

Monitoreo Planta de Agua mediante Sistema Arduino

Jeremías Osuna¹, Julián Calderone²

¹ Facultad de Tecnología Informática, Universidad Abierta Interamericana
Av. Ovidio Lagos 944, Rosario, Santa Fe, Argentina.
jeremiasosuna@hotmail.com

² Facultad de Tecnología Informática, Universidad Abierta Interamericana
Av. Ovidio Lagos 944, Rosario, Santa Fe, Argentina.
julicalderone@hotmail.com

Resumen. El objetivo del proyecto es desarrollar un dispositivo tecnológico (prototipo) fundado en los beneficios que proporciona la gestión remota a través del Sistema Arduino, para monitorear la planta potabilizadora de la Cooperativa de Agua Potable de la ciudad de Roldán, Santa Fe. El mismo consiste en la creación de un dispositivo controlado mediante una placa Arduino que permite el monitoreo de la planta a través de internet, mediante un servidor alojado en la nube, desde donde se puede obtener en tiempo real el estado actual de la misma en materia de tensión proveniente de un proveedor (Empresa Provincial de la Energía) y estado del generador eléctrico (Encendido/apagado/automático). Este sistema permite también el envío de alertas mediante mensajes de texto a un número de teléfono móvil previamente configurado y/o e-mails a distintas casillas. El contenido de dichos mensajes es del tipo “Nivel de tensión bajo”, “Equipo generador apagado” o personalizado de acuerdo a los requerimientos del personal activo en la planta en cuestión, para que, en caso de ser necesario, reanudar mediante nuestro dispositivo, el funcionamiento de la planta.

1 Introducción

Nuestro proyecto se basa en la implementación de un dispositivo instalado en una estación o planta ubicada a una distancia de 7 km de la base de operaciones de una cooperativa dedicada a la provisión de agua potable dentro de la ciudad de Roldán, ubicada en el Departamento San Lorenzo, Santa Fe.

Este dispositivo tiene la capacidad de obtener en tiempo real, no sólo el estado de la tensión en la alimentación de la instalación eléctrica de la planta, sino también el estado del generador eléctrico trifásico instalado en la misma.

Entre los criterios tenidos en cuenta al momento de diseñar este proyecto, se encuentran la flexibilidad, fiabilidad y facilidad de uso del sistema.

Los inconvenientes generados a partir de los cortes del suministro de energía eléctrica en distintos sectores de la ciudad especialmente en épocas de temperaturas elevadas, sumados a su vez a roturas en tramos de cañerías y/o infraestructura, con el

tiempo que conlleva su posterior arreglo, y todo sumado a la desinformación del estado de las plantas en un instante puntual no permiten asegurar el continuo funcionamiento de las mismas, por lo tanto, cientos de hogares quedan sin suministro de agua potable durante extensos periodos de tiempo que dura la interrupción de energía. En la mayoría de los casos, la cooperativa termina conociendo el desperfecto a través de los reclamos telefónicos de usuarios cercanos a las plantas.

2 Estado del arte

Partiendo de la premisa de la necesidad imperiosa de tener acceso al agua potable, y teniendo en cuenta que ciudades o poblados del interior son a menudo castigados por interrupciones violentas de la corriente eléctrica, cortes prolongados y oscilaciones de la tensión que generan el salto de interruptores y tableros, nos hemos visto en la necesidad de desarrollar un prototipo que ayude a monitorear el estado de una estación alejada de la casa central, para tomar acciones en consecuencia y asegurar de esta manera, un servicio constante de un recurso tan vital como lo es el agua potable.

En los últimos tiempos se han comenzado a desarrollar dispositivos de automatización sobre todo de índole industrial, que han ayudado a optimizar en gran medida los recursos disponibles de las empresas y organizaciones generando así, mejoras en sus cadenas de producción, servicio y competitividad.

El continuo avance logró que se empiecen a construir sistemas automatizados que interactúan con el ambiente, interpretando datos que ingresan al sistema mediante sensores, y generando un resultado, el cual se materializa por medio de actuadores. La robótica y demótica son ramas de la tecnología que se basan en ellos para obtener el resultado esperado.

A continuación, se hace referencia a diferentes proyectos que fueron tomados como referencia y punto de partida para este trabajo.

