

**CARTILLA ALUSIVA AL SISTEMA TIPO BOYA PARA
PLATAFORMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE
AGUA DULCE (TÉCNICO)**

Convocatoria Colciencias 794 de 2017

**Sully Segura Peña
Juan Enrique Morales Castro
Juan Camilo Rojas Rodríguez
César Mauricio Galarza Bogotá
Daniel Alejandro Rodríguez Caro**

ISBN: 978-958-5471-56-6

**Universidad Santo Tomás Seccional Tunja
2020**

CARTILLA ALUSIVA AL SISTEMA TIPO BOYA PARA PLATAFORMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DULCE (TÉCNICO)

ISBN: 978-958-5471-56-6

Autores: Morales-Castro, J.E., Rojas-Rodríguez, J.C., Segura-Peña, S.
Galarza-Bogotá, C.M., Rodríguez-Caro, D.A.

32 páginas. Tamaño 17x 24 cm

Comité editorial

Fr. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.

Rector

Fr. Omar Orlando SANCHEZ SUÁREZ, O.P.

Vicerrector Académico

Fr. Héctor Mauricio VARGAS RODRÍGUEZ, O.P.

Vicerrector administrativo y Financiero

María Ximena ARIZA GARCÍA

Directora Ediciones Usta Tunja

Sandra Consuelo DÍAZ BELLO

Directora Unidad de Investigación e Innovación

Juan Carlos CANOLES VÁSQUEZ

Director Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación

Primera edición, 2020

Corrección de estilo

Marcela Fernández Pedreros

Diagramación e impresión

Ediciones Usta Tunja

Todos los derechos reservados conforme a la ley. Se permite la reproducción citando fuente.

El pensamiento que se expresa en esta obra, es exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete la ideología de la Universidad Santo Tomás.



Ediciones Usta
Universidad Santo Tomás
2020

Departamento Ediciones Usta Tunja
Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

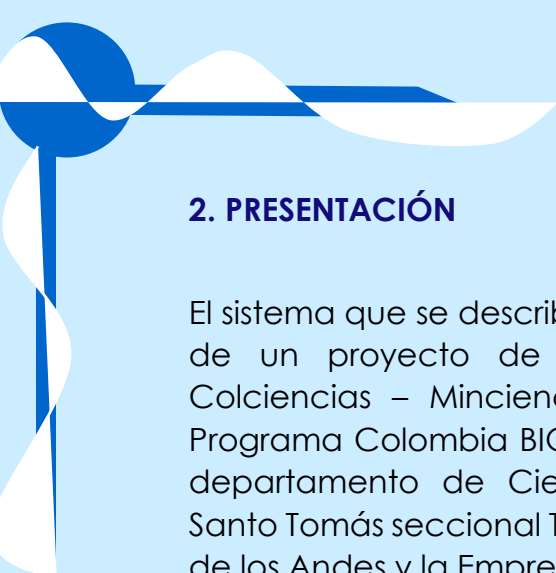


CONTENIDO

1. ÍNDICE DE FIGURAS	4
2. PRESENTACIÓN	5
3. INTRODUCCIÓN	6
4. OBJETIVO DE LA CARTILLA	7
5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	8
6. DIAGRAMAS DE CONEXIONES	17
7. RECOMENDACIONES	18
8. VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS	21
9. GUÍA DE CALIBRACIÓN	25
10. REFERENCIAS	33

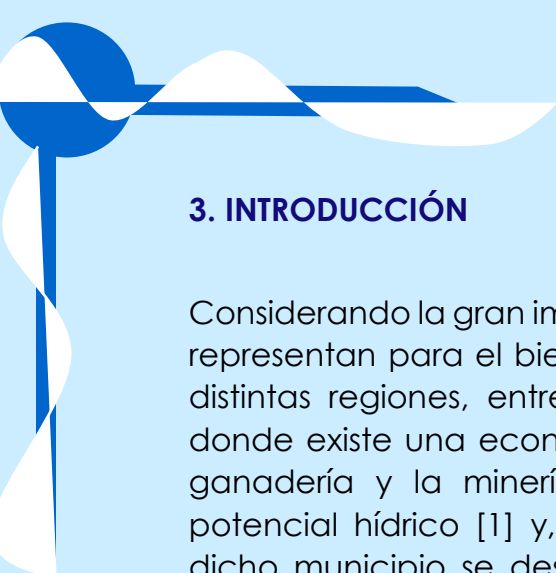
1. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interior de la caja de componentes.....	9
Figura 2. Caja de componentes electrónicos y sondas de los sensores.	10
Figura 3. Estación meteorológica ubicada en la parte superior de la caja de componentes.....	11
Figura 4. Conexiones y sensores de la estación meteorológica.	11
Figura 5. Sistema de distribución de paneles solares.	13
Figura 6. Interior de caja receptora.....	14
Figura 7. Caja receptora.	15
Figura 8. Interfaz gráfica de la unidad repetidora para visualización de datos.....	16
Figura 9. Tornillos de la unidad de medición (tapa).....	18
Figura 10. Tornillos bristol para componentes (ej. Módulo EC21).	19
Figura 11. Tornillos de fijación para lámina acrílica.	19
Figura 12. Terminal de comandos (LX Terminal).....	22
Figura 13. Comando ls /dev para ver configuraciones de puertos.....	22
Figura 14. Puerto serial 0 y puertos USB.....	23
Figura 15. Botones Boot de la tarjetas Solar manager.	24
Figura 16. Terminal de usuario o de comandos.	26
Figura 17. Secuencia de instrucciones para la ejecución del código de calibración de sensores.	27
Figura 18. Lista de instrucciones para los sensores Atlas.	28
Figura 19. Selección del sensor ORP (dirección numérica 98) para su calibración. El comando de calibración cal, se utiliza cuando el sensor esté listo para dicho procedimiento.	29
Figura 20. Rango pH con los puntos de calibración.	30
Figura 21. Proceso de calibración sonda ORP.....	31
Figura 22. Proceso calibración sonda EC.....	31
Figura 23. Proceso calibración sonda DO.....	32



