

## **APÉNDICE J**

### **1. RESULTADOS**

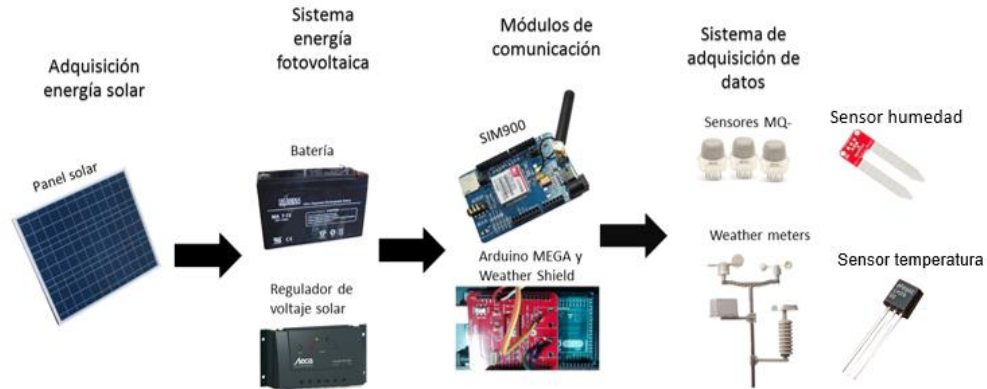
En esta sección se presenta la evidencia del desarrollo del prototipo de la estación meteorológica con un panel de 40W. Este apartado comprende la construcción, conexión y la puesta en funcionamiento de cada uno de los elementos de la estación meteorológica.

Además, una vez llevada a cabo la implementación, se mostrará el conjunto de pruebas que se le realizaron al sistema con el fin de comprobar la correcta transmisión, recepción y visualización de los datos que este sensa.

#### **1.1.Prototipo panel 40W**

Tras realizar todas las pruebas relacionadas con las diferentes etapas relacionadas con la caracterización de los elementos del sistema, el establecimiento de la conexión entre los módulos, el desarrollo de la base de datos y los cálculos iniciales de consumo del sistema de energía fotovoltaica, se procedió a realizar el armado del prototipo final.

El prototipo compuesto por un panel solar de 40W, una batería de auto de 12V, un regulador de energía solar (el cual funciona por medio de un algoritmo que le permite realizar un correcto uso de la energía al sistema), dos reguladores de 12 a 5V(permite convertir el voltaje de la batería a 5V para poder realizar la conexión de los módulos a dicho suministro), los módulos de comunicación (placa SIM900 y el arduino MEGA), la weather shield, los diferentes sensores que se encargan de sensar los valores deseados y finalmente una caja de intemperie que brinda una correcta protección a los elementos de cualquier problemas que se encuentre en el entorno.

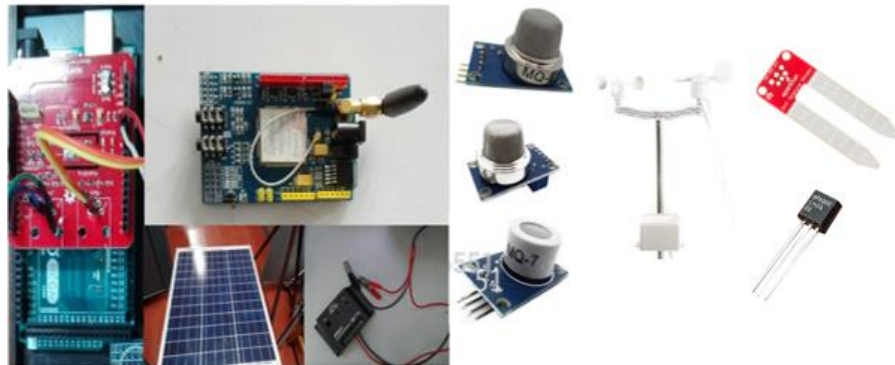


*Figura 1 Esquema general del prototipo*

### ***1.1.1. Elaboración del prototipo***

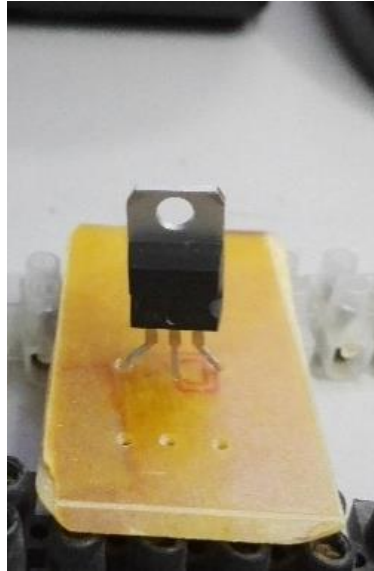
Una vez realizado un esquema general de lo que sería el desarrollo del prototipo, se procedió a ensamblar cada uno de los elementos para así conformar el prototipo de la siguiente manera:

#### **1) Obtención de los elementos del prototipo.**



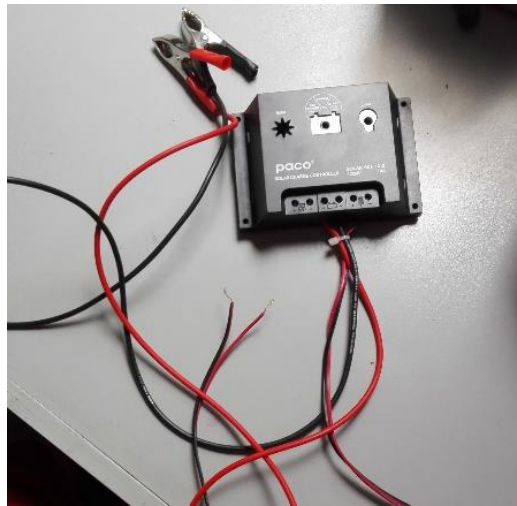
*Figura 2 Elementos del prototipo*

#### **2) Elaboración del sistema de conversión de los 12V a 5V por medio de un regulador de voltaje.**



*Figura 3 Regulador de voltaje*

- 3) Construcción de las conexiones del panel solar, la batería y los módulos al regulador de voltaje solar.