El trabajo número 1 hace referencia a dispositivos de no tecnología, corresponde a un proceso meramente manual, en el cual en la mayoría de las ocasiones, el personal de la cooperativa desconoce el estado de una planta remota, por lo que la notificación de dicha situación se genera a través de los reclamos telefónicos de los habitantes del sector, deviniendo esta situación en un foco de conflicto para la correcta operatividad de la cooperativa en materia de calidad de prestación del servicio. Una vez identificado el inconveniente, otro aspecto importante es el traslado de una cuadrilla operaria en un vehículo hasta la ubicación de la planta, generando de esta manera, no solo gastos de logística, sino también pérdidas de tiempo innecesarias, el cual debería ser utilizado para resolver cuestiones de mayor relevancia.

El trabajo número 2 hace referencia a un servicio prestado por una empresa externa, consolidada en la implementación de este tipo de soluciones. La misma cuenta con un proceso de relevamiento, instalación y mantenimiento del servicio de monitoreo remoto. Se trata de la instalación de pequeños armarios con microcontroladores de

carácter industrial (PIC'S, PLC'S) y en muchos casos, dependiendo la magnitud del proyecto, Raspberry Pi y Arduino. Conectan sensores invasivos en las entradas de energía de la planta y a partir de la información relevada, los controladores toman cursos de acción predefinidos. Si bien esta alternativa representa una solución al problema inicialmente planteado, los costos de implementación y mantenimiento son grandes en materia económica para la cooperativa, ya que no solo debe afrontar los gastos de instalación inicial, materiales y mano de obra, sino también un abono mensual de mantenimiento.

El trabajo número 3 consta del arranque automático del generador a través de su propia placa de actuadores y un timer, características que son propias de la fabricación del mismo. Actualmente, esta modalidad es la que se encuentra adoptada y en funcionamiento en la cooperativa. Permite detectar la interrupción de corriente eléctrica en la locación y, al cabo de un tiempo predeterminado -por lo general diez minutos- arrancar de manera automática. El inconveniente principal, en este caso, es el apagado del mismo y la poca flexibilidad para la toma de decisiones en base al ahorro de combustible, cuidado del medioambiente, poca personalización y costos elevados

Trabajos		C1	C2	C3	C4
Nº 1	Control a través de dispositivos manuales de no tecnología		X		X
Nº 2	Control a través de dispositivos similares	X		X	
Nº 3	Arranque automático del generador			X	
Nº 4	Trabajo actual	X	X	X	X

Tabla 1. Comparación de dispositivos y trabajos anteriores con el proyecto actual

C1: Alta tecnología – C2: Personalización – C3: Automatización – C4: Bajo costo.

3 Análisis

El presente trabajo de investigación demuestra que es posible desarrollar una metodología para asegurar la correcta provisión de un servicio tan vital como el agua potable sin interrupciones, en tiempo real y a costos muy bajos utilizando tecnología reactiva y sencilla de aplicar.

A través de varios relés ubicados en sitios específicos de la planta presurizadora, se puede obtener información de la tensión eléctrica proveniente de un proveedor como es en nuestro caso la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe (EPE) y también el estado del grupo generador, el cual cuenta con una plaqueta integrada que permite un arranque automático. Para nuestro proyecto, ha sido necesario desacoplar esta funcio-

nalidad del generador, y sustituirlo por una gestión manual a través de un actuador o relé.

Se decide utilizar un sistema de relés en vez de sensores de tensión específicos como también el armado de un divisor de tensión a través de resistencias, por el hecho de su bajo costo, facilidad de uso e instalación, grandes prestaciones, soporte de altas tensiones sin inconvenientes, sistema no invasivo y su facilidad para ser testeados y reemplazados en cualquier instante y momento.

Nuestro desarrollo se basa en el uso de hardware y software libre y está conformado por los siguientes componentes:

Zona de comando:

- 1 Placa Arduino Mega 2560.
- 1 Placa Shield GSM GPRS SIM 900
- 1 Bloque integrado de 4 relés 230V / 5V dc.

Zona de potencia:

- Alimentación EPE:
 - Riel Din.
 - Zócalo para relé.
 - Relé 230V 50/60 Hz
 - Porta fusible con fusible acorde al consumo de la bobina del relé.
- Grupo generador:
 - 2 Relés 230V 50/60 Hz (entrada/salida).