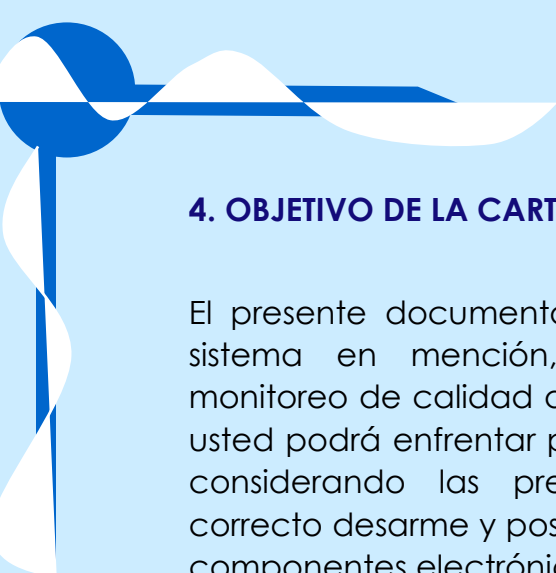
2. PRESENTACIÓN

El sistema que se describe en este documento hace parte de un proyecto de impacto social financiado por Colciencias – Minciencias, Gobernación de Boyacá y Programa Colombia BIO; ejecutado bajo la dirección del departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja, en alianza con la Universidad de los Andes y la Empresa Germán Franco Carbón SAS del municipio de Samacá. El sistema tiene la utilidad de permitir la fácil caracterización del estado del agua dulce mediante la medición continua de 5 parámetros de calidad (temperatura, pH, potencial de óxido-reducción, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto) a través de una unidad de medición semiautónoma.



3. INTRODUCCIÓN

Considerando la gran importancia que los recursos hídricos representan para el bienestar, la salud y la economía de distintas regiones, entre ellas, el municipio de Samacá, donde existe una economía basada en la agricultura, la ganadería y la minería [1], y se cuenta con un alto potencial hídrico [1] y, partiendo del hecho de que en dicho municipio se desarrollan actividades que pueden poner en riesgo la calidad del agua para el consumo y uso humano [2], se desarrolla una solución para caracterizar el agua a partir de las mediciones de 5 parámetros de calidad, la cual consiste en un sistema con autonomía energética que tiene la capacidad de efectuar mediciones y visualizar los respectivos resultados de manera remota, facilitando el monitoreo del estado del agua y dando la posibilidad a la comunidad de someter la información recolectada a posteriores análisis que indiquen posibles afecciones en los afluentes hídricos.



4. OBJETIVO DE LA CARTILLA

El presente documento ofrece un breve instructivo del sistema en mención, denominado “plataforma de monitoreo de calidad de agua dulce”, mediante la cual, usted podrá enfrentar posibles inconvenientes del mismo, considerando las precauciones necesarias para el correcto desarme y posterior montaje de cada uno de los componentes electrónicos que hacen parte de este.

De igual manera, se incluye una sección de guía de calibración que indica cómo debe efectuarse este riguroso procedimiento a los sensores, para garantizar la fiabilidad de sus mediciones, así como una sección de diagramas de conexiones, en la cual, se indica cómo deben conectarse entre sí algunos dispositivos como el módulo GPS, el PCB de los sensores y la Raspberry pi.

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA



1. Unidad de medición

- a. Caja de componentes: unidad rectangular de tamaño 25 cm x 30 cm con grado de protección IP65, donde se encuentran los siguientes componentes electrónicos:
 - i. Internamente (fijados sobre una lámina de acrílico):
 - 3 baterías Li-Po de una celda, a 3.7 V, con capacidad de 2000 mAh
 - 3 tarjetas convertidoras de energía (*solar power manager*) de 5 V para interconexión de baterías, paneles solares y salida de alimentación del circuito.
 - 1 tarjeta de interconexión de las 3 salidas de alimentación de las tarjetas a una salida común, configurada en paralelo, conectada a la Raspberry Pi.
 - 1 Raspberry pi 3 B+.
 - 1 módulo GPS NEO-7M UART y cable para conector SMA.

- 1 módulo celular 2G/3G/4G/GSM EC21-AU, cable para conector SMA y tarjeta SIM de Claro (3103915058).
- 1 módulo Bluetooth HC-05 con tarjeta USB-TTL.
- 1 módulo XBee Pro S3B de 900 MHz con tarjeta adaptadora y cable USB-USB Micro, tipo A.
- 1 expansor de puertos USB 1-4.
- 1 PCB con 5 tarjetas (transductores de Temperatura, pH, potencial de óxido-reducción, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto) con conectores BNC para sondas.