*Figura 4 Módulo de energía solar con las conexiones a la batería y a los módulos*

- 4) Conexión de los módulos de comunicación con el sistema de energía.

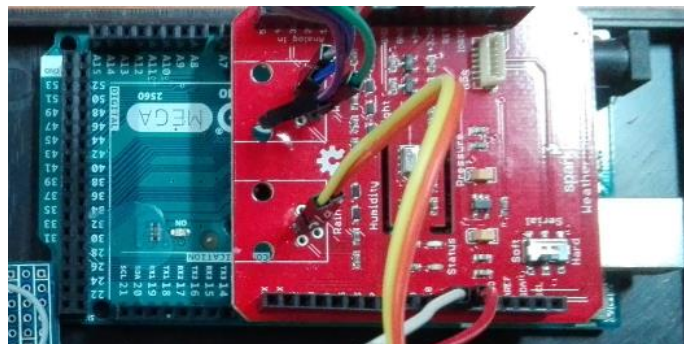


*Figura 5 Regulador de voltaje con las salidas para la conexión de energía de cada módulo*

5) Adecuación de los elementos que pertenecen a la red de sensores.



*Figura 6 Sensores Weather Meters*



*Figura 7 Conexión de la placa Weather Shield con el módulo arduino*

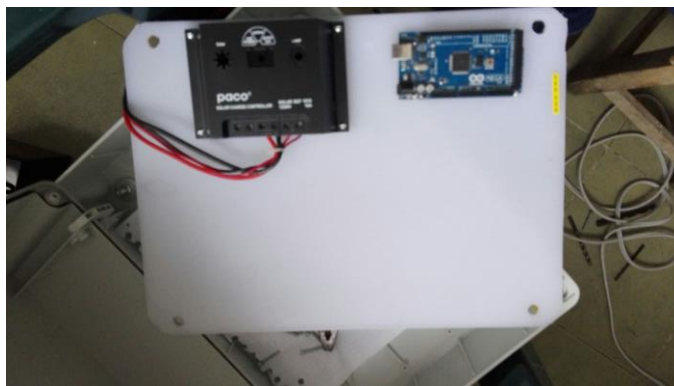
6) Organización inicial de los elementos en la caja de intemperie



*Figura 8 Caja de intemperie*



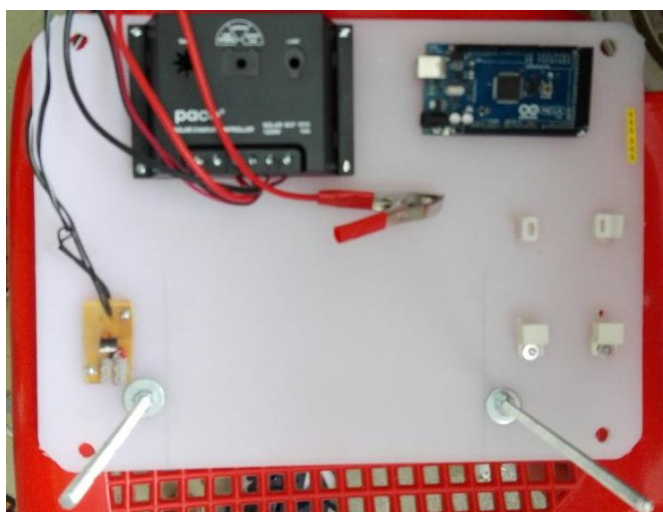
*Figura 9 Teflón que se agregó a la caja como soporte para atornillar los elementos*



*Figura 10 Superficie de teflón con el regulador solar y arduino MEGA*



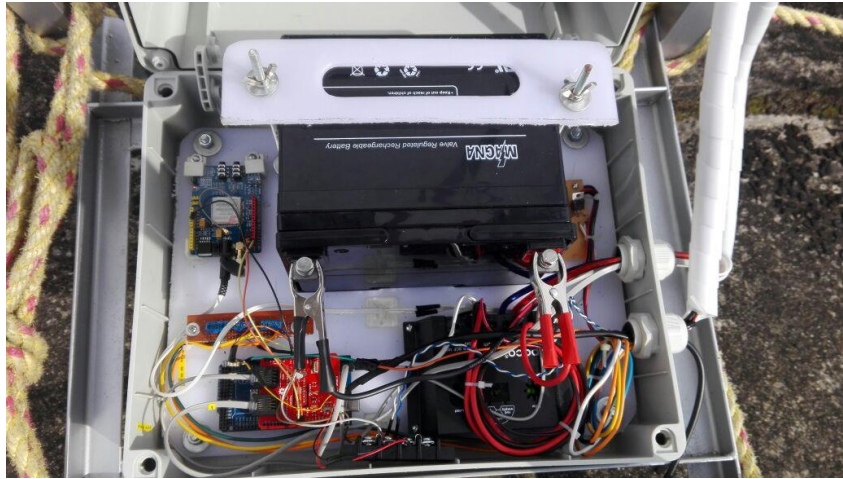
*Figura 11 Versión preliminar de elementos de la caja organizados*



*Figura 12 Elementos de la caja organizados junto con los tornillos que aseguran la batería*



7) Ensamble final de los elementos del prototipo a la caja de intemperie



*Figura 13 Caja de intemperie con todos los elementos organizados*

8) Ensamblaje final de la caja de intemperie, panel solar y soporte.