Servidor:

- Servidor Linux distribución Centos 7 / Ubuntu 16.04.4 LTS.
- Web Panel Ferozo.

Una vez relevados los estados de tensión pertenecientes a la planta y al estado del generador (apagado/encendido), el prototipo envía avisos a través de internet (GSM/GPRS) a un servidor alojado en la nube. Esto permite que la información esté disponible desde cualquier dispositivo con conexión a internet en forma instantánea. Es importante destacar que al tratarse de una conexión dependiente de datos que se cobran a través de una red de telefonía celular, los avisos y alertas se ejecutan al detectar falta de tensión por un lapso no menor a los 10 minutos. En ese momento se envía una actualización del estado general de la planta mediante una alerta predefinida y los actores del sistema deben decidir si encienden el generador enviando una señal por el mismo medio o no.

El uso de estas funciones es realizado exclusivamente por el usuario registrado, por lo cual se incluye un módulo de autenticación y seguridad. El usuario se encuentra almacenado en la Base de Datos y la password, encriptada.

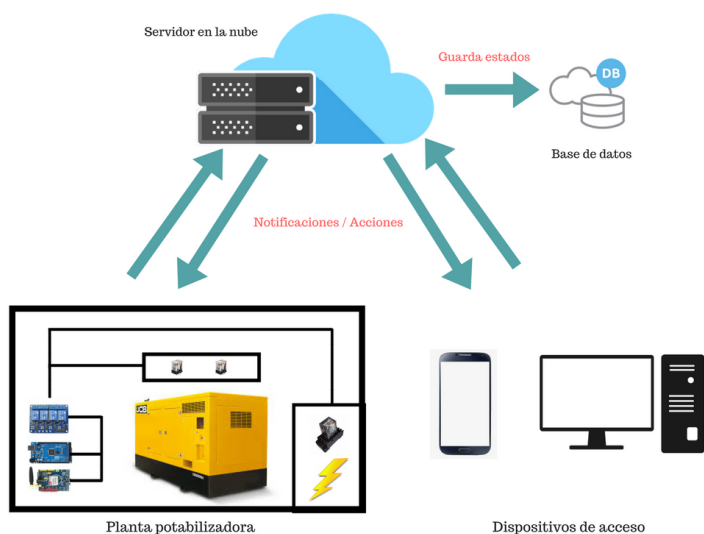


Fig. 1. Diagrama de dispositivos y acciones

4 Implementación

La implementación del prototipo se realizó por etapas. La primera etapa corresponde a la selección de hardware y la arquitectura a utilizar. La segunda etapa se enfoca en la selección del software utilizado para la interacción con el usuario.

4.1 Selección del hardware y arquitectura

Luego de haber realizado un estudio de costos y beneficios se ha optado por un servidor alojado en la nube por los siguientes motivos:

- Alta disponibilidad.
- Capacidad de crecimiento o aumento de recursos.
- Liberación de configuraciones específicas y complejas.
- No ocupa espacio físico.
- Plataforma estable.
- Accesible desde cualquier lugar del mundo con internet.

- Buenas prestaciones y rendimiento.

Este tipo de ventajas han ayudado a decantar por esta alternativa, alquilando un servicio de cloud.

4.1.1 Selección de placas, actuadores (relés) y dispositivos auxiliares

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar.

Arduino puede “sentir” el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el “*Arduino Programming Language*” (basado en Wiring) y el *Arduino Development Environment* (basado en Processing). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo con *Flash, Processing, MaxMSP*, etc.).

Arduino Mega 2560 es una versión ampliada de la tarjeta original de Arduino y está basada en el microcontrolador Atmega2560. Dispone de 54 entradas/salidas digitales, 14 de las cuales se pueden utilizar como salidas PWM (modulación de anchura de pulso). Además dispone de 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertas series), un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un conector ICSP y un pulsador para el reset.

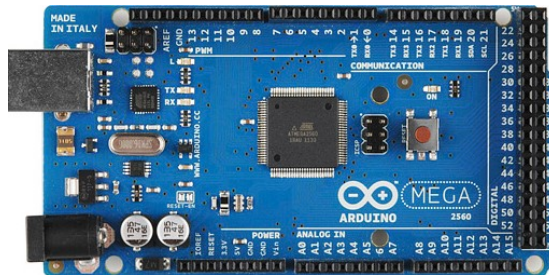


Fig 2. Arduino Mega 2560

El **Shield GSM/GPRS** se basa en el controlador SIM900 de SIMCOM y está diseñado para trabajar con Arduino y sus versiones compatibles. Este shield permite comunicarte usando la red GSM de telefonía celular y es posible acceder a los servicios SMS, MMS, GPRS y telefonía de una manera sencilla enviando comandos AT.