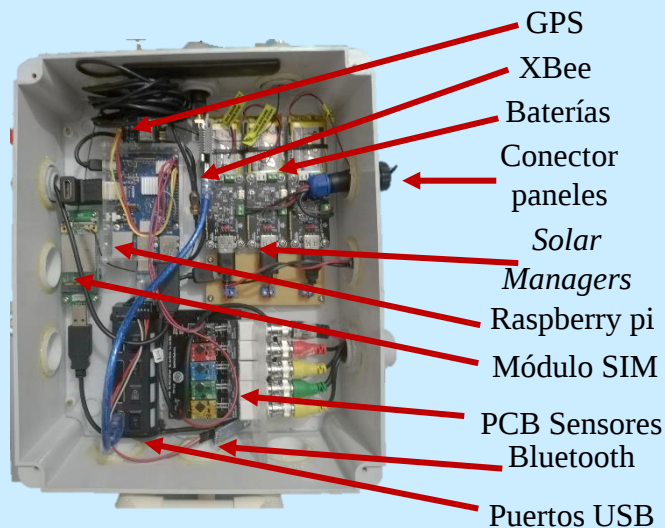


Figura 1. Interior de la caja de componentes.

ii. Externamente:

- 1 antena GPS de 1.5 GHz, con cable y conector SMA.
- 1 antena para el módulo GSM, con cable y conector SMA.
- 1 antena de XBee de 900 MHz a 5 dB.
- 1 conector lateral para paneles solares.
- 1 interruptor tipo llave.
- 1 extensión (sonda principal) con las 5 sondas de los sensores.
- 1 Estación meteorológica SEN0186.

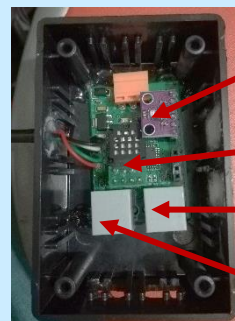


Figura 2. Caja de componentes electrónicos y sondas de los sensores.

La estación meteorológica se muestra en la figuras 3 y 4.



Figura 3. Estación meteorológica ubicada en la parte superior de la caja de componentes.



Barómetro
BME280
Higrómetro
AM2320
Conexión
cubo lluvias
Conexión
veleta de viento

Figura 4. Conexiones y sensores de la estación meteorológica.

Las especificaciones de los sensores se encuentran a continuación:

Sensor	Protocolos de comunicación *	Lecturas (Unidad)	Voltaje de operación	Material de la sonda
EZO-RTD™	UART, USB, I2C	Temperatura (°C)	3.3 V- 5 V	Platino clase A
EZO-pH™	UART, USB, I2C	pH (adimensional)	3.3 V- 5 V	Referencia de KCL, cable de plata y punta de vidrio EXR
EZO-ORP™	UART, USB, I2C	Potencial de óxido-reducción (mV)	3.3 V- 5 V	Referencia de KCL, cable de plata y punta de platino
EZO-ECT™	UART, USB, I2C	Conductividad eléctrica (µS)	3.3 V- 5 V	Electro-dos de grafito
EZO-DO™	UART, USB, I2C	Oxígeno disuelto (mg/l)	3.3 V- 5 V	Membrana de PTFE, varilla de plata, ánodo de zinc y electrolito

Tabla 1. Especificaciones de los sensores.

* Los sensores del sistema están configurados en modo I2C.

- b. Paneles solares: 3 unidades de celdas fotovoltaicas monocristalinas de tamaño 28 cm x 28 cm y de capacidad de 5 V, 2 A y 10 W. Cada uno tiene dos cables (positivo y negativo), que finalizan en un conector (común) para permitir la conexión con la caja de componentes. Además, cada panel está fijado sobre una estructura en forma de H, la cual a su vez, es removible de la estructura principal donde se fija la caja.

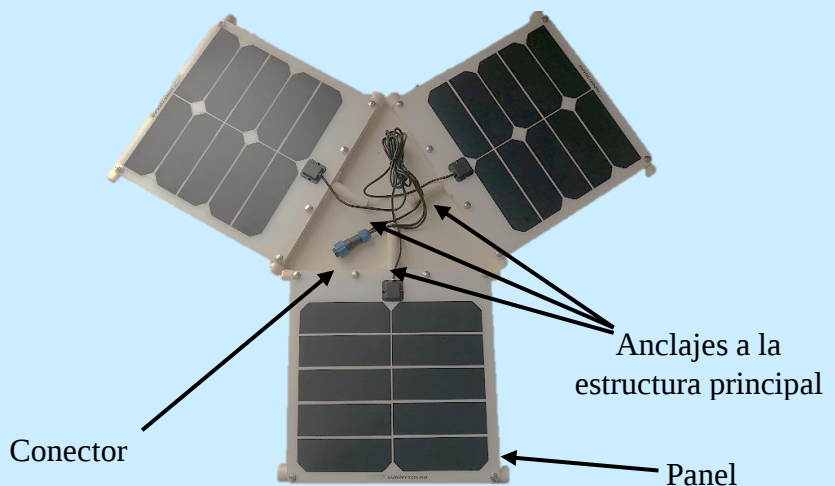


Figura 5. Sistema de distribución de paneles solares.

2. Caja receptora en tierra

- a. Caja receptora: unidad rectangular de tamaño 13 cm x 17 cm, con grado de protección IP55. Esta, consolida un respaldo de la información

obtenida por la unidad de medición y permite visualizar los datos en una interfaz gráfica.

La caja receptora cuenta con los siguientes dispositivos electrónicos:

- i. Internamente (fijados sobre una lámina de acrílico):
 - 1 Raspberry pi 3 B+.
 - 1 módulo celular 2G/3G/4G/GSM EC21-AU, cable para conector SMA y tarjeta SIM de Claro (3218986965).
 - 1 módulo XBee Pro S3B con tarjeta adaptadora y cable USB-USB Micro, tipo A.

