



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCION

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES



XII JORNADA DE JOVENES INVESTIGADORES

**DESARROLLO DE ESTACION DE BAJO COSTO PARA MONITOREO DE CAMPO MAGNETICO
TERRESTRE**

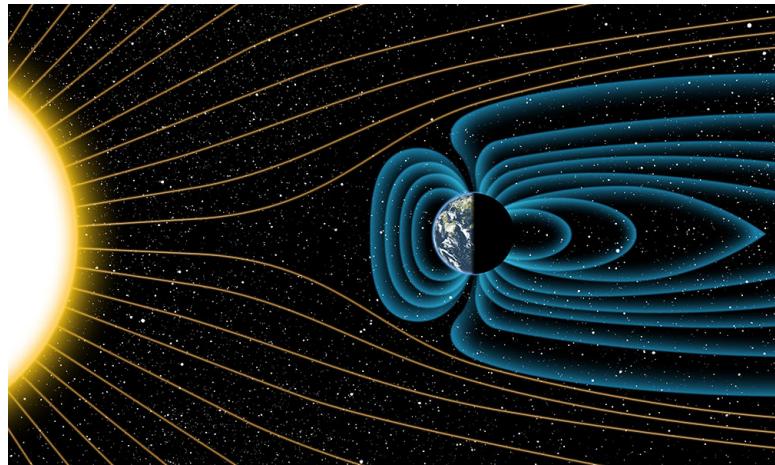
Autores:

