

SISTEMA DE MONITOREO DEL SUMINISTRO Y ALMACENAMIENTO DE AGUA
A TRAVÉS DE UNA APLICACIÓN MÓVIL EN LA VEREDA CÓRDOBA BAJO,
FINCA RINCÓN SANTO, CHIQUINQUIRÁ

MANUEL ANDRES ORTIZ SANDOVAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2018

SISTEMA DE MONITOREO DEL SUMINISTRO Y ALMACENAMIENTO DE AGUA
A TRAVÉS DE UNA APLICACIÓN MÓVIL EN LA VEREDA CÓRDOBA BAJO,
FINCA RINCÓN SANTO, CHIQUINQUIRÁ

MANUEL ANDRES ORTIZ SANDOVAL

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico y de
Telecomunicaciones

Director
JOSE ROBERTO CUARAN VALENZUELA
Ingeniero Electrónico, MSc.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2018



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Mes de 2018

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia, mis amigos, mi esposa y a mi hijo, por haber compartido todo este proceso a mi lado y haber sido ese apoyo cuando lo necesitaba.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN

1 GENERALIDADES.....	15
1.1 ANTECEDENTES	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 JUSTIFICACIÓN	19
4 MARCO TEÓRICO.....	20
4.1 SENSORES DE NIVEL	20
4.2 ELECTROVÁLVULAS.....	22
4.3 AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	23
4.4 MICROCONTROLADOR	24
4.5 SISTEMAS SCADA.....	25
4.6 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS ZIGBEE	26
4.7 ENERGÍA ALTERNATIVA SOLAR	26
5 METODOLOGÍA.....	28
5.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	28
5.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	29
5.3 PUESTA EN MARCHA	29
6 DESCRIPCIÓN LOS COMPONENTES	30
6.1 SENSORES	30
6.2 ELECTROVALVULAS.....	31
6.3 ARDUINO.....	32
6.4 XBEE S2C PRO.....	34
7 DISEÑOS	37
7.1 SENSADO DE NIVEL	37
7.2 CONTROL.....	38

7.3	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	39
7.4	ALMACENAMIENTO DE DATOS	40
7.5	ETAPA DE POTENCIA	40
7.6	ESTRUCTURA LOGICA	41
7.7	APLICACIÓN MÓVIL	42
8	IMPLEMENTACIÓN	44
8.1	ESTANQUE	44
8.2	TANQUE	44
8.3	SUMINISTRO DE AGUA.....	45
8.4	MODULO DE CONTROL	47
9	PRUEBAS DEL PROTOTIPO	48
9.1	ACTUADORES	48
9.2	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	49
9.3	ALMACENAMIENTO DE DATOS	53
9.4	APLICACIÓN	54
10	DESCRIPCIÓN ECONÓMICA DEL TRABAJO DE GRADO	55
11	CONCLUSIONES.....	56
12	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	57
	BIBLIOGRAFÍA.....	58
	ANEXOS	

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Comparación entre las fuentes energéticas.....	27
Tabla 2 Características sensor de nivel	30
Tabla 3 Características sensor de flujo.....	31
Tabla 4 Características electroválvulas	32
Tabla 5 Versiones del S2C	35
Tabla 6 Comparación tecnologías inalámbricas	36
Tabla 7 Comparación para Autómata	39
Tabla 8 Costo Final de la Implementación.....	55

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Diferentes tipos de control de nivel.....	21
Figura 2 Válvula de bola	22
Figura 3 Electroválvula	23
Figura 4 Pirámide de Automatización	24
Figura 5 Arquitectura interna de un microcontrolador	25
Figura 6 Esquema básico de un SCADA	26
Figura 7 Metodología	28
Figura 8 Sensor de nivel	30
Figura 9 Sensor de flujo.....	31
Figura 10 Electroválvula de dos entradas.....	32
Figura 11 Arduino ONE.....	33
Figura 12 ENC28J60	33
Figura 13 RTC (Real Time Clock).....	34
Figura 14 Módulos Xbee PRO S2C	35
Figura 15 Sensado de nivel	37
Figura 16 Sistema de sensado	38
Figura 17 Diagrama de control.....	38
Figura 19 Modulo Xbee con celda solar.....	40
Figura 20 Modulo de dos Relés	41
Figura 21 Aplicación móvil	42
Figura 22 Finca Rincón Santo.....	43
Figura 23 Plano cobertura Wifi.....	43