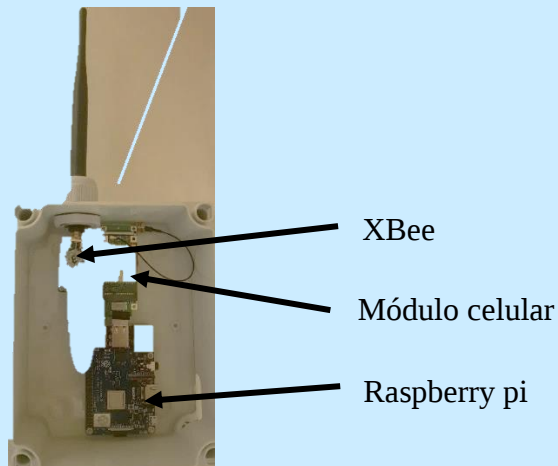


Figura 6. Interior de caja receptora.

- ii. Externamente:
 - 1 antena de XBee de 900 MHz.
 - Cargador para alimentación de Raspberry pi 3 B+.

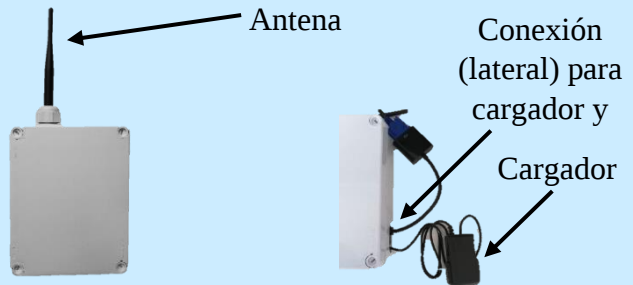


Figura 7. Caja receptora.



Figura 8. Interfaz gráfica de la unidad repetidora para visualización de datos.

6. DIAGRAMAS DE CONEXIONES



Raspberry pi – PCB Sensores

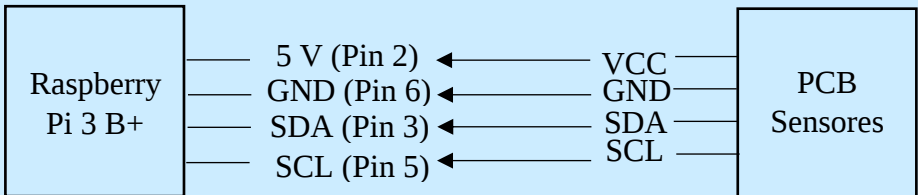


Diagrama 1. Conexión Raspberry pi-PCB sensores.

Raspberry pi – GPS

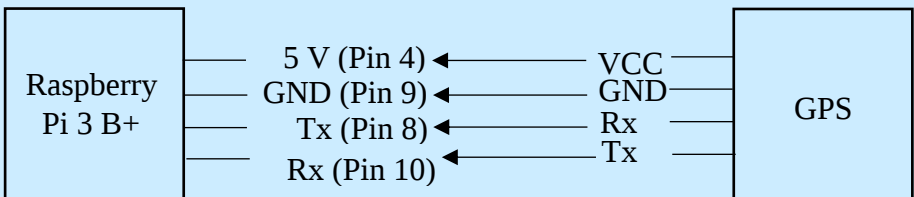


Diagrama 2. Conexión Raspberry pi-GPS.

Raspberry pi – Suministro energético, Bluetooth (BT), Módulo 4G

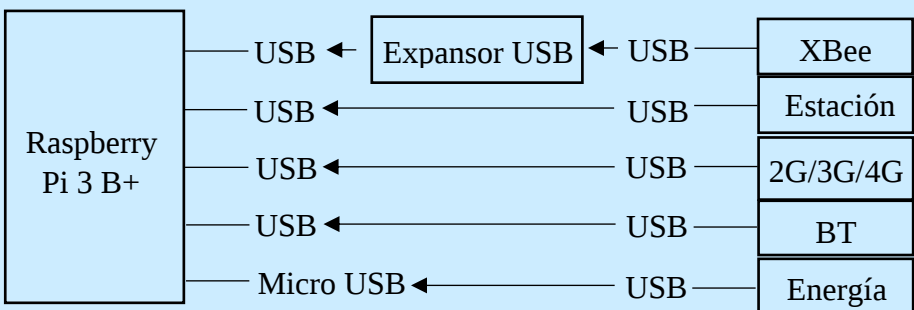


Diagrama 3. Conexión Raspberry pi-Suministro energético, Bluetooth, Módulo 4G/3G/2G y XBee.

7. RECOMENDACIONES



- Leer detenidamente todo el manual.
- Para que el sistema funcione con normalidad, debe asegurar un plan de internet (datos) para la unidad de medición (3103915058 de Claro) y para la unidad repetidora (3218986965 de Claro).
- Si requiere destapar la caja de la unidad de medición, asegúrese de hacerlo fuera del agua, con el interruptor apagado y con los paneles desconectados. Luego, retire los tornillos de las 4 esquinas y retire la tapa de la caja.



Figura 9. Tornillos de la unidad de medición (tapa).

- Si necesita retirar algún componente electrónico de la lámina de acrílico, para limpieza, reparación o reemplazo, recuerde hacerlo con el sistema apagado y con las baterías y los paneles desconectados.
- Cuando deba retirar algún componente electrónico, verifique que todos sus respectivos conectores estén desconectados. Luego, retire cuidadosamente el componente, desenroscando sus 4 tornillos de soporte, utilizando llave bristol de 2 mm y guarde los tornillos.

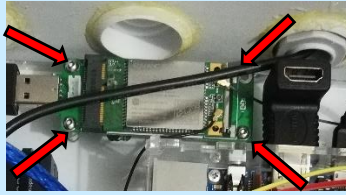


Figura 10. Tornillos bristol para componentes (ej. Módulo EC21).