Fig 3. Shield GSM/GPRS SIM 900

El relé es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.



Fig 4. Bloque integrado de 4 relés 230V/5V dc



Fig 5. Relé 230V 50/60 Hz sobre zócalo

4.2 Selección del software

El software seleccionado es totalmente libre, con un cloud corriendo una versión Linux en su distribución Centos 7.0.4, un servidor Apache, Base de Datos MySQL 5.7

y para el desarrollo de las interfaces de usuarios se utiliza HTML5, CSS3, JavaScript, en tanto que para la programación del lado del servidor será con PHP versión 5++.

La aplicación tiene un registro de usuarios, los cuales están autorizados a utilizar el prototipo y deben loguearse para tal fin.

En este Arduino utilizamos la programación Web Cliente, la cual nos permite enviar la información leída de los actuadores por medio del método GET al servidor de la Base de Datos.

4.3 Funcionamiento

El funcionamiento básico consta de un fusible conectado a la entrada de energía de alimentación de la planta (EPE), y la salida al zócalo del relé. Los contactos auxiliares del mismo se conectan directamente a una entrada digital del Arduino Mega utilizando un contacto común y normalmente abierto o cerrado, dependiendo de la programación de la placa. La detección de falta de alimentación eléctrica se debe relevar durante un periodo determinado de tiempo, ya que se deben descartar bajones o disminuciones de tensión, las cuales son muy comunes en comunidades del interior santafesino. El Arduino lee continuamente el estado del pin de entrada configurado para dicho fin. En caso de detectar falta de tensión, (por ejemplo registrando un 0), el mismo toma la acción de enviar mensajes a celulares, mails y de subir el estado correspondiente a la nube a través del modulo GSM/GPRS Sim900 de manera instantánea, obteniendo de esta manera, información valiosa en tiempo real.

Una vez verificada la interrupción de la energía en el sitio y avisados los participantes preestablecidos, éstos pueden solicitar en caso de que corresponda, el encendido del equipo generador mediante el envío de una señal a través del servidor en la nube. Al estar alojado en Internet, esta función puede ser ejecutada desde cualquier dispositivo que tenga acceso a la red. El mismo emula un envío de un SMS a la placa GSM y mediante comandos AT se ordena al Arduino encender el equipo correspondiente. Este procedimiento se realiza a través del bloque integrado de relés 5V dc, donde se configura un pin digital del Arduino como salida conectado a uno de los mismos, y se envía una señal de HIGH, un delay de 1 segundo, y una de LOW, actuando como un pulsador conectado a otro relé en el grupo electrógeno. Para determinar si el equipo ha sido encendido, existe un relé extra en él, donde sus contactos auxiliares responden a otro pin digital del Arduino, constatando si se ha encendido con éxito o ha fallado, y poder mostrar información al respecto necesaria para la toma de decisión de volver a insistir o proceder a una reparación.

De similar procedimiento, en el caso de restablecimiento de la energía eléctrica, el modulo emite una alerta de aviso, permitiendo la opción de apagar el generador a través de una orden proveniente del servidor.

5 Conclusiones y futuras líneas de investigación

Las cooperativas ubicadas en distintos puntos del interior, carecen en muchos casos de los recursos económicos necesarios para afrontar la instalación de soluciones industriales o a gran escala, por lo que creemos y estamos convencidos que representamos la mejor alternativa para contribuir a la asistencia y solución de estos inconvenientes.

Las instituciones involucradas presentarán una mejor calidad de servicio, una rápida respuesta e independencia de otros organismos y/o empresas como EPE, para poder seguir garantizando la prestación del servicio y evitar la consecuente congestión de reclamos, disgustos y necesidades de cada uno de los asociados y usuarios.

El proyecto es totalmente adaptable a distintos esquemas de infraestructura, como así también la oportunidad de crecimiento y adición de diferentes funcionalidades lo transforman en una potencial solución de índole integral para diversos escenarios que se puedan presentar en materia técnica y sanitaria.