- Gaspar Aníbal Acosta
- Gustavo Eduardo Mereles Menesse

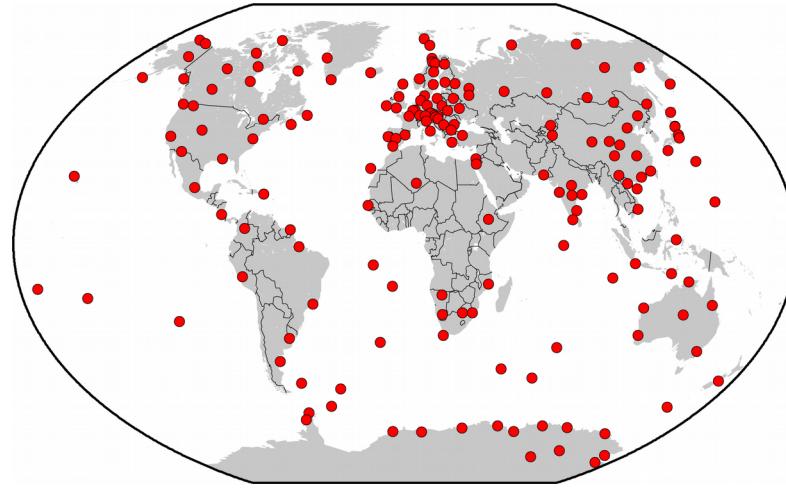
Tutor: Prof. Tomas Rolon

Departamento: Física

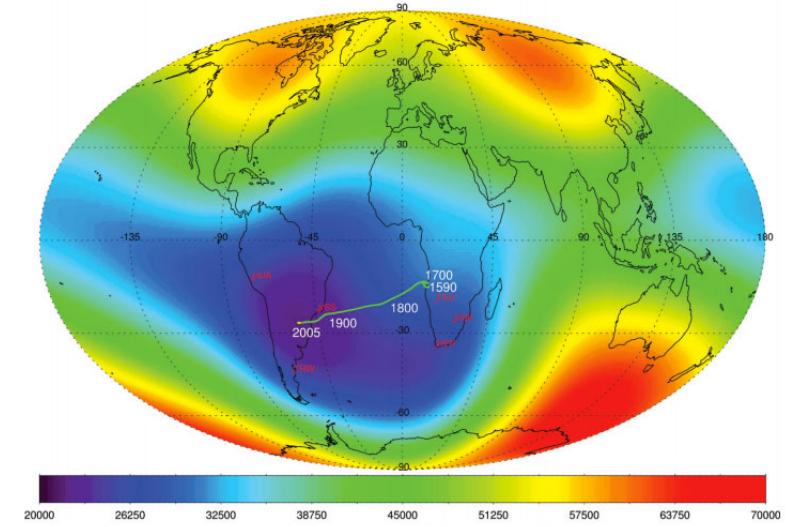
INTRODUCCION



Campo magnético terrestre y clima espacial

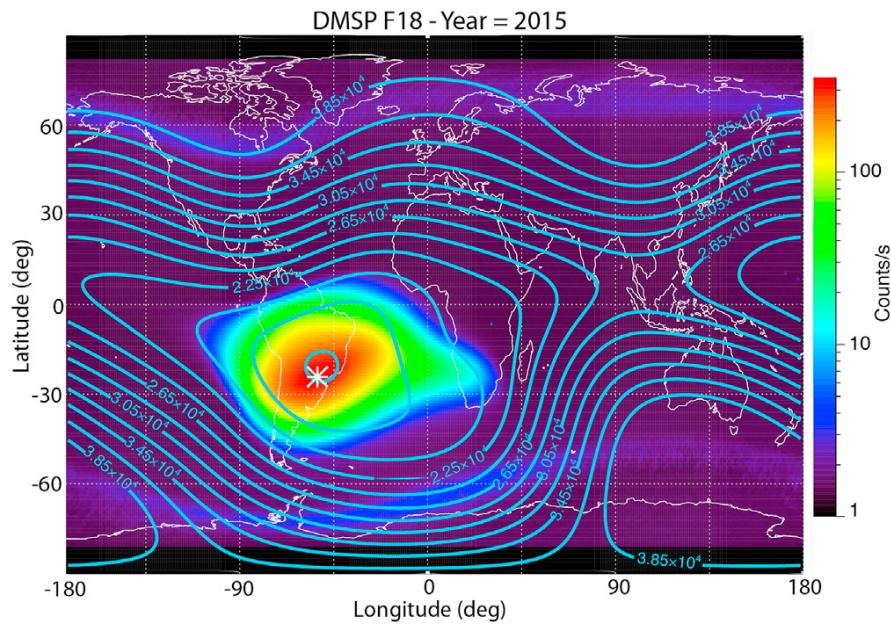


Observatorios a lo largo del globo



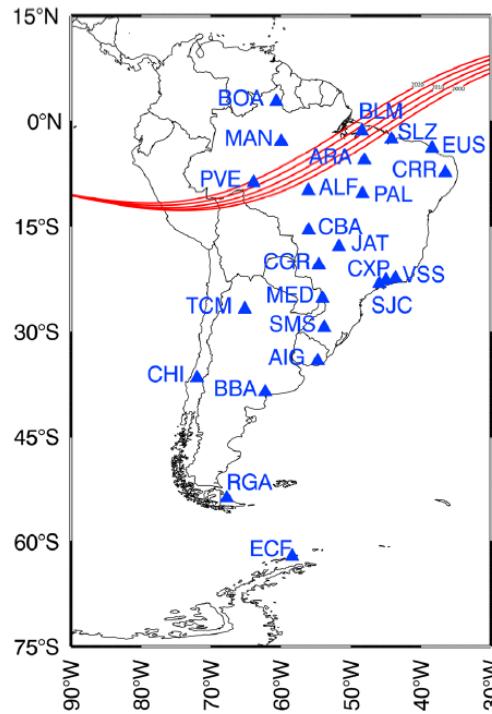
Anomalía del Atlántico Sur (SAA)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Flujo de partículas que penetra el campo magnético

Fuente: Anderson y Borisov (2017); Denardini et. al (2018).