Figura 24 Estanque sensado	44
Figura 25 Tanque sensado	45
Figura 26 Electroválvula instalada	46
Figura 27 Sensor de Flujo instalado	46
Figura 28 Modulo de control	47
Figura 29 Prueba electroválvula	48
Figura 30 Prueba Xbee 30 metros	49
Figura 31 Prueba Xbee 60 metros	50
Figura 32 Prueba Xbee 90 metros	51
Figura 33 Prueba Xbee 120 m aproximadamente	52
Figura 34 Confirmación de Datos guardados	53
Figura 35 Lectura de datos	53
Figura 36 Componentes gráficos de la aplicación	54

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A Prueba sensor de nivel 1	61
Anexo B Programación de APP	63

GLOSARIO

AUTOMATIZACIÓN: es el uso de sistemas o elementos computarizados que sirven para controlar maquinas o procesos industriales

ARDUINO: es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

ENERGÍA LIMPIA: Excluye cualquier tipo de contaminación resultante de su obtención, desarrollo y uso.

PANEL SOLAR: dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar mediante energía solar térmica y son utilizados para generar electricidad.

TEMPERATURA: magnitud física que hace referencia al movimiento de las partículas de un cuerpo, las cuales están directamente relacionadas con la sensación de calor y frio.

RESUMEN

En este trabajo grado se diseña una propuesta a la problemática del monitoreo de agua en las zonas rurales, debido a la importancia que tiene este recurso natural para el desarrollo económico del departamento de Boyacá.

En el caso puntual de la finca Rincón Santo ubicada en la vereda de Córdoba Bajo del municipio de Chiquinquirá, una zona donde la agricultura y la ganadería es su principal fuente económica. Se diseña un sistema de monitoreo, para el suministro y almacenamiento del agua, usando elementos de bajo costo y con un bajo consumo energético, esto genero una comparación técnica y económica de las diferentes tecnologías que permitieran dar solución a la problemática.

De esta forma se busca mitigar el tiempo empleado en el desplazamiento y cambio de mangueras cuando los tanques se llenan. Mediante un sistema de comunicación inalámbrica se transporta la información adquirida por los sensores, esto evita rupturas de cable, también se genera el estudio para la implementación de celdas fotovoltaicas que se encargaran de alimentar los dispositivos inalámbricos.

Toda esta información se canalizará mediante una aplicación para dispositivos Smart, con una interfaz amigable para el uso convencional, de esta manera se generarán reportes del suministro al mes y facilita la toma de decisiones al momento de invertir en un cultivo o en la compra de ganado.

Con la automatización del sistema se evitará la manipulación de mangueras y registros, aumentando la vida útil de estos elementos y bajando costos de mantenimiento y mano de obra.

PALABRAS CLAVES: ARDUINO UNO R3, CONTROL AUTOMÁTICO, SENSOR NIVEL, XBEE PRO S2C

INTRODUCCIÓN

En las zonas rurales las actividades más comunes son la ganadería y la agricultura, en Boyacá y Cundinamarca son el eje económico para su desarrollo, ofreciendo una variedad de productos como la papa, la arveja, el maíz, productos lácteos, productos cárnicos y muchos más. Uno de los grandes problemas que afrontan la ganadería y la agricultura es el desabastecimiento del agua, muchas veces es por qué se encuentra muy lejos el almacenamiento y otras por las sequías que se presenta en épocas del año.

La tecnología actual permite tener un mejor manejo en la distribución de este recurso, como en un sistema de riego automatizado en donde permite un uso de agua con la proporción que requiere la planta y así lograr una mejor producción, también la distribución de agua para bebederos en el sector agropecuario, garantizando que los animales tengan el agua necesaria para un buen desarrollo y crecimiento.