*Figura 14 Prototipo de la estación meteorológica finalizado*

## 1.2.Pruebas de funcionamiento de la solución final

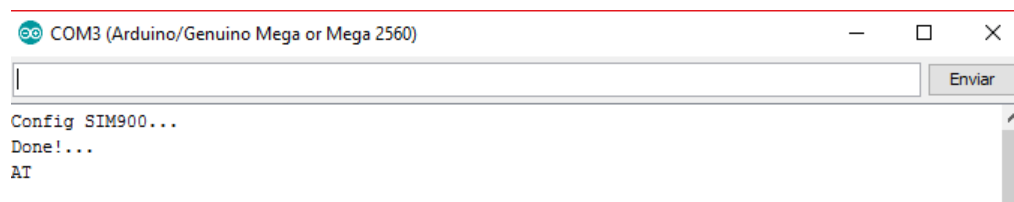
Al desarrollar el prototipo se procedió a testear el sistema, con el fin de corroborar el perfecto funcionamiento del sistema, buscando que las variables que se obtienen son reales y que esas variables se transmitan, reciban y visualicen sin ningún cambio en su estructura.

### 1.2.1. Pruebas de transmisión y recepción de datos

Las pruebas de transmisión y recepción de datos constaron de una serie de actividades en la que se testeó el correcto funcionamiento de los módulos, tanto el arduino, como el módulo SIM900 y los sensores.

Primero se realizó una comprobación del funcionamiento del módulo SIM900, por medio de la conexión de este a un ordenador, para así comprobar los datos que estaba imprimiendo en el puerto serial.

Una vez abierto el puerto serial, se puede observar la impresión de comandos que comprueban la configuración inicial y la conexión exitosa a la red.

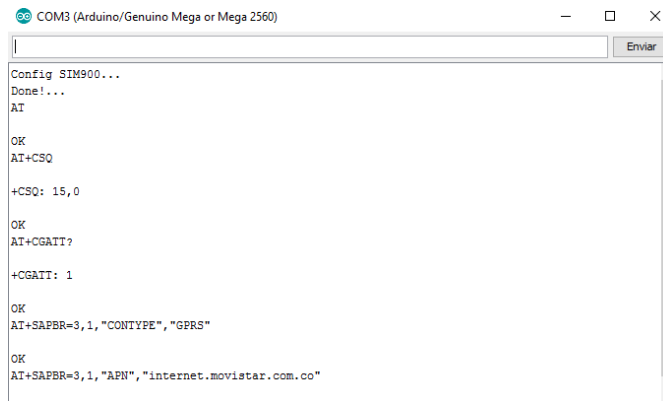


*Figura 15 Comandos que comprueban la conexión exitosa del módulo*

Cuándo aparece en la ventana el texto “Done!”, la tarjeta empieza a imprimir una serie de comandos AT por medio de los cuales se comunica el arduino con el módulo SIM900, permitiéndonos conocer si es correcto el funcionamiento de la tarjeta y si la tarjeta se ha comunicado de forma correcta con el servicio GPRS.



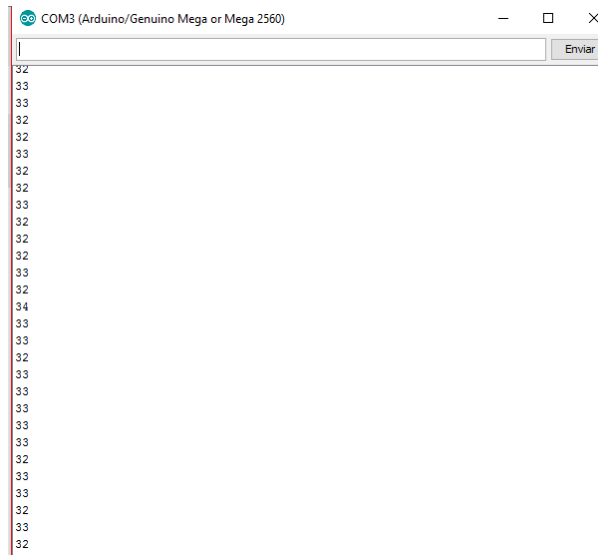
Seguido de imprimir variables relacionadas con el servicio GPRS, la placa realiza la impresión del APN al que se está conectando el módulo, para finalmente mostrar el formulario hacia el que se están enviando la cadena de datos que está recibiendo el módulo SIM900 desde los puertos del arduino.



```
COM3 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)
Config SIM900...
Done!...
AT
OK
AT+CSQ
+CSQ: 15,0
OK
AT+CGATT?
+CGATT: 1
OK
AT+SAFBR=3,1,"CONTYPE","GPRS"
OK
AT+SAFBR=3,1,"APN","internet.movistar.com.co"
```

*Figura 16 Comandos AT que muestran la correcta conexión con la red móvil*

Tras realizar una exitosa comprobación de la comunicación del módulo con la red GSM. Se procedió a analizar las variables impresas por los sensores de manera individual, por medio de la conexión de uno de los sensores a un puerto de arduino.

