti-horario 30,45,60,90,180 grados.
- Orientación x. En este caso el eje $-X_q$ ocupa el lugar que tenía el eje Z_q . El eje que se ubica perpendicular a la superficie de la Tierra es Y_q . Se rotan los mismos ángulos que en el experimento anterior.
- Orientación y. El eje Y_q es el vector de orientación y el eje $-Z_q$ se ubica perpendicular a la superficie de la Tierra.

En la tabla 1.1 se presentan los resultados obtenidos para cada orientación.

El error promedio obtenido es $\mu = 6,83^\circ$, la desviación estándar obtenida es $\sigma = 2,95^\circ$