En pruebas prototipadas, hemos simulado el corte de suministro eléctrico desde un interruptor básico (llave abre/cierra) conectado al relé de entrada destinado a obtener información de la tensión residente en la planta. En este punto, se ha trabajado en la optimización del código perteneciente al Arduino, con el objetivo de obtener los datos en forma fehaciente y a su vez libre de inconvenientes generados por el loop interno de la placa. En la programación a continuación expuesta, se puede ver que al detectar falta de energía, se dispara un sms a un número especificado alertando de la situación con el texto “Falta de tensión en planta. Mensaje 1/2.”. Luego se aguarda un espacio de tiempo de 3 minutos, y se vuelve a relevar el estado de tensión. En el caso de volver a obtener un estado LOW (falta de energía), dispara nuevamente otro sms con el texto “Falta de tensión en planta. Mensaje 2/2. Tome curso de acción”. De esta forma aseguramos que el primer mensaje no haya sido producido por un bajon de tensión o inconsistencia, y le damos la posibilidad al usuario de tomar una acción determinada.

```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM900(10, 11);

char incoming_char = 0; // Variable que guarda los caracteres que envia el SIM900
String mensaje = "";
int pinRele1EntradaGenerador = 12;
int pinRele2EntradaTension = 13;
int pinRele3Salida = 14;
bool estado = false ;
int intentos = 1; // Inicializo la cantidad de intentos

void setup() {
  pinMode(pinRele1EntradaGenerador, INPUT) ; // Relé de entrada para saber si el generador esta encendido
  pinMode(pinRele2EntradaTension, INPUT) ; // Relé de entrada para sensar tension
  pinMode(pinRele3Salida, OUTPUT) ; // Relé de salida para ejecutar accion
  inicializaSIM900();
}

void loop() {

  delay(600000); // Ejecuta la revision cada 10 minutos
  int valueTension = digitalRead(pinRele2EntradaTension);

  if(valueTension == LOW){
    mensaje_sms("Falta de tension en planta. Mensaje " + intentos + "/2");
    intentos++;
    delay(180000); // Aguarda 3 minutos por si fue un bajon de tension
    valueTension = digitalRead(pinRele2EntradaTension); // Vuelve a tomar el valor de entrada.
    if(valueTension == LOW){
      mensaje_sms("Falta de tension en planta. Mensaje " + intentos + "/2. Tome curso de acción.");
      intentos = 1;
    }
  }

  if (SIM900.available() > 0){
    incoming_char = SIM900.read(); // Guardamos el carácter del GPRS
    Serial.print(incoming_char); // Mostramos el carácter en el monitor serie
    mensaje = mensaje + incoming_char ; // Añadimos el carácter leído al mensaje
  }

  accion_SMS();
}

```

Fig.6 Código inicialización, chequeo y toma de acción.

En dicha prueba, los tiempos de notificación han sido realmente muy buenos. En el primer mensaje, hasta recibir la notificación, transcurrieron 32 segundos, y el tiempo entre el primero y el segundo ha sido de 4 minutos 21 segundos, es decir, 1 minuto 21 segundos de delay/retraso (teniendo en cuenta la espera programada de 3 minutos).

```

void inicializaSIM900()
{
  //digitalWrite(9, HIGH); // Descomentar para activar la alimentación de la tarjeta por Software
  //delay(1000);
  //digitalWrite(9, LOW);
  delay (5000);
  SIM900.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie para el SIM900
  Serial.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie del Arduino
  Serial.println("OK");
  delay (1000);
  SIM900.println("AT + CPIN = \"5476\"); //Comando AT para introducir el PIN de la tarjeta
  delay(25000); //Tiempo para que encuentre una RED
  Serial.println("PIN OK");
  SIM900.print("AT+CLIP=1\r"); // Activa la identificación de llamada
  delay(100);
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // Configura el modo texto para enviar o recibir SMS
  delay(1000);
  SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r"); // Saca el contenido del SMS por el puerto serie del GPRS
  delay(1000);
}

void accion_SMS()
{
  int on = mensaje.indexOf("Encender"); //Buscamos el texto en el SMS
  int off = mensaje.indexOf("Apagar"); //Buscamos el texto en el SMS
  if (led_on >= 0)
  {
    digitalWrite( pinRele3Salida, HIGH) ;
    Serial.println("\n ENCENDIDO");
    mensaje = "" ; //Bórralo para la próxima vez
  }
  if (led_off >= 0)
  {
    digitalWrite( pinRele3Salida, LOW) ;
    Serial.println("\n APAGADO");
    mensaje = "" ; //Bórralo para la próxima vez
  }
}

```

Fig 7. Funciones de inicialización SIM900 y acción mediante SMS.