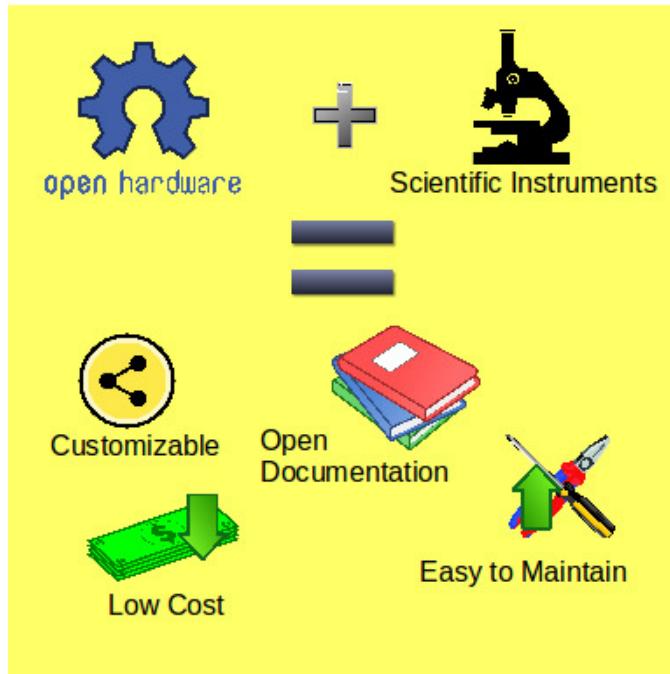


Paraguay no cuenta con un observatorio geomagnético

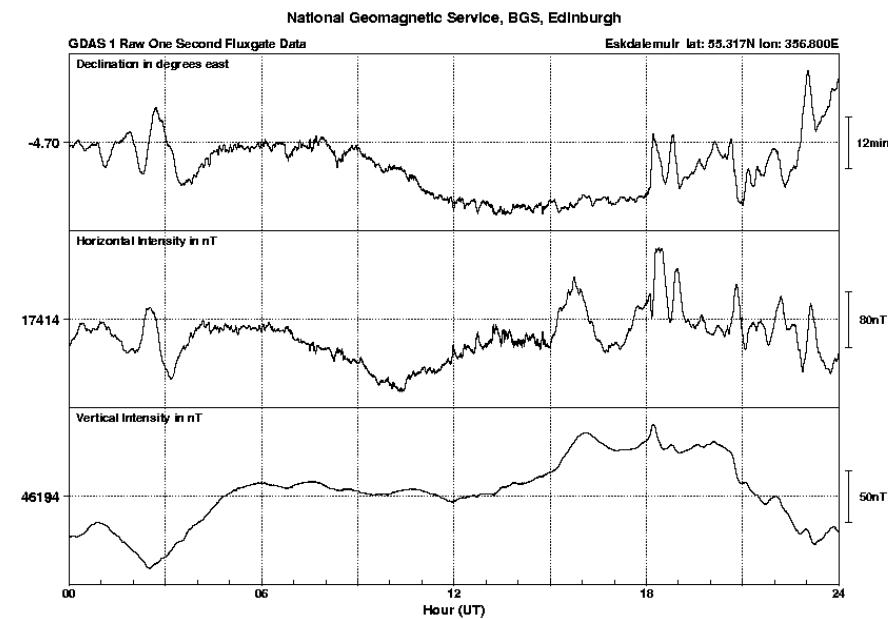


Alto costo de instrumentación científica

JUSTIFICACION



**Experiencia respecto a
hardware y software libre
para instrumentación
científica**



**Datos locales para futuros
trabajos**

OBJETIVOS

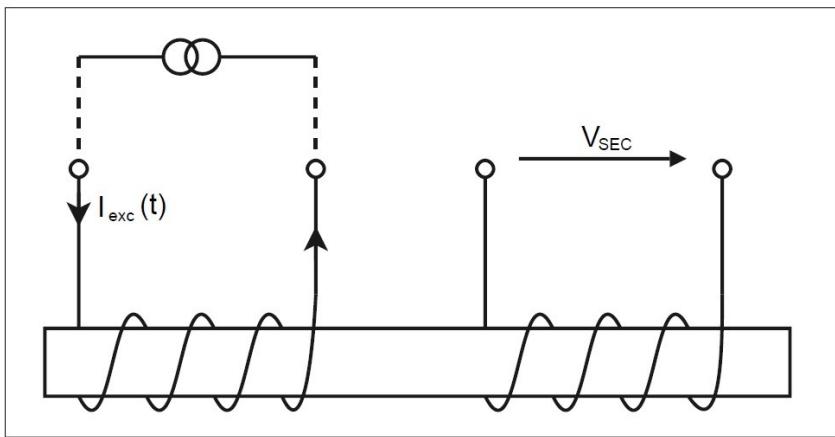
Objetivo General

- Desarrollar una estación de monitoreo del campo magnético terrestre con instrumentación de bajo costo.

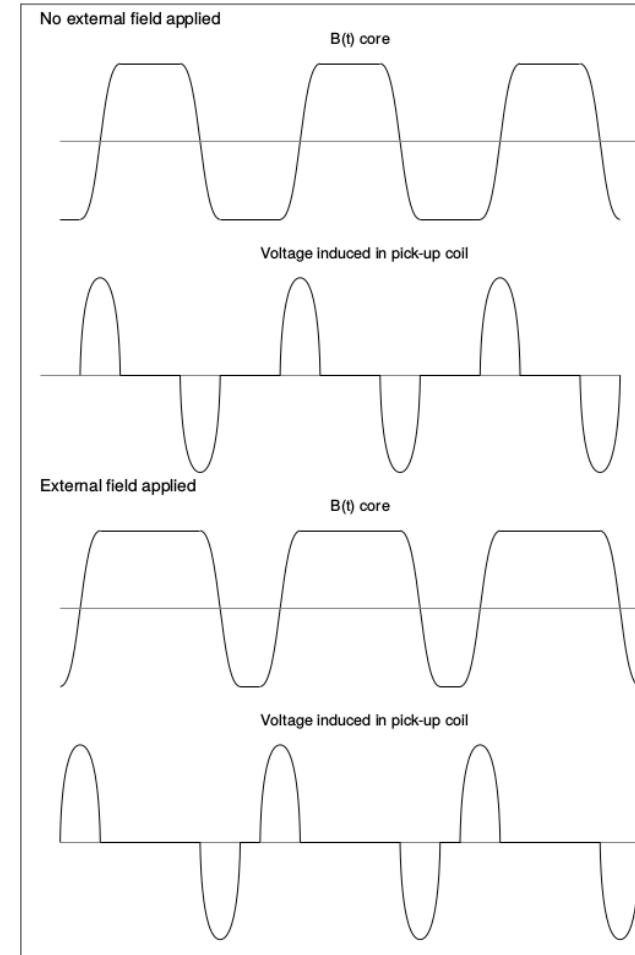
Objetivos Específicos

- Determinar la sensibilidad y precisión del flux-gate magnetometer de bajo costo.
- Diseñar un sistema electrónico de soporte para el sensor utilizando software y hardware libre.
- Validar los datos obtenidos por la estación mediante comparación con datos regionales.
- Determinar la robustez de la estación de monitoreo.

MARCO TEÓRICO



Magnetómetro flux-gate básico



Señal en ambas bobinas

Fuente: Forslund (2006)

MARCO TEÓRICO

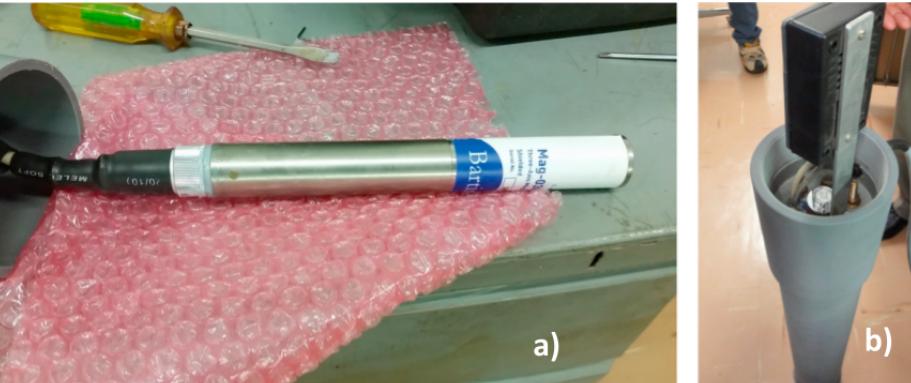


Table 1
Basic Characteristics of the Fluxgate Magnetometers of the Embrace MagNet

Description	Range/values
Total measurement range	$\pm 75,000$ nT
Dynamic range, three selectable	± 250 , 1,000, and 2,500 nT
Maximum resolution	0.1 nT
Accuracy	0.25%
Orthogonality	<0.5°
Offset at 25°C, 1 atm	<1 nT
Zero drift	<0.1 nT/°C
Operating temperature	-20°C to +75°C

Specifications

Analog output:	± 10 V
Dynamic range:	User specified
Resolution:	0.1 nT
Compensation field range:	+64 000 nT
Compensation field steps:	150 nT
Misalignment of sensor axis:	< 2 mrad
Long time drift:	< 3 nT/year
Temp. coeff. of sensor:	< 0.2 nT/°C
Temp. coeff. of electronics:	< 0.1 nT/°C
Resolution of temperature:	0.1 °C
Band pass:	DC to 1 Hz