- Si ha desconectado algunos componentes, recuerde cómo se encontraban inicialmente (ver diagramas de conexiones) para evitar conexiones erróneas y daños en el sistema.
- Manipular los paneles solares con precaución.
- No retirar la lámina de acrílico, a menos que sea absolutamente necesario. Si requiere hacerlo, garantice que ningún componente externo quede conectado a los componentes internos, previo a realizar la extracción de la lámina.

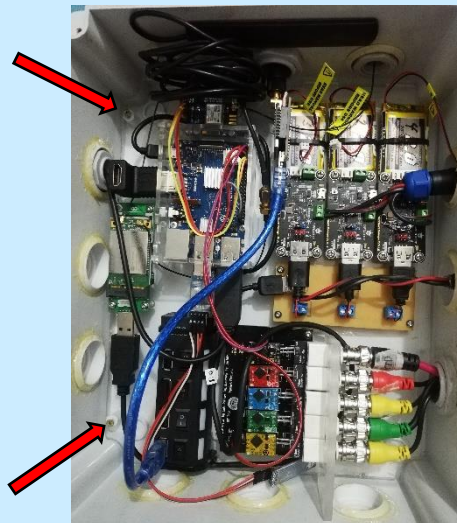
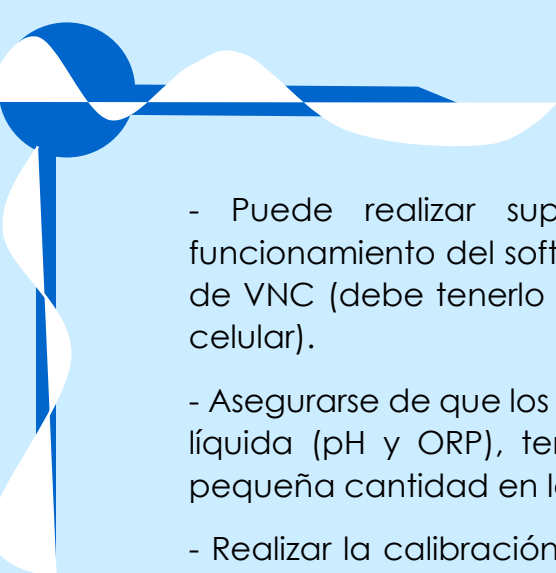


Figura 11. Tornillos de fijación para lámina acrílica.

- 
- Puede realizar supervisión y ajustes remotos del funcionamiento del software de ambas unidades a través de VNC (debe tenerlo en su computador o su dispositivo celular).
 - Asegurarse de que los sensores que necesiten protección líquida (pH y ORP), tengan suficiente. Si no, vierta una pequeña cantidad en los frascos respectivos.
 - Realizar la calibración de los sensores por lo menos una vez al año (ver guía de calibración).

8. VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS



La visualización de los datos, puede efectuarse de distintas formas, facilitando que el usuario sea realmente el destino final de la información resultante de las mediciones. Uno de los métodos es la caja de la unidad receptora mediante la interfaz gráfica mostrada en la Figura 8 de la sección 5, “Descripción del sistema”. De igual manera, los datos pueden visualizarse en la bandeja de entrada del correo electrónico de las direcciones asignadas. También es posible acceder a la información mediante un aplicativo móvil o el servidor WEB <http://monitoreoaguas.ustatunja.edu.co/>.

Cuando los datos de las mediciones no pueden visualizarse, puede deberse a alguna falla del sistema, asociada con cualquiera de las siguientes posibilidades:

- El dispositivo no enviará información al correo electrónico ni al servidor WEB si se ha quedado sin datos móviles. Por ello, debe cerciorarse de que ambas unidades (medición y receptora) tengan vigente un plan de internet (datos).
- La interfaz no recibe información si no está dentro del rango de alcance de la unidad de medición. Verifique que los datos de las mediciones se visualicen en la interfaz cuando se encuentra cerca de la unidad de medición. Después, ubique la caja receptora en un lugar donde siga recibiendo información, a una distancia mucho mayor.
- La unidad de medición podría perder la configuración establecida para los puertos de conexión de los dispositivos y puede ser necesario verificarla o ajustarla.

Para ello, destape la caja de la unidad de medición y conecte un cable HDMI a Raspberry Pi y a un monitor. Luego conecte un *mouse* y un teclado al módulo Raspberry Pi o al expansor de puertos USB. Encienda el dispositivo y ejecute el terminal de comandos (figura 12).

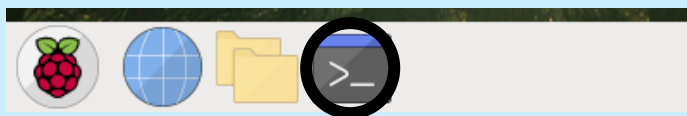


Figura 12. Terminal de comandos (LX Terminal).

Después, escriba el comando `ls /dev` (figura 13) y presione enter.

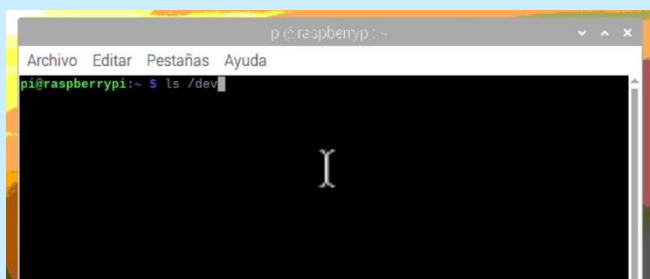


Figura 13. Comando `ls /dev` para ver configuraciones de puertos.