Fig 8. Captura de mensajes enviados desde Arduino.

Para el caso de tomar un curso de acción, (en este caso el encendido/apagado del generador a distancia), se simuló a través de un led conectado al relé de salida de la placa, destinado a la puesta en marcha del grupo electrógeno. El proceso consistió en el envío de un sms a la placa, con el texto “Encender” o “Apagar”. Mediante la pro-

gramación en la placa, se validó el texto enviado y se envió una señal de encendido (HIGH) o apagado (LOW) al relé en cuestión. Los resultados obtenidos fueron favorables, pero a diferencia del proceso de notificación, el retraso de acción se extendió a 1 minuto 56 segundos hasta que el led se encendió, y de 1 minuto 36 segundos hasta que se apagó.

Las variaciones dependen de la capacidad operativa de las redes de celulares en un instante dado. Somos conscientes que habitamos un país con un nivel de infraestructura de comunicaciones bastante saturado, deteriorado y con poco mantenimiento, y este tipo de soluciones pueden presentar demoras o estar sujetas a disponibilidad telefónica, pero de todos modos y por tratarse de un dispositivo que ahorra energía, gastos de logística y comodidad operativa, es un gran aporte para el correcto funcionamiento de una cooperativa y la satisfacción de una comunidad entera.

Cabe aclarar y destacar que nuestro proyecto ha sido considerado seriamente por parte de las autoridades de la cooperativa para ser implementado en un futuro cercano, pero que no ha podido ser instalado definitivamente hasta el momento, debido a estar en etapa de revisión por parte del personal técnico de la misma. Esto se debe a que se trata de equipos de carácter delicado en cuanto a intensidad de tensión, y se requiere un minucioso estudio de los valores intercambiados entre la zona de potencia y la de comando para evitar la avería de alguna de ellas. Por último, hemos presentado presupuestos referentes a los materiales, placas y equipos necesarios para implementar el proyecto señalado, obteniendo una respuesta satisfactoria y muy positiva por parte de las autoridades.

Como parte de una segunda etapa de desarrollo, se espera poder relevar el estado de los tableros de control de bombas presurizadoras y captadoras, ya que al ser muy sensibles a oscilaciones bruscas de tensión, quedan con estados inconsistentes, lo que produce la parada de las bombas generando así, el detenimiento de la inyección de agua a la red domiciliaria. Nuestro anhelo es el reseteo de los mismos a través de la aplicación de políticas similares a lo expuesto en este desarrollo. Somos conscientes que la mejora en el servicio de agua potable es de carácter vital, necesario y prácticamente obligatorio para mantener una calidad de vida racionalmente saludable.

Referencias

1. Germán Tojeiro Calaza. Taller de Arduino: Un enfoque práctico para principiantes.(2014) ISBN:978-84-267-2150-1
2. Massimo Banzi (co-founder of Arduino). Getting Started with Arduino, 3ra Edición.(2014) ISBN:978-1-449-309879
3. Enrique Crespo. Aprendiendo Arduino. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com>
4. Dieter Rams. 10 principios para un buen diseño industrial (2012). Disponible en: <http://blog.i-mas.com/906/10-principios-para-un-buen-diseno-industrial/>
5. La importancia del agua en el cuerpo humano (2011) – Fuente Prensa Libre Disponible en: http://www.prensalibre.com/salud/importancia-agua-cuerpo-humano_0_484151758.html
6. Shield GSM/GPRS SIM 900 – Fuente Prometec. Disponible en:

- <https://www.prometec.net/gprs-enviar-recibir-llamadas-sms/>
7. Tecnología Arduino – Fuente Arduino. Disponible en: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
 8. D. Vargas González - Automatización Plantas de Tratamientos Agua Potable (2013). Disponible en: https://www.academia.edu/25584021/Automatizacion_Plantas_de_Tratamiento_Agua_Potable_Presentacion
 9. Arduino. Curso práctico de formación. Capítulo 6, página 293.