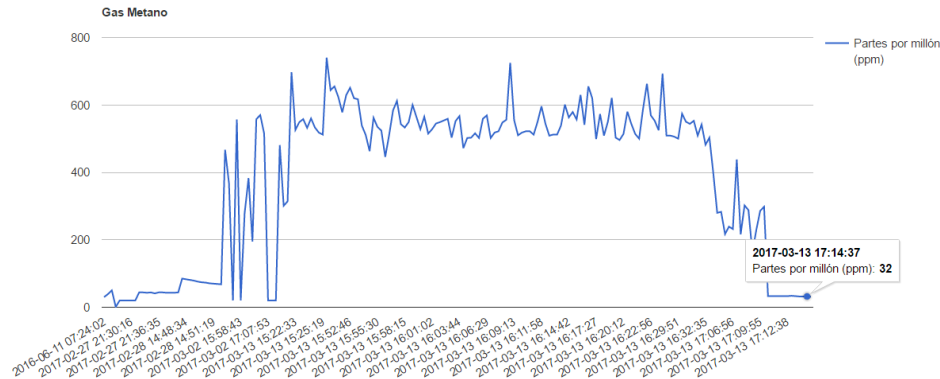


*Figura 17 Valores sensados por un MQ-7*

Una vez visualizados los datos vía puerto serial, se podrá comprobar la veracidad de los valores que se están sensando, por medio de la comparación de los valores que se están recibiendo en el puerto serial con los valores que están llegando a la base de datos. En la imagen a continuación podemos observar que los registros llegan en el siguiente orden: Fecha, idestación, idtiposensor y medida.

Editar	Eliminar	2017-03-13 17:14:13	1	2	32.00000
Editar	Eliminar	2017-03-13 17:14:37	1	2	32.00000
Editar	Eliminar	2017-03-13 17:15:23	1	2	32.00000

*Figura 18 Registros de gas metano en la base de datos*



*Figura 19 Valores enviados a la interfaz web*

### **1.2.2. Pruebas de visualización de datos**

Se decidió realizar la comprobación del enlace final que consta de la conexión entre la base de datos y el formulario en php en el cual se realizó la representación gráfica y almacenamiento de los valores que están llegando desde el entorno y están siendo convertidos en voltajes a los cuales se les están representando para poder ser analizados de forma remota.

```
$conexion=pg_pconnect("host=localhost port=5432 dbname=telecote_estacion user=telecote_rafa password=zsKNg(tk^v?;");
```

*Figura 20 Datos de la conexión con la base de datos en el index*

```
return array(
    'server' => 'localhost',
    'port' => '5432',
    'username' => 'telecote_rafa ',
    'password' => 'zsKNg(tk^v?;',
    'database' => 'telecote_estacion'
);
```

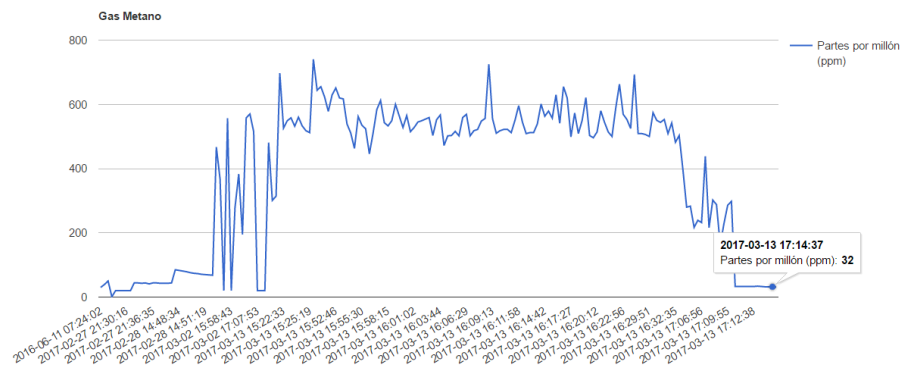
*Figura 21 Datos de la conexión con la base de datos en el formulario php*

Dentro del código se especificó que cuándo llegase una cadena de datos, el sistema llenaría por defecto el campo de la fecha. La comprobación inicial de la veracidad del tiempo en el que llegan los datos al sistema, se realizó por medio de una comparación entre la hora local y el tiempo en el que aparece registrada la cadena de datos en la base de datos.

Editar	Eliminar	2017-03-13 17:14:13	🔑 1	🔑 2	32.00000
Editar	Eliminar	2017-03-13 17:14:37	🔑 1	🔑 2	32.00000
Editar	Eliminar	2017-03-13 17:15:23	🔑 1	🔑 2	32.00000

*Figura 22 Registro gas metano con la variable de fecha*

Una vez comprobado el tiempo en el que llegó el dato, se procedió a realizar la revisión de la conexión entre el formulario en php y la base de datos, dando como resultado el correcto almacenamiento de variables.



*Figura 23 Gráfica medida contra tiempo*

### **1.3.Pruebas de autonomía de la solución final**

Tras realizar la construcción, conexión y ensamble del prototipo final, las pruebas de transmisión/recepción de datos y pruebas de visualización, se procedió a hacer las pruebas finales de autonomía del sistema.