Al ejecutarlo obtendrá la lista de puertos utilizados por el dispositivo. Fíjese en la sección *ttyUSB* (figura 14).

```

pi@raspberrypi: ~
Archivo  Editar  Pestañas  Ayuda
cuse      mmcblk0p2      snd        tty33  tty62  vcsa2
disk      mqueue         stderr     tty34  tty63  vcsa3
fb0       net            stdin      tty35  tty7   vcsa4
fd        network_latency stdout     tty36  tty8   vcsa5
full      network_throughput tty       tty37  tty9   vcsa6
fuse      null           tty0       tty38  ttyAMA0 vcsa7
gpiochip0 ppp            tty1       tty39  truncrntk vcsm
gpiochip1 ptmx           tty10      tty4   ttyS0   vcsm-cma
gpiomem   pts            tty11      tty40  ttyUSB0 vcsu
hidraw0   ram0           tty12      tty41  ttyUSB1 vcsu1
hidraw1   ram1           tty13      tty42  ttyUSB2 vcsu2
hwrng     ram10          tty14      tty43  ttyUSB3 vcsu3
i2c-1     ram11          tty15      tty44  ttyUSB4 vcsu4
initctl   ram12          tty16      tty45  ttyUSB5 vcsu5
input     ram13          tty17      tty46  ttyUSB6 vcsu6
kmsg      ram14          tty18      tty47  unisa   vcsu7
log       ram15          tty19      tty48  uinput  vhci
loop0     ram2           tty2       tty49  urandom video10
loop1     ram3           tty20      tty5   v4l     video11
loop2     ram4           tty21      tty50  vchiq   video12
loop3     ram5           tty22      tty51  vcio    watchdog
loop4     ram6           tty23      tty52  vc-mem  watchdog0
loop5     ram7           tty24      tty53  vcs     zero
pi@raspberrypi:~$ ls -l /dev

```

Figura 14. Puerto serial 0 y puertos USB.

Las direcciones resaltadas USB0, USB1 y USB2, deben corresponder respectivamente a los dispositivos Estación meteorológica, XBee y Bluetooth. Compruebe que estas direcciones corresponden, desconectando uno de los dispositivos mencionados y volviendo a ejecutar el comando `ls /dev`. La dirección asociada al dispositivo desconectado, debería desaparecer (y aparecer tras la reconexión). Si alguna de las direcciones no corresponde, podría tener inconvenientes para la posterior visualización de la información de las mediciones.

- El sistema de baterías puede limitar la entrega de energía al sistema. Eventualmente, puede que requiera presionar el botón *Boot* de las tarjetas *Solar manager* (figura 15) para que el ciclo energético de carga-descarga se normalice.

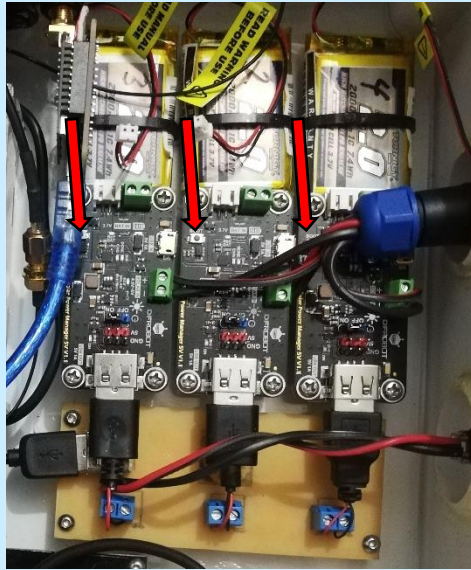


Figura 15. Botones Boot de la tarjetas Solar manager.

9. GUÍA DE CALIBRACIÓN



En esta sección, se muestran brevemente las consideraciones para la calibración de los sensores, la cual, es recomendable realizar una vez por año.

Líquido de calibración	Sensor	Variable	Valor
	-	pH y ORP (protección líquida)	No aplica
		pH	4, 7 y 10
		Potencial de Óxido-Reducción (ORP)	225 mV
		Conductividad Eléctrica (EC)	12880 μS y 80000 μS
		Oxígeno disuelto (DO)	0 mg/L
No requiere		Temperatura (RTD)	No aplica

Tabla 2. Sensores y líquidos para calibración [3].

Calibración

Una vez implementado el prototipo; este debe ser **calibrado** siguiendo los pasos establecidos por el fabricante de los sensores atlas-scientific. A continuación, se muestran las recomendaciones y procedimientos a tener en cuenta para esta calibración:

Lo más importante en la calibración es la observación continua en los datos que se adquieren a través de cualquiera de los sensores. Se debe evidenciar un valor constante si la sonda se encuentra en el proceso de calibración.

Para iniciar el proceso de calibración, se requiere conectar la Raspberry pi a una pantalla o monitor, a través del puerto HDMI. Luego, utilice un *mouse* para ejecutar el Terminal de Usuario, indicado en la figura 16.



Figura 16. Terminal de usuario o de comandos [4].

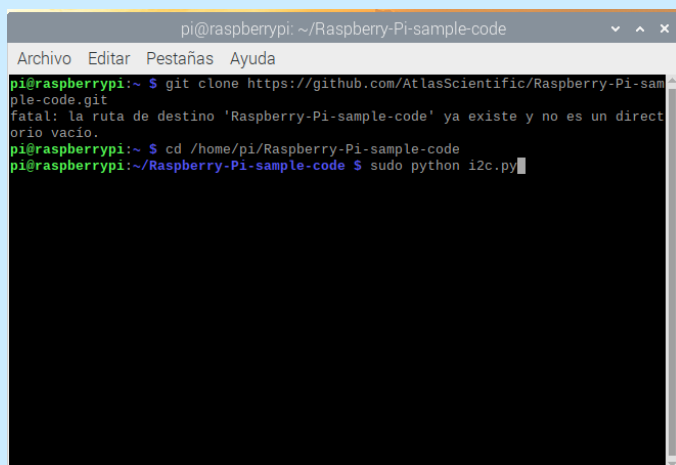
Una vez inicializado, use un teclado para ejecutar los siguientes comandos, uno por uno, y presionando enter después de cada uno (si el primero no funciona, ejecute desde el segundo o ejecute los dos primeros en una sola línea):