Spec. of optional suspension

Range of compensation: ± 0.5 °
Factor of compensation: > 200

General information

Size of sensor:	190 x 190 x 190 mm
	9.5 kg
Size of suspended sensor:	250 x 250 x 550 mm
	20 kg
Size of electronics:	160x90x360 mm
	3.0 kg
Power requirements:	230 VAC, 3W
Operating temperature:	0 to 60°C Optional
Optional power supply:	10-18 VDC, 3 W

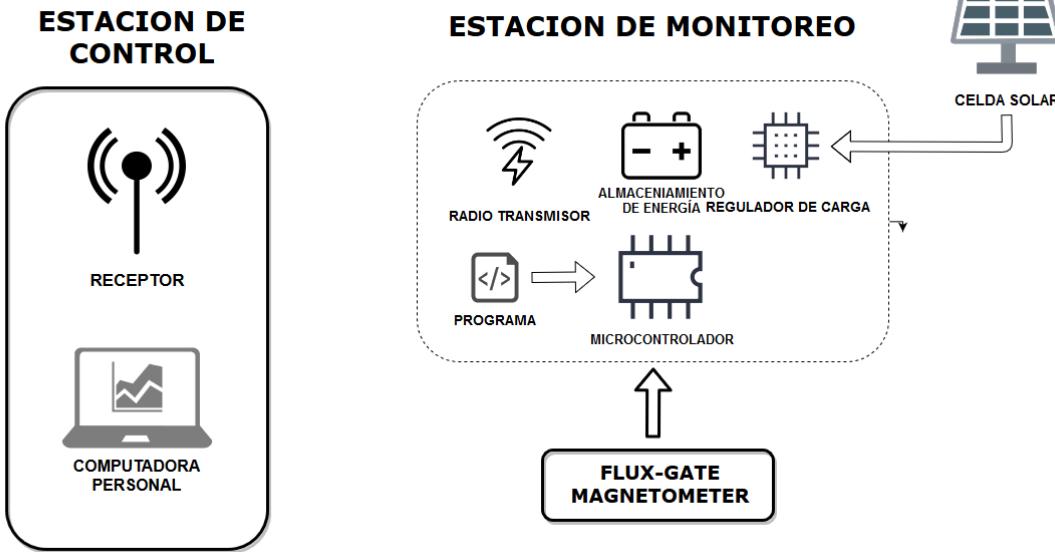
Optional digital output:

8 ch /16 bit AD AM AD-converter

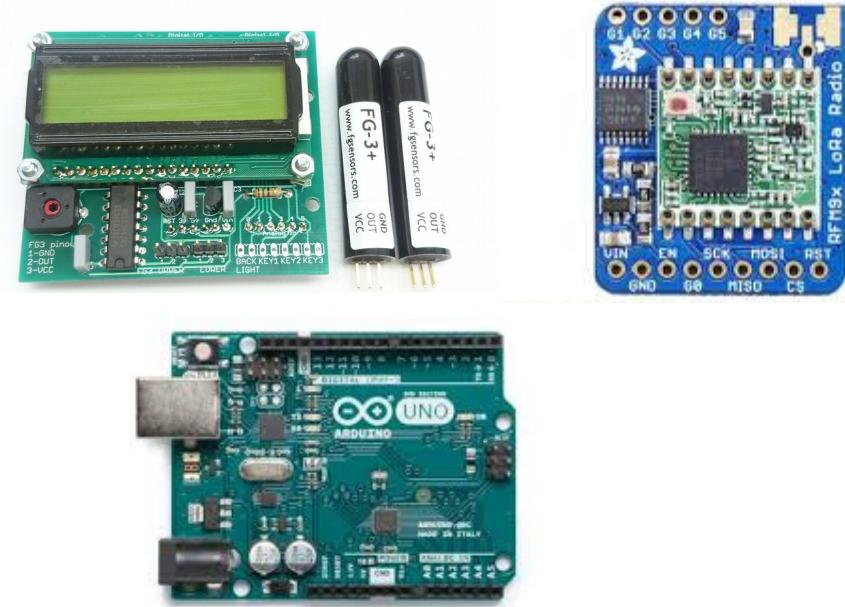
**Danish Meteorological Institute
Solar-Terrestrial Physics Division**

Lynghyvej 100
DK-2100 Copenhagen Denmark
Telephone +45 3915 7500, Fax: +45 3915 7460
E-mail: or@dmi.dk