Estas consistieron en la puesta en marcha del sistema en un espacio abierto, para así poder comprobar el perfecto funcionamiento del panel solar, las conexiones y el sistema de energía fotovoltaico en general. Además, se probó la caja de intemperie en la que se guardaron los elementos y los materiales que se encuentran expuestos a factores ambientales como la lluvia, sol, etc.

### ***1.3.1. Puesta en funcionamiento***

La estación meteorológica fue colocada en la azotea de la torre A de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga, allí se empezó la toma de muestras desde el 30 de junio hasta el 5 de mayo de forma ininterrumpida



*Figura 24 Prototipo final de la estación meteorológica*

Mientras se tomaban esas muestras, se comprobó el correcto funcionamiento tanto del módulo SIM900, arduino, las conexiones de los equipos, el regulador de energía solar, los sensores y finalmente, el sistema de monitoreo remoto vía página web.

## Dirección del viento

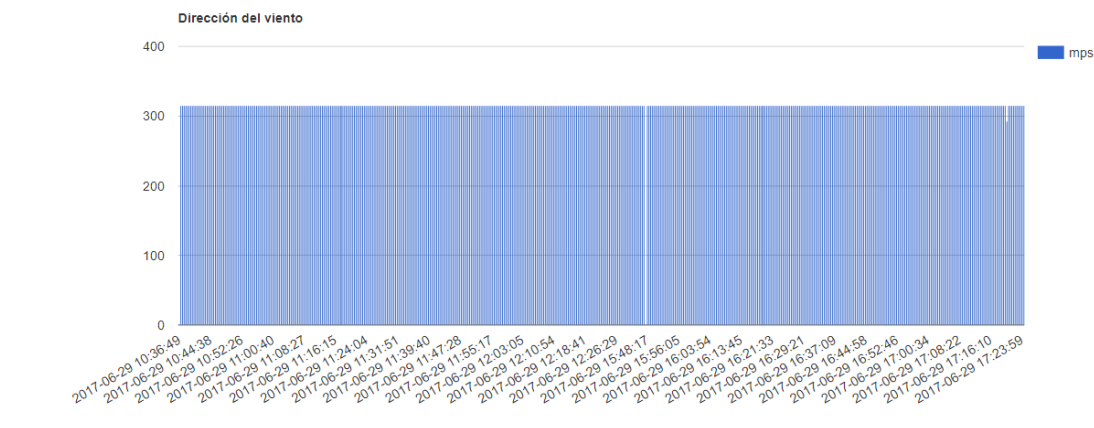


Figura 25 Valores de dirección de viento en mps obtenidos por la estación meteorológica

## Velocidad del viento

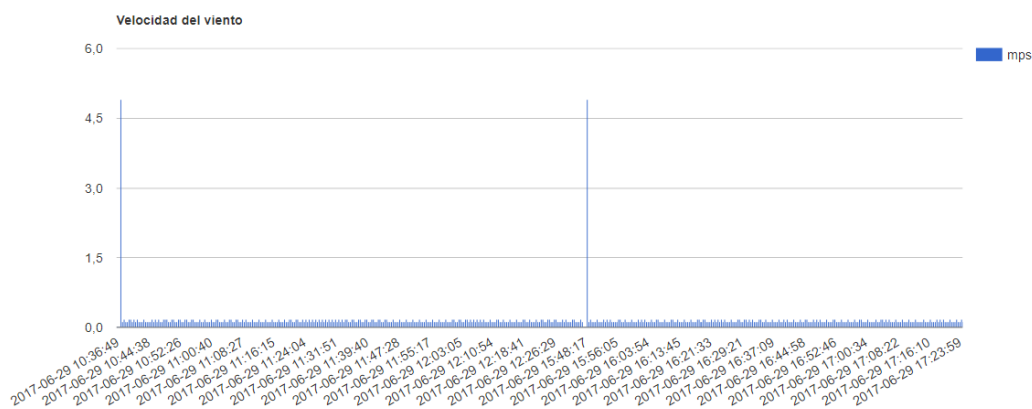
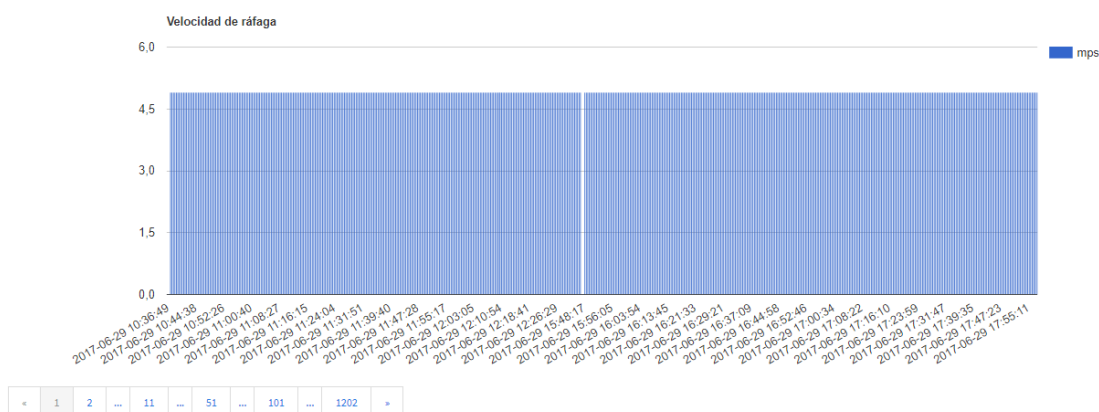