- `cd~`

- `git clone https://github.com/AtlasScientific/Raspberry-Pi-sample-code.git`

- `cd ~/Raspberry-Pi-sample-code`
- `sudo python i2c.py`

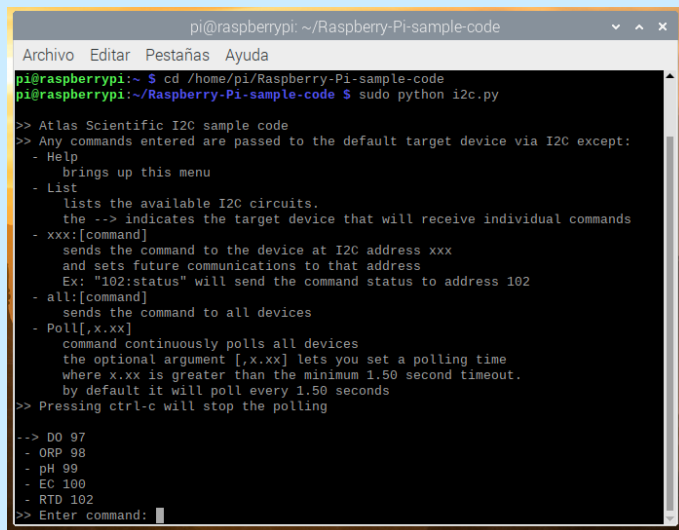
La secuencia de instrucciones para ejecutar el código de calibración, se muestra en la figura 17.



```
pi@raspberrypi: ~/Raspberry-Pi-sample-code
Archivo  Editar  Pestañas  Ayuda
pi@raspberrypi:~ $ git clone https://github.com/AtlasScientific/Raspberry-Pi-sample-code.git
fatal: la ruta de destino 'Raspberry-Pi-sample-code' ya existe y no es un directorio vacío.
pi@raspberrypi:~ $ cd /home/pi/Raspberry-Pi-sample-code
pi@raspberrypi:~/Raspberry-Pi-sample-code $ sudo python i2c.py
```

Figura 17. Secuencia de instrucciones para la ejecución del código de calibración de sensores.

Al hacerlo, iniciará la ejecución del código para realizar la calibración, donde se muestran los comandos e instrucciones, entre ellas el comando *poll* para realizar lecturas de todos los sensores o *r* para recibir un dato del sensor seleccionado (figura 18).



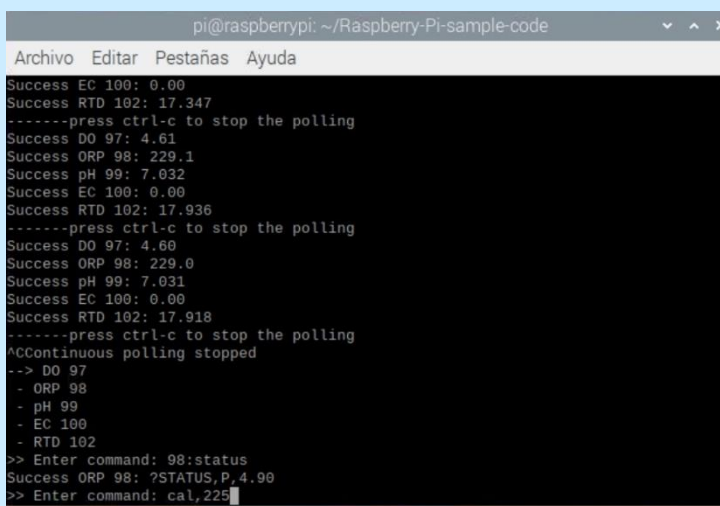
```
pi@raspberrypi: ~/Raspberry-Pi-sample-code
Archivo  Editar  Pestañas  Ayuda
pi@raspberrypi:~$ cd /home/pi/Raspberry-Pi-sample-code
pi@raspberrypi:~/Raspberry-Pi-sample-code$ sudo python i2c.py

>> Atlas Scientific I2C sample code
>> Any commands entered are passed to the default target device via I2C except:
- Help
  brings up this menu
- List
  lists the available I2C circuits,
  the --> indicates the target device that will receive individual commands
- xxx:[command]
  sends the command to the device at I2C address xxx
  and sets future communications to that address
  Ex: "102:status" will send the command status to address 102
- all:[command]
  sends the command to all devices
- Poll[,x.xx]
  command continuously polls all devices
  the optional argument [,x.xx] lets you set a polling time
  where x.xx is greater than the minimum 1.50 second timeout.
  by default it will poll every 1.50 seconds
>> Pressing ctrl-c will stop the polling

--> DO 97
- ORP 98
- pH 99
- EC 100
- RTD 102
>> Enter command: 
```

Figura 18. Lista de instrucciones para los sensores Atlas.