METODOLOGIA



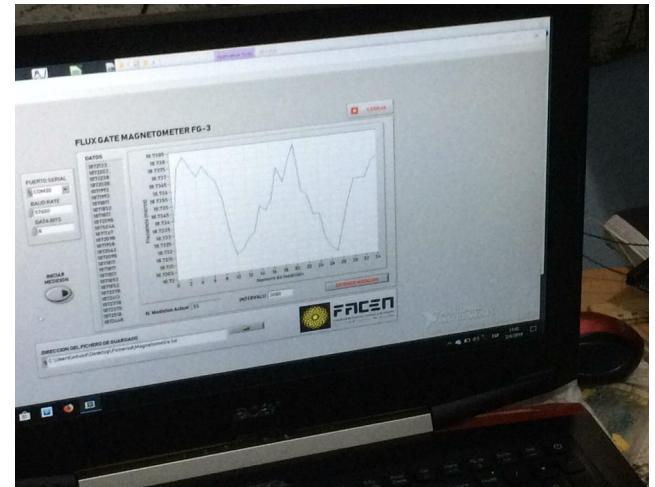
Diseño preliminar de la estación



Selección del sensor y componentes

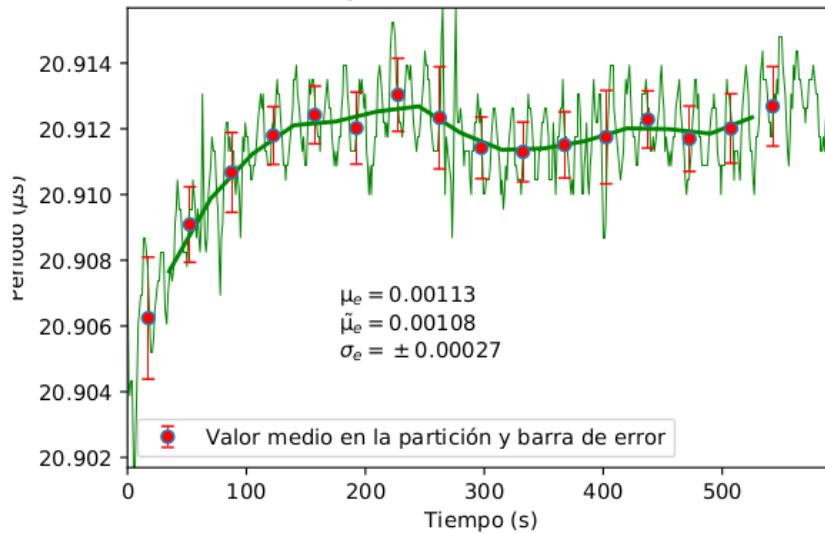
METODOLOGIA

Montaje experimental para calibración de sensores y determinación de sensibilidad

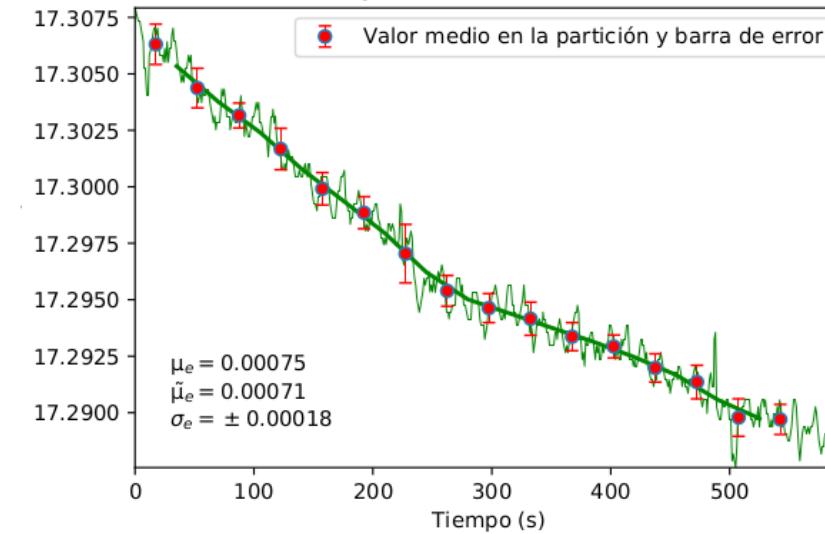


Obstaculo: Reducción del ruido (campos externos, electrónica, otros)