Figura 26 Valores de velocidad del viento en mps obtenidos por la estación meteorológica

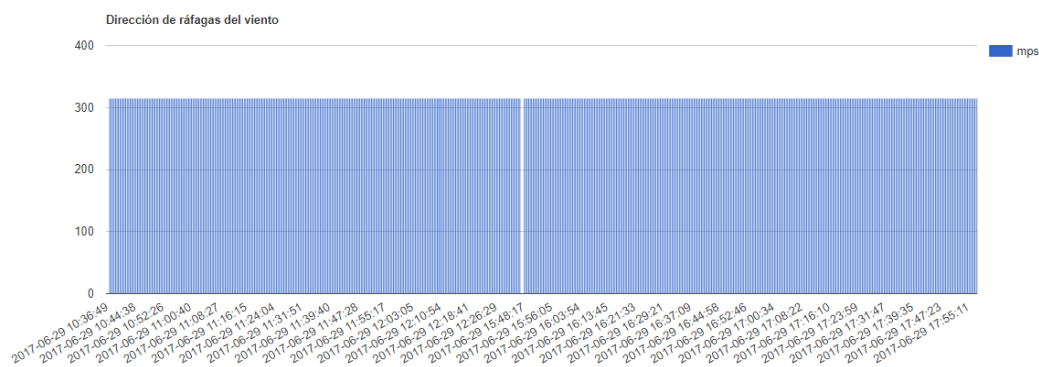


## Velocidad de ráfagas de viento



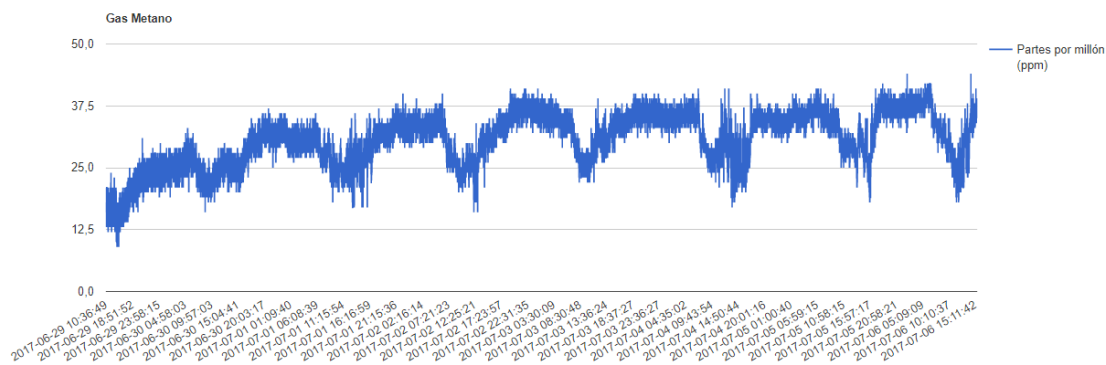
*Figura 27 Valores de velocidad de ráfagas de viento en mps obtenidos por la estación meteorológica*

## Dirección de ráfagas de viento



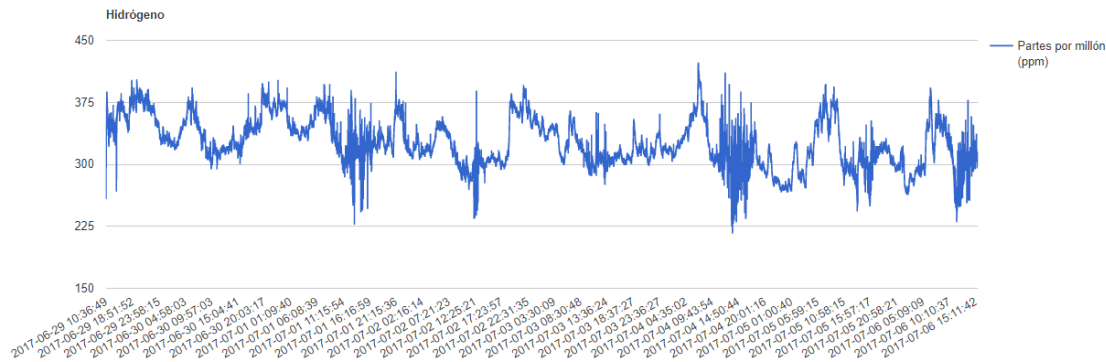
*Figura 28 Valores de dirección de ráfagas de viento en mps obtenidos por la estación meteorológica*

## Gas metano



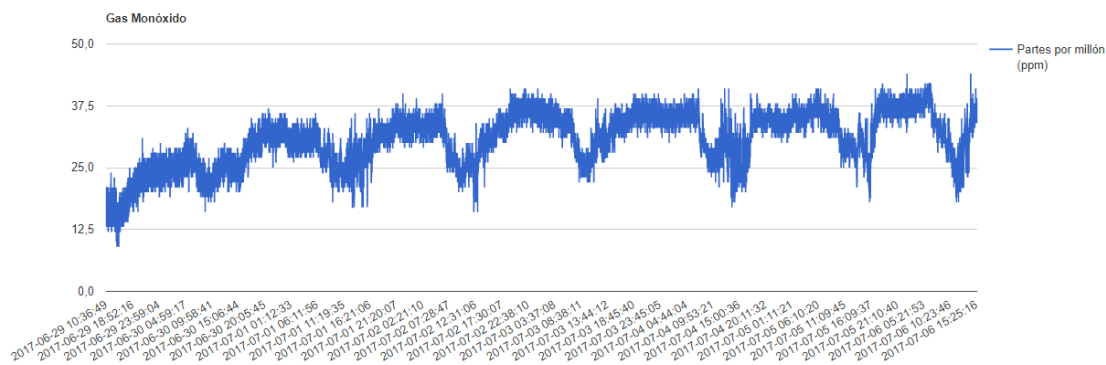
*Figura 29 Valores en partes por millón de gas metano obtenidas por la estación meteorológica*