Cabe resaltar que la calibración debe hacerse un sensor a la vez. Por ello, cuando desee seleccionar un sensor, debe escribir su dirección, seguida de la palabra status (ej. 98:status), de acuerdo con las direcciones respectivas mostradas al inicio del programa (o indicadas mediante el comando *list*).



```
pi@raspberrypi: ~/Raspberry-Pi-sample-code
Archivo  Editor  Pestañas  Ayuda
Success EC 100: 0.00
Success RTD 102: 17.347
-----press ctrl-c to stop the polling
Success DO 97: 4.61
Success ORP 98: 229.1
Success pH 99: 7.032
Success EC 100: 0.00
Success RTD 102: 17.936
-----press ctrl-c to stop the polling
Success DO 97: 4.60
Success ORP 98: 229.0
Success pH 99: 7.031
Success EC 100: 0.00
Success RTD 102: 17.918
-----press ctrl-c to stop the polling
^CContinuous polling stopped
--> DO 97
- ORP 98
- pH 99
- EC 100
- RTD 102
>> Enter command: 98:status
Success ORP 98: ?STATUS,P,4.90
>> Enter command: cal,225
```

Figura 19. Selección del sensor ORP (dirección numérica 98) para su calibración. El comando de calibración cal, se utiliza cuando el sensor esté listo para dicho procedimiento.

Después de seleccionar el sensor, puede proceder con la calibración. Recuerde que este proceso es independiente para cada sensor y se realiza utilizando el comando `cal`, seguido del valor de referencia. Sin embargo, este valor de referencia está asociado a una solución estándar, por lo que debe introducir la sonda del sensor en la respectiva solución antes de ejecutar el comando `cal` de la figura 19.

Las consideraciones para la calibración de cada sensor se indican a continuación. Recuerde lavar cada sonda con agua pura antes y después de cada punto de calibración.

- pH: en recipientes pequeños (uno por líquido), verter una pequeña cantidad de cada líquido. Hacer la calibración en cada punto, sumergiendo el extremo de la sonda en

cada recipiente (es necesario estabilizar las mediciones en cada caso) en el siguiente orden:

1. pH 7 (punto medio). Comando: *cal,mid,7*.
2. pH 4 (punto bajo). Comando: *cal,low,4*.
3. pH 10 (punto alto) Comando: *cal,high,10*.

Los tres puntos de calibración proporcionan alta precisión sobre el rango completo de pH, estos tres valores 4.00, 7.00 y 10.00 deben considerarse como estándares de calibración. A continuación, se muestra la relación de los puntos calibrados con el total de rango en pH.



Figura 20. Rango pH con los puntos de calibración [5].

- ORP (Potencial de Oxido Reducción): El protocolo de calibración de la sonda ORP indica que su calibración depende de un único punto de verificación, para ello se hace uso de una solución de calibración de 225 mV, donde la sonda se sumerge hasta estabilizar las mediciones obtenidas (Comando: *cal,225*). Se recomienda realizar esta calibración por lo menos una vez al año.



Figura 21. Proceso de calibración sonda ORP [6].

- EC (Conductividad Eléctrica): Para la calibración de este sensor, se tienen tres pasos. Para el primero, la calibración se realiza con la sonda expuesta al aire. Para los siguientes, se debe tener unas soluciones liquidas en el orden de los μS . Después, en recipientes pequeños (uno por líquido), verter una pequeña cantidad de cada líquido, agitar la sonda para evitar burbujas de aire acumuladas en el área del sensor. Hacer la calibración en cada punto, sumergiendo el extremo de la sonda en cada recipiente, es necesario estabilizar las mediciones en cada caso con un rango máximo del 40 % en el siguiente orden:

1. 0 μS Calibración en aire. Comando: *cal,dry*.
2. 12,880 μS (punto bajo). Comando: *cal,low,12880*.
3. 80,000 μS (punto alto). Comando: *cal,high,80000*.



Figura 22. Proceso calibración sonda EC [7].

- DO (Oxígeno Disuelto): Para el proceso de calibración, primero se debe exponer la sonda al aire hasta una estabilización de los datos (calibración en aire. Comando: *cal*). Después introducir la sonda en el envase hasta estabilizar las mediciones. Se debe ajustar por programación a 0 mg/L (calibración en líquido. Comando: *cal,0*).



Figura 23. Proceso calibración sonda DO [8].

10. REFERENCIAS

- [1] Samacá, A. M. d. (2016). Plan de desarrollo municipal 2016-2019 de Samacá.
- [2] Acosta Bueno, D. M. (2016). Impactos Ambientales de la Minería de Carbón y su Relación con los Problemas de Salud de la Población del Municipio de Samacá (Boyacá), según Reportes ASIS 2005-2011.
- [3] Atlas-Scientific. Env-Sds-Kit. Recuperado de: <https://www.atlas-scientific.com/kits/env-sds-kit/>
- [4] Raspberry Pi 3 o Pi Zero - Explote todo el potencial de su nano-ordenador. Descubriendo la pantalla de Raspbian. Recuperado de: <https://www.ediciones-eni.com/open/mediabook.aspx?idR=e1ca83e2c09560ca31d417b167234219>
- [5] Atlas-Scientific. Env-Sds-Kit, pH Datasheet. Recuperado de: https://www.atlas-scientific.com/files/pH_EZO_Datasheet.pdf
- [6] Atlas-Scientific. Env-Sds-Kit, ORP Datasheet. Recuperado de: https://www.atlas-scientific.com/files/ORP_EZO_Datasheet.pdf
- [7] Atlas-Scientific. Env-Sds-Kit, EC Datasheet. Recuperado de: https://www.atlas-scientific.com/files/EC_EZO_Datasheet.pdf
- [8] Atlas-Scientific. Env-Sds-Kit, DO Datasheet. Recuperado de: https://www.atlas-scientific.com/files/DO_EZO_Datasheet.pdf

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores agradecen a la comunidad de Samacá, al Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia. Tecnología e innovación Francisco José de Caldas, al Ministerio de Ciencia, Programa Colombia Bio y la Gobernación de Boyacá por financiar al proyecto “Plataforma Comunitaria para el Monitoreo de la calidad de Agua en la región de Samacá” convocatoria 794.