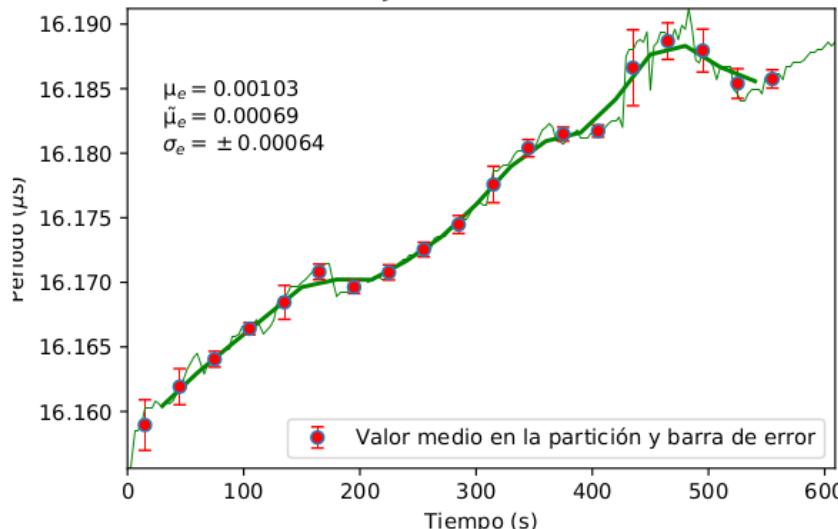
SIN BLINDAJE CON FUENTE CONVENCIONAL



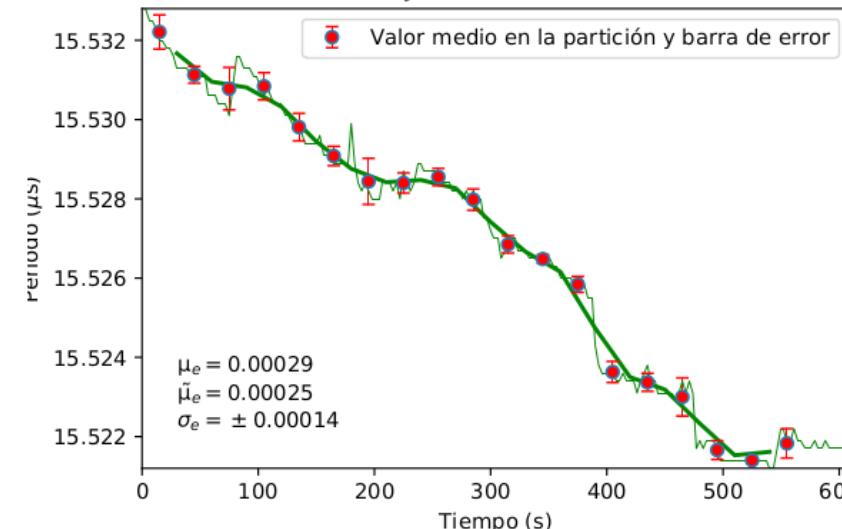
CON BLINDAJE CON FUENTE CONVENCIONAL



SIN BLINDAJE CON FUENTE PRECISION

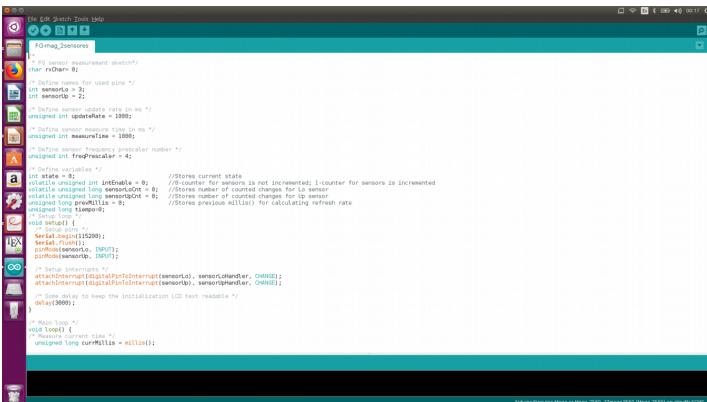


CON BLINDAJE CON FUENTE PRECISION



METODOLOGIA

Diseño e implementación de la electrónica de soporte



The screenshot shows the Arduino IDE interface with the code for the F0-mag_Zensors project. The code is written in C++ and includes definitions for pins, sensor types, and update rates. It features a main loop that reads sensor values, updates a counter, and prints data to the serial port. It also includes functions for handling sensor data and a configuration section for pins and sensor types.

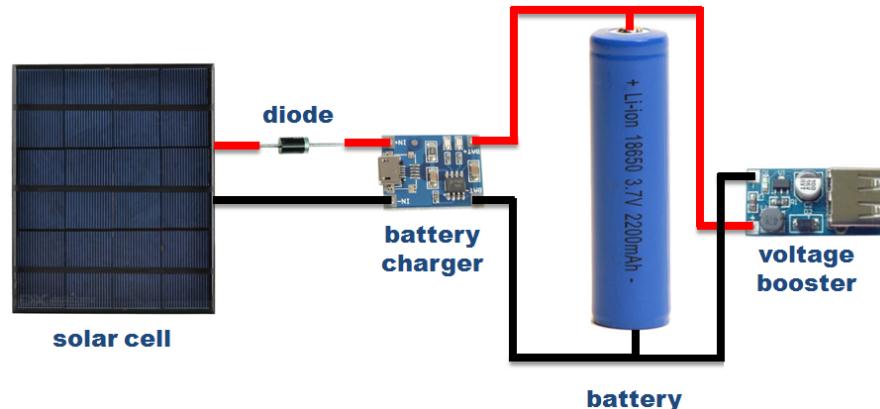
```
/* F0 sensor measurement sketch */
char rxchar = 0;
const int numSensors = 3; // number of sensors for used pins */
const int sensor0 = 32;
const int sensor1 = 22;
const int sensor2 = 23;
const int updateRate = 1000;
#define updateRate_ms updateRate / 1000.0
#define precision_millis 1000.0
#define precision_ms 1000.0
#define sensorFrequency_prescalerNumber 4;
unsigned int freqPrescaler = 4;

// sensor variables */
int sensorState = 0; //Stores current state
volatile unsigned int pinState0 = 0; //A-counter for sensors is not incremented; 1-counter for sensors is incremented
volatile unsigned int pinState1 = 0; //Stores number of changes for Lo sensor
volatile unsigned int pinState2 = 0; //Stores number of counted changes for Hi sensor
volatile unsigned int prevPinState0 = 0; //Stores previous millis() for calculating refresh rate
unsigned long lastUpdate = 0;
unsigned long updateRate_ms;
unsigned long updateRate_ms;
serialEventFunc_t serialEventFunction;
serialEventFunc_t serialEventFunction2;
pinMode(sensor0, INPUT);
pinMode(sensor1, INPUT);
pinMode(sensor2, INPUT);

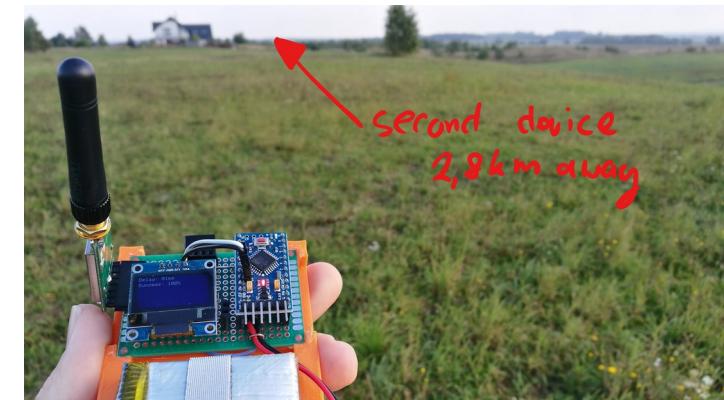
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor0), sensorHandler, CHANGE);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor1), sensorHandler, CHANGE);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor2), sensorHandler, CHANGE);
    delay(300);
}

void loop() {
    ReadSensors();
    if (millis() - lastUpdate > updateRate_ms) {
        unsigned long currMillis = millis();
    }
}
```