## Hidrógeno



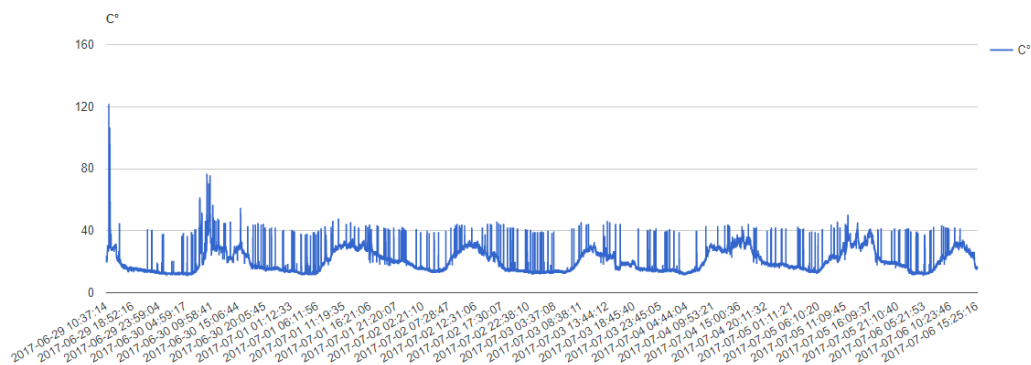
*Figura 30 Valores en partes por millón de hidrógeno obtenidas por la estación meteorológica*

## Gas Monóxido



*Figura 31 Valores en partes por millón de gas monóxido obtenidas por la estación meteorológica*