Todos estos proyectos tienen en común el almacenamiento y suministro del agua. Para una buena gestión de almacenamiento y distribución se debe integrar un sistema de monitoreo que permita conocer las fallas en el proceso, de esta forma se puede intervenir de manera oportuna, garantizando el buen estado de los elementos y la calidad del agua, además el desarrollo de software que facilitan el uso continuo y creciente de estas tecnologías.

Con todos estos elementos integrados se obtiene un sistema SCADA de fácil acceso para la población rural.

1 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El agua es un recurso necesario para los seres vivos, convirtiéndose en un factor indispensable para el desarrollo socioeconómico de una comunidad, en las actividades de las zonas rurales como la ganadería y la agricultura, el abastecimiento de agua es crucial para garantizar productos de calidad.

Desde el inicio de las comunidades en el territorio colombiano se ha buscado garantizar el acceso y el buen manejo de las fuentes hídricas, como lo expone Carlos Garizado Toro¹, en las diferentes normas que tratan sobre la soberanía y el manejo adecuado de las aguas en el territorio colombiano.

En las dos últimas décadas el aumento de la crisis mundial por el mal manejo y despilfarro del recurso hídrico, sumado a los fenómenos climáticos, aumento la preocupación por la escasez de este recurso, generando la necesidad de estructurar diversos estudios que conlleven a identificar las causas y efectos de las actividades económicas que más influyen en las fuentes naturales de agua. Arévalo, Lozano y Sabogal² explican la importancia del reconocimiento de la huella hídrica para el desarrollo socioeconómico de un país. El reconocimiento de una huella hídrica es la identificación de la cantidad de agua utilizada para la producción y manutención de un servicio o producto. En el sector agrícola, una de las actividades económicas de las zonas rurales, es importante identificar la huella hídrica para la toma de decisiones frente al uso adecuado del agua.

En la mayoría de las zonas rurales no se cuenta con fuentes hídricas en cercanías, se debe aprovechar cualquier fuente de agua, como las aguas lluvias o aguas subterráneas, para disminuir la falta de este recurso en las labores cotidianas, es de entender que estas fuentes no proveen agua potable, pero garantizan una mínima cantidad para actividades que no sean de consumo, de acuerdo con Gustavo Betancour³ las aguas lluvias podrían ser una solución para la insuficiencia del abastecimiento de agua, a pesar que el estudio de Gustavo Betancourt es en un sector urbano nos da luz a una solución en zonas rurales.

No es suficiente identificar las diferentes huellas hídricas y aprovechar diferentes formas de adquirir el agua, si no se tiene un buen manejo de almacenamiento y

¹ TORO, Carlos Garizado. Evolución del derecho de aguas en Colombia: más legislación que eficacia. EN: Revista Actualidad Jurídica. Diciembre, 2011. Vol. 3-4, p. 35-43

² ARÉVALO, Diego; LOZANO, Juan; SABOGAL, Javier. Estudio nacional de huella hídrica Colombia sector agrícola. EN: Revista Internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo, 2011, no. 6. p. 101-126.

³ BETANCOURTH, Gustavo Sandoval. Ventajas económicas del aprovechamiento del agua lluvia. EN: Equidad & Desarrollo, 2016, no 26, p. 101-113.

distribución del agua, mediante mecanismos que garanticen una supervisión adecuada y continua de este almacenamiento.

Hoy en día, la tecnología ofrece distintas maneras de hacer un adecuado control de distintas variables, así se logra obtener los datos necesarios para la toma de decisiones. Con sensores se logra obtener información del nivel de agua que un recipiente tiene, ya sea un tanque o el cauce de un río, de esta manera identificar cuanto y cuando se debe usar este recurso, antiguamente se generaban rutinas para lograr la adquisición de estos datos de forma manual, pero como sustenta Fátima de los Ángeles Quishpe Estrada⁴ es más eficiente una captación de datos de forma continua y autónoma para garantizar las operaciones técnicas que el sistema requiera.

Tener información en el momento adecuado es indispensable para la toma de decisiones, y una de las maneras de hacer asequible los datos al personal encargado es mediante un sistema SCADA (supervisión, control y adquisición de datos), este sistema permite conocer el estado de los elementos y/o variables a supervisar. Como no todo el mundo tiene los conceptos básicos de sensores, actuadores, electricidad y automatización, se implementa una interfaz hombre/máquina (HMI) para que el rango de operarios se amplíe y no se necesite de amplios conocimientos.

En Perú, Huayta Sucasaca⁵ expone una solución a la escasez y mal uso del agua en el distrito de Puno, implementando sensores y actuadores para generar un control en el suministro de los tanques de las edificaciones, esto sumado a un sistema SCADA, ofrece información vital para el buen uso del recurso hídrico.

Una de las problemáticas de estos sistemas son las distancias, debido a los largos trayectos de cableado que debe instalarse para la supervisión, además de los terrenos montañosos que ofrecen zonas de difícil acceso, en donde se encuentran la gran mayoría de fuentes hídricas como ríos, quebradas, riachuelos y nacimientos de agua, las comunicaciones inalámbricas fueron desarrolladas para mitigar la falta de conectividad entre equipos, en estos sectores y no tener que extender cables por todo lado.

Así como en zonas sufren por la falta de agua, en otras zonas tienen inconvenientes por el exceso de ella, en Barranquilla (Colombia), afrontan grandes inconvenientes

⁴ QUISHPE ESTRADA, Fátima de los Ángeles. Diseño de un prototipo de sistemas SCADA para el monitoreo de captación, almacenamiento y distribución de agua potable para la EP-EMAPAR. Tesis de Maestría. Magister en sistemas de control y automatización industrial. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017.

⁵ SUCASACA, Huayta, et al. Diseño e implementación de un sistema scada para el control de nivel de agua para uso doméstico mediante redes industriales. Puno: Universidad Nacional del Altiplano Puno. Facultad de ingeniería mecánica eléctrica, electrónica y sistemas. Programa de Ingeniería Electrónica, 2017.

cuando las lluvias azotan la zona, debida a los fuertes arroyos, Alejandro Cama Pinto⁶ y compañía diseñaron una red de sensores para monitorear el estado climático que genera estos fuertes arroyos, mediante una red de módulos Xbee PRO S2C que manejan un protocolo Zigbee 802.15.4 de bajo consumo y bajo costo, cubriendo una zona de 15 Km en un ambiente libre de obstáculos y hasta de 40 m en una zona urbana.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El municipio de Chiquinquirá afronta una crisis de agua por más de un año, debido al bajo nivel del río Suarez y al secamiento de la laguna Fúquene, afectando alrededor de 80 mil personas en las zonas urbanas y rurales. En la vereda córdoba bajo de este municipio, el problema no es menor; debido a su cercanía al pueblo, cuenta con un suministro muy reducido por parte del acueducto, esto, sumado a los cambios climáticos de los últimos años, agudiza la problemática del suministro de agua para las fincas de la zona.

En la finca Rincón Santo se crearon alternativas para el almacenamiento del agua, generando pozos en lugares donde la montaña tiene yacimientos de agua, surtiendo así seis tanques plásticos de 500 litros. Además, se construyó un tanque de concreto con capacidad de 12000 litros, para almacenar el agua suministrada por el acueducto.

Con esta variedad de almacenamiento y suministro es necesario el traslado de personal a largas distancias para el cambio constante de mangueras y revisión de los tanques, para evitar pérdidas de agua al momento de llenado de estos. Estas acciones son insuficientes por la cantidad de pozos y tanques que están ubicados en la finca, además la distancia entre ellos, produciendo pérdidas considerables de agua y retrasos en los tiempos de ejecución de las tareas de suministro.

Esto afecta considerablemente los cultivos de maíz y de papa que en la finca se realizan periódicamente, y no permite cultivar otros productos por la cantidad de agua que se requiere para que sea productivo. Limitando las actividades a la ganadería que también se ve afectada por la poca producción de leche.

⁶ CAMA PINTO, Alejandro, et al. Diseño de una red de sensores inalámbricos para la monitorización de inundaciones repentinas en la ciudad de Barranquilla, Colombia. EN: Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 2016, vol. 24, no 4, p. 581-599.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Monitorear mediante una aplicación móvil la captación y suministro del agua en la finca Rincón Santo en el municipio de Chiquinquirá.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Controlar el llenado de los tanques y los estanques de agua mediante sensores de nivel.
- Tener una comunicación entre los dispositivos de control de llenado de tanques y estanques mediante comunicaciones inalámbricas.
- Implementar energía alternativa para la alimentación de los dispositivos de control de llenado de los estanques con celdas solares.
- Diseñar la estructura para la adquisición y almacenamiento de datos.

3 JUSTIFICACIÓN

En la finca Rincón Santo, del municipio de Chiquinquirá, presenta una problemática en el suministro y la distribución de agua en este terreno, debido a que es una zona rural es necesario implementar una serie de tecnologías que optimicen el almacenamiento y la distribución del recurso hídrico, ya que es necesario para la actividad agrícola y ganadera de esta zona.

Debido a que se invierte mucho tiempo en el manejo y distribución del agua, genera sobrecostos en los cultivos y en el cuidado de los animales. Con este trabajo de grado se buscó activar económicamente la ganadería y la agricultura en la zona, dando herramientas tecnológicas que les permiten tener mayor tiempo y reducir gastos en los procesos.

En la actualidad los dispositivos móviles como los teléfonos inteligentes, brindan una serie de herramientas para la integración de diferentes sistemas. De esta manera la integración de un sistema de supervisión, control y adquisición de datos con los dispositivos móviles proporciona información oportuna que permita gestionar de una manera eficiente el recurso hídrico, logrando reducir la cantidad de agua desperdiciada y optimizando los tiempos para el monitoreo del sistema.