Programación de microcontrolador



Ensayos de consumo energético del sistema para dimensionamiento de unidad de almacenamiento de energía



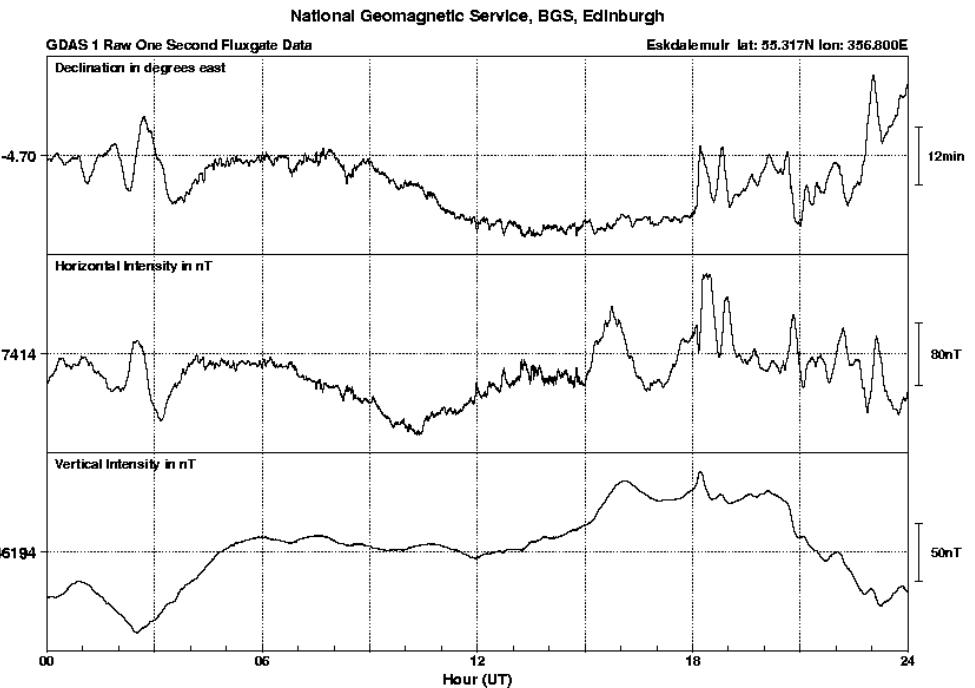
Test de alcance de la telemetría

METODOLOGIA

Prueba de campo de la estación de monitoreo



Selección de ubicación de punto de instalación



Operación por al menos 2 meses

METODOLOGIA

Validación datos proveidos por la estación de monitoreo

Latinmag Letters, Volume 1, Special Issue (2011), A06, 1-7. Proceedings Tandil, Argentina.

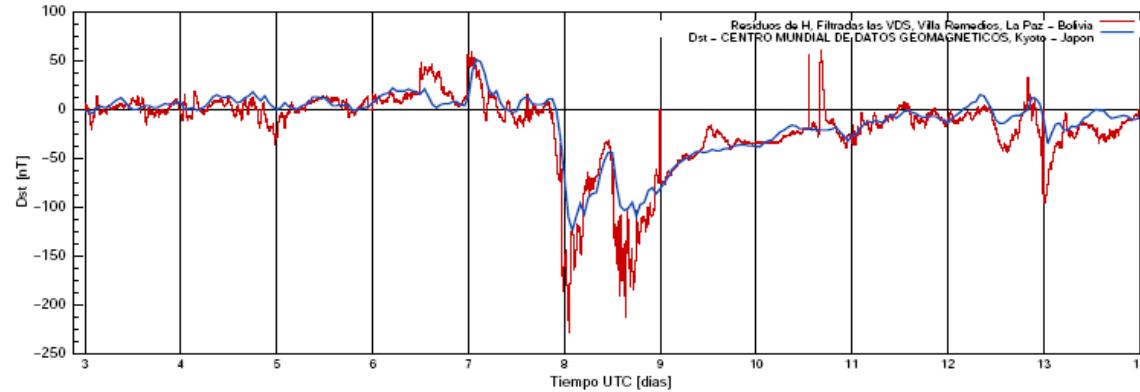


FIG. 10.— Superposición de la curva de residuos de la componente H , filtrada la Variación Diaria Solar (VDS), registrada por el Observatorio Geomagnético de Villa Remedios (VRM) de Bolivia con la Curva de índices Dst producida por el Centro Mundial de Datos de Kyoto- Japón para las mismas fechas.

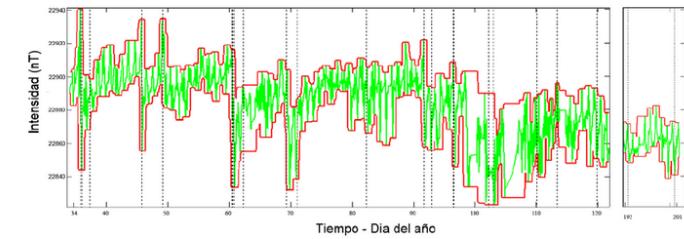


Figura 6 – Intensidad total del campo magnético medida con un magnetómetro protónico de precisión desde el Observatorio Astronómico y Geofísico de Aiguá entre los días 3 de febrero (día 34) y el 1 de mayo (121) y entre el 10 y 20 de julio de 2011. En verde intensidad de campo magnético, en rojo curvas envolventes. En linea punteada las fechas de llegada de tormentas solares (K4 o mayores), según NOAA.