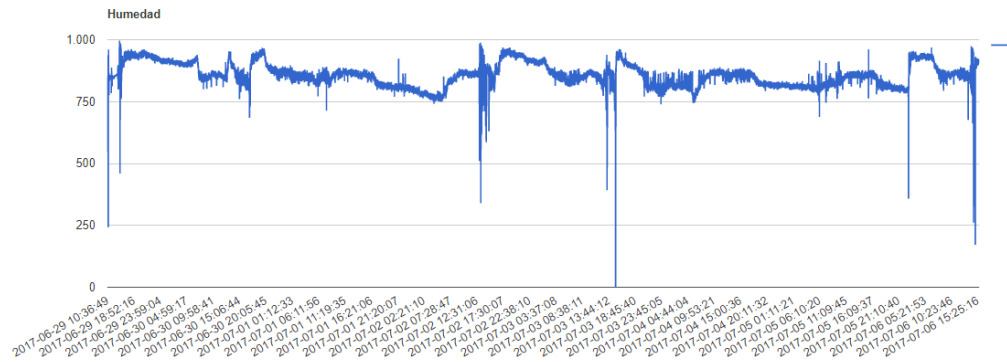
## Temperatura



*Figura 32 Valores de temperatura en °C obtenidos por la estación meteorológica*

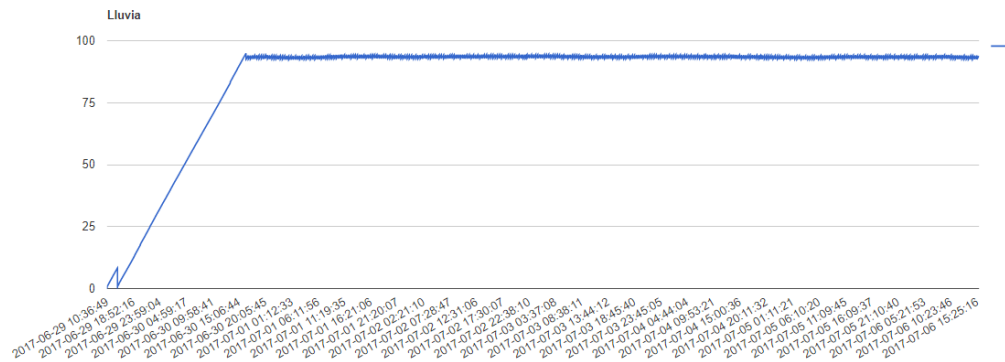


## Humedad

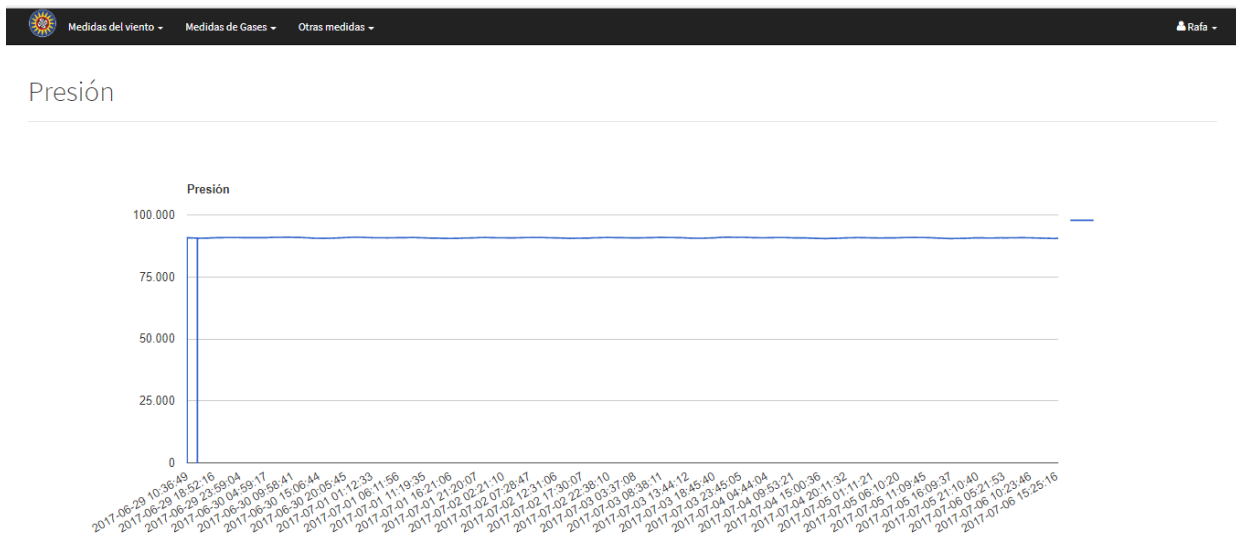


*Figura 33 Valores de humedad obtenidos por la estación meteorológica*

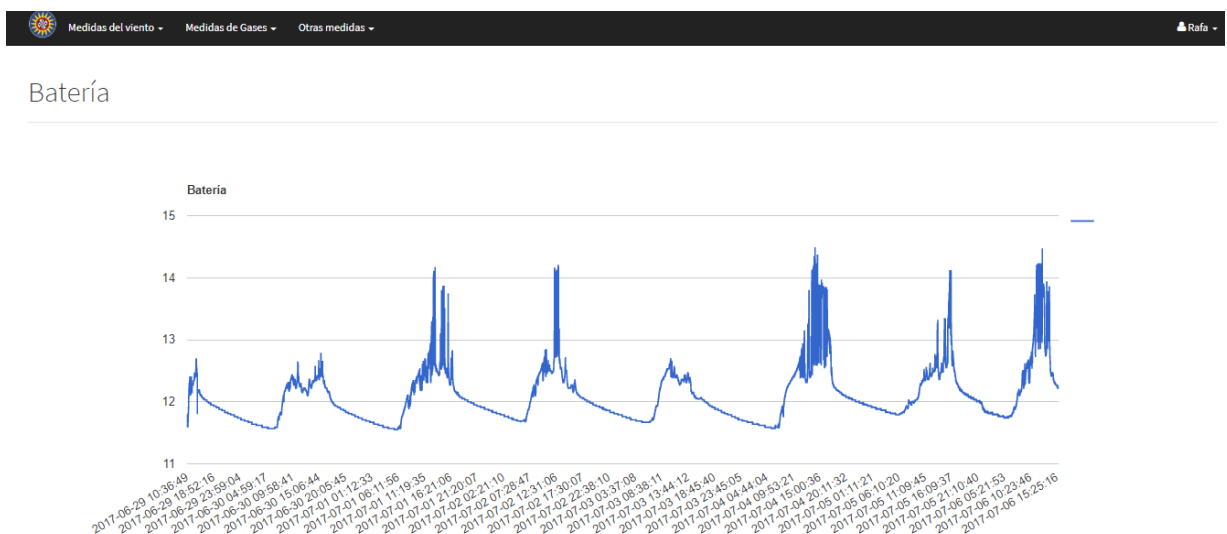
## Lluvia



*Figura 34 Valores de volumen de lluvia obtenidos por la estación meteorológica*



*Figura 35 Valores presión barométrica obtenidos por la estación meteorológica*



*Figura 36 Valores de voltaje del sistema obtenidos por la estación meteorológica*

## LUZ

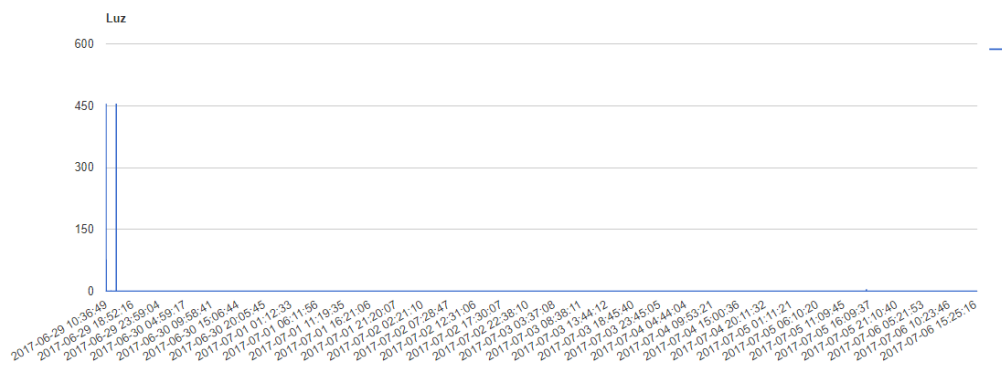


Figura 37 Valores en lumens obtenidos por la estación meteorológica