4 MARCO TEÓRICO

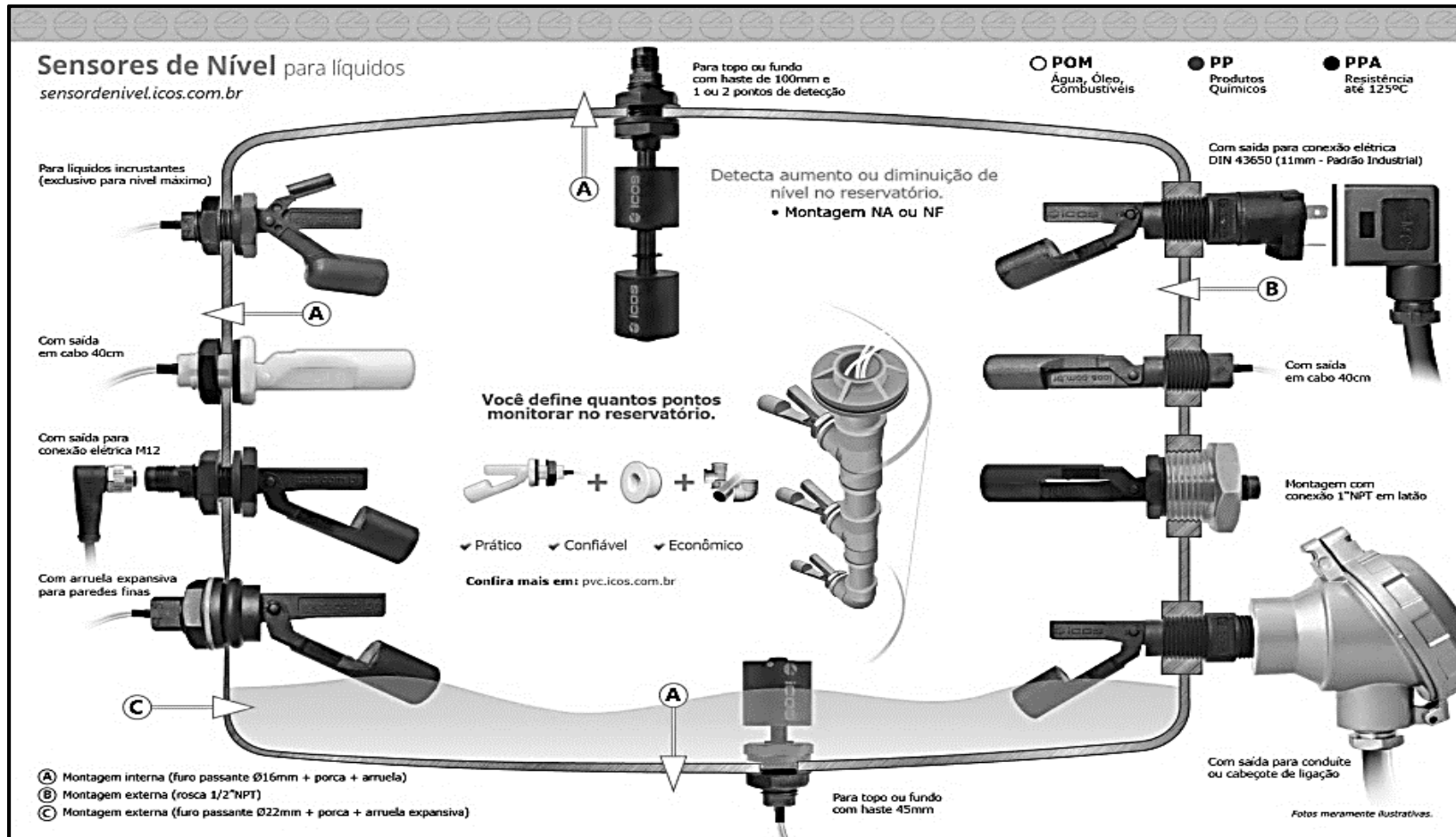
4.1 SENSORES DE NIVEL

Los sensores de nivel son herramientas que nos permite conocer la altura de un material dentro de un recipiente, hay dos clases de sensores de nivel uno es de punto y el otro es continuo. Los sensores de nivel de punto funcionan como una alarma en determinado punto, cuando el material alcanza cierto nivel el sensor emite una señal eléctrica indicando que sobre paso el nivel de supervisión o que el nivel es más bajo de lo requerido. Los sensores de nivel continuos son más robustos y generan un sensado continuo del nivel del material en vez de un solo punto, esto produce una señal análoga la cual se relaciona al nivel del recipiente del material.

Se cuentan con varios tipos de sensores.

4.1.1 Sensores o interruptores de flotador. Estos sensores o interruptores de nivel de punto funcionan con la fuerza ejercida por las moléculas del material a un elemento lleno de aire que ejerce menor fuerza, así al llegar a cierto punto un interruptor se cierra y genera un pulso eléctrico (ver figura 1).

Figura 1 Diferentes tipos de control de nivel



Fuente: PLUS.GOOGLE. EICOS Sensores para Líquidos [en línea]. Sorocaba: icos excelec ltda [citado 1 de junio, 2018]. Disponible en Internet: < URL: <https://plus.google.com/+IcosExcelec>

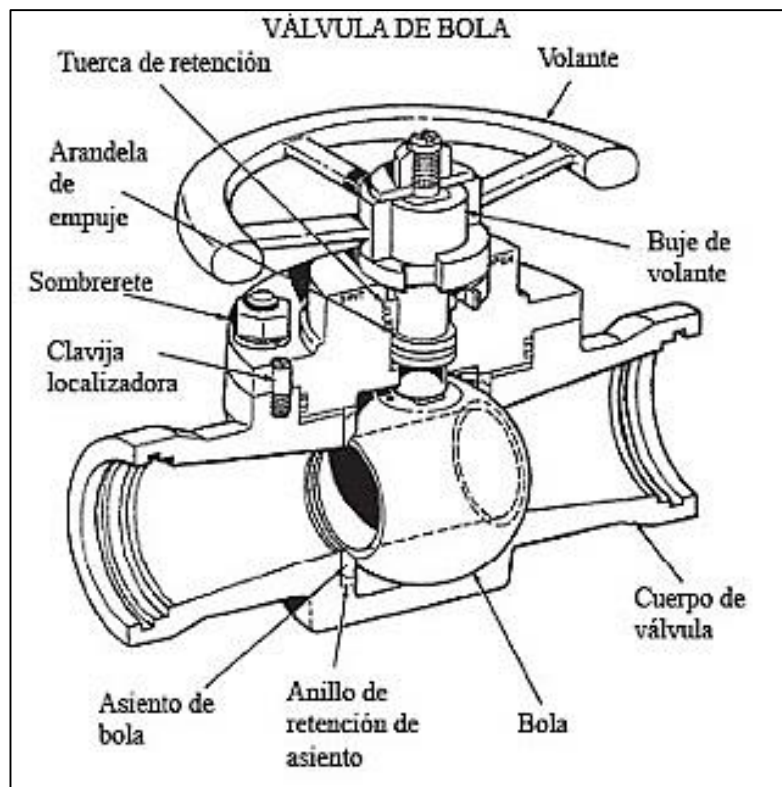
Otros sensores que manejan flotadores son los sensores de lámina y constan de una lámina la cual tiene un flotador que la recorre generando una variación de voltaje.

4.1.2 Sensores de ultrasonido. Los sensores ultrasónicos funcionan mediante las características físicas de las ondas de sonido, estos sensores envían un haz ultrasónico a la superficie del material a detectar, lo que produce una reflexión de la onda el cual es leído por un receptor y genera una señal digital el cual representa un valor de nivel del recipiente.

4.2 ELECTROVÁLVULAS

Las válvulas son dispositivos mecánicos que controlan el paso de fluidos (líquidos o gases), de forma continua o parcia mediante uno más conductos, esto los hace una herramienta indispensable para el control de fluidos (ver figura 2).

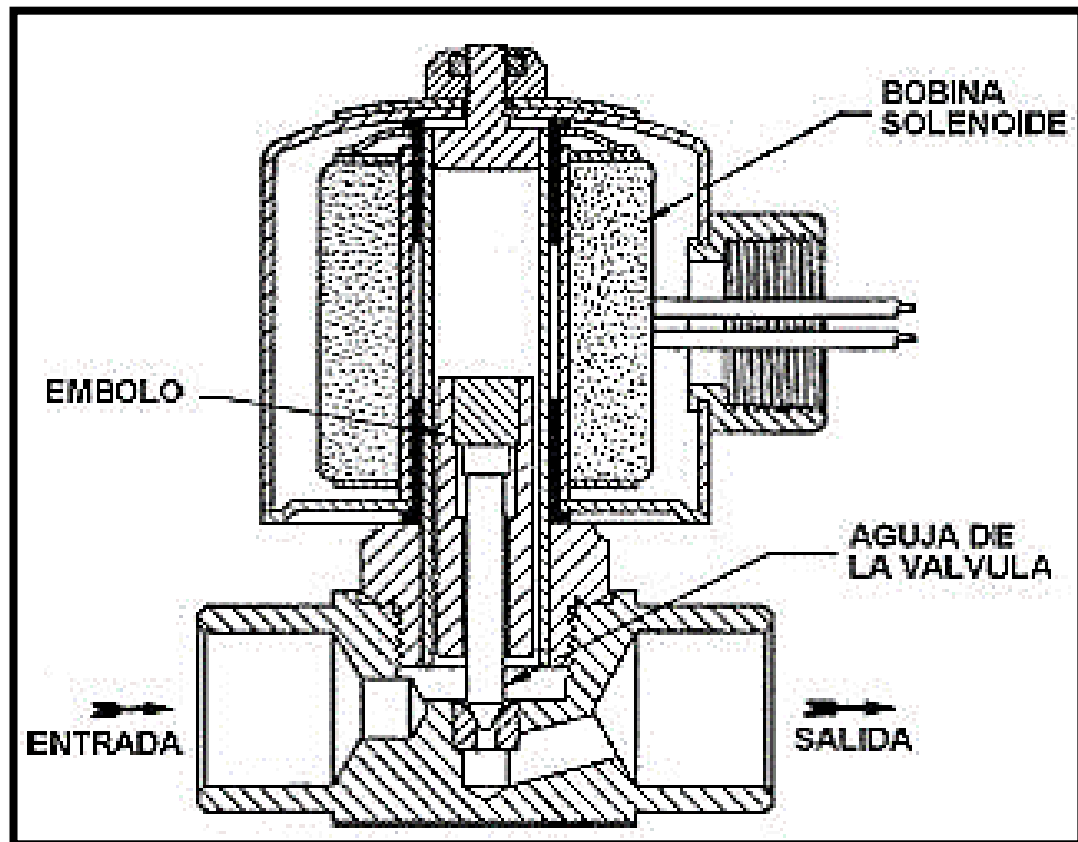
Figura 2 Válvula de bola



Fuente: INSTRUMENTACIONUC. Tipos de válvulas con obturador rotativo [en línea]. Carabobo: Wix [citado 24 abril, 2018]. Disponible en Internet: < URL: <http://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-obturador-de-movimiento-li> >

Las electroválvulas son válvulas con accionamiento mediante un actuador eléctrico compuesto por un solenoide que al ser activada el embolo que obstruye el paso del agua es levantado, de esta forma el fluido logra salir (ver figura 3).

Figura 3 Electroválvula

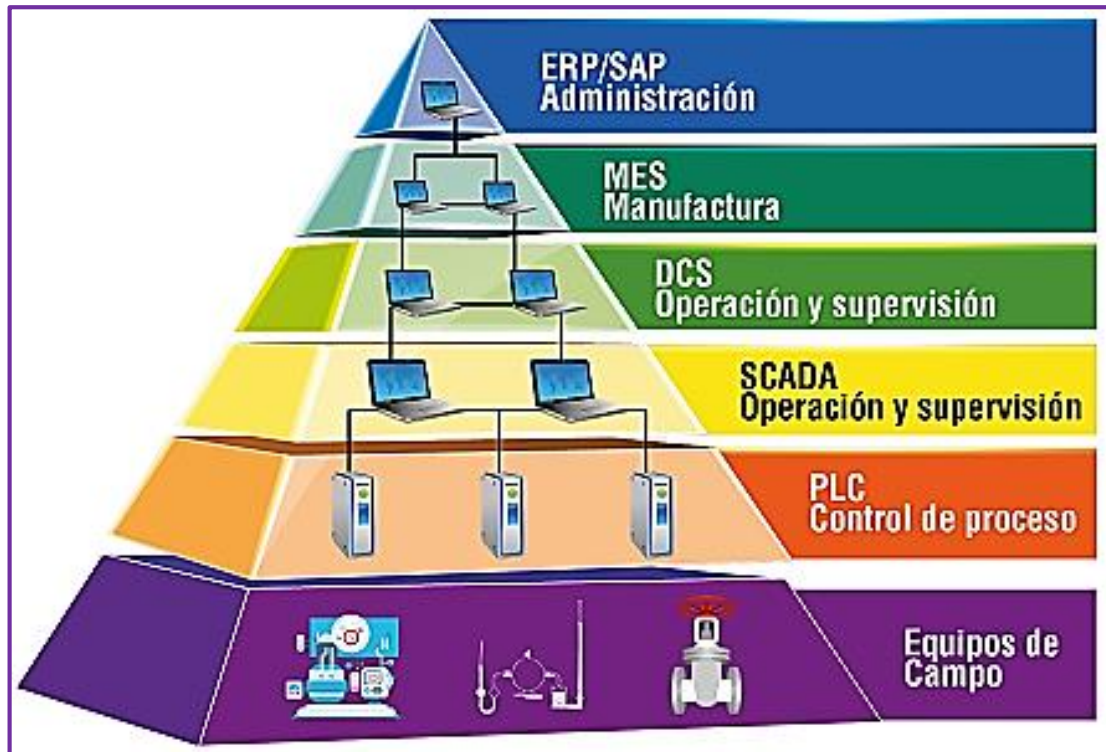


Fuente: BLOGSPOT. Válvula Solenoide [en línea]. Cajamarca: Julio César Aliaga Sifuentes [citado 24 de abril, 2018]. Disponible en Internet: < URL: <https://informaquinarias.blogspot.com.co/2015/12/valvula-solenoide.html> >

4.3 AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

En la búsqueda de la calidad en la industria, la supervisión constante de un proceso genera la automatización, gestión y control, mediante elementos que permiten conocer, cambiar y/o actuar en una variable (vea figura 4). La automatización de tareas mejora los tiempos y movimientos dentro del proceso, los cuales se traducen en