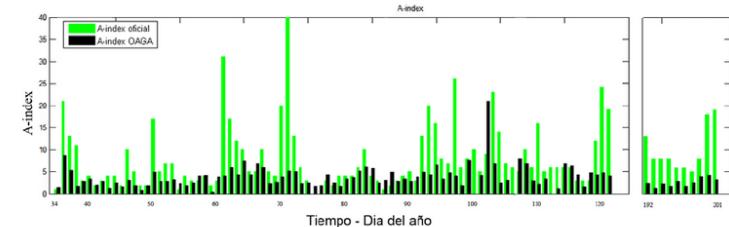


Figura 7. A-index oficial según NOAA vs A-index calculado para el OAGA (en negro).

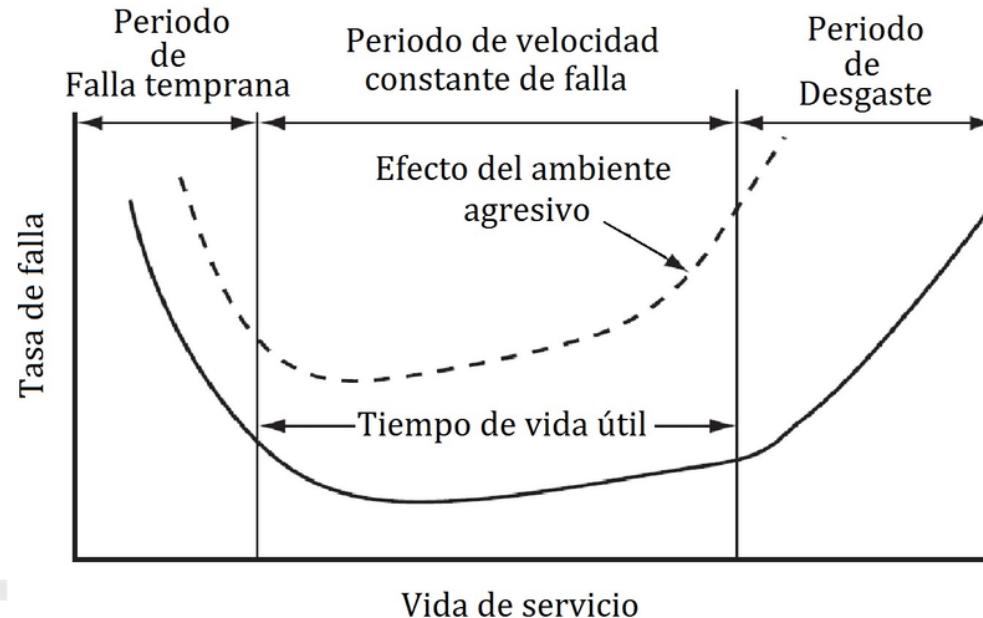
Asimismo se comparan estos resultados con observatorios de la región (Fig. 8b), observándose que los menores valores de intensidad de campo magnético corresponden al OAGA.

Preparación y análisis de base de datos obtenida

Comparación con datos Geomagnéticos regionales

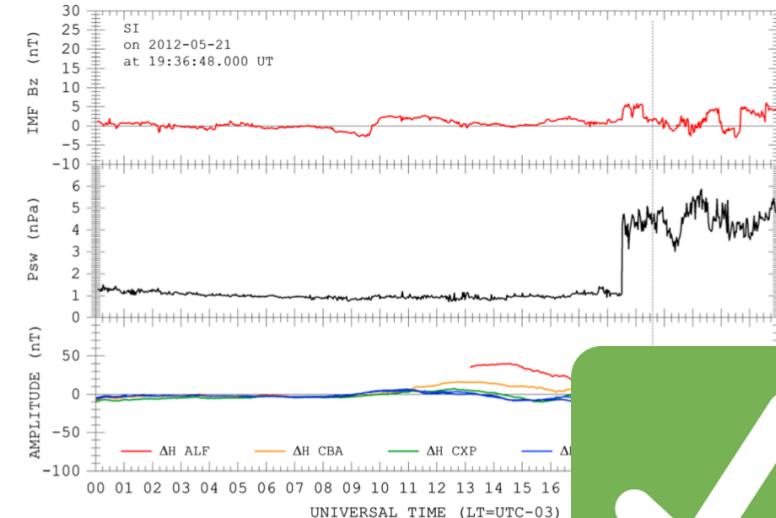
METODOLOGIA

Determinación de robustez de la estación



**Registro de averías y fallos durante
prueba de campo**

RESULTADOS ESPERADOS



ESTACION DE MONITOREO DE CAMPO
MAGNETICO TERRESTRE DE BAJO
COSTO FUNCIONAL

DATOS VALIDADOS

REFERENCIAS

- Denardini, C. M., Chen, S. S., Resende, L. C. A., Moro, J., Bilibio, A. V., Fagundes, P. R., et al. (2018). The Embrace Magnetometer Network for South America: Network description and its qualification. *Radio Science*, 53, 288-302. <https://doi.org/10.1002/2017RS006477>
- Oberloier, S; Pearce, J. 2017. General Desing Procedure for free and open-source hardware for scientific equipment. *Desings*.15p.
- Sensores fg.s.f. Fluxgate magnetometer sensors, FGM sensors documentation; <https://www.fgsensors.com/documentation>, consultado el 29/11/2018 a las 10:01 hs
- Hare, V; Tarduno, J; Huffman, T; Watkeys, M; Thebe, P; Manuanga, M; Bono, R; Cottrell, R. 2018. New Archeomagnetic Directional Records from Iron Age Southern Afraca (ca. 425-1550 CE) and Implications for the South Atlantic Anomaly. *Geophysical Research Letters*. 45: 1361-1369. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017GL076007>
- Hartmann, G., Pacca, I.; Time evolution of the South Atlantic magnetic anomaly; *An. Acad. Bras. Ciênc.*81, 2009.
- Jesús Nuñez; Distribución angular de muones en la superficie terrestre, 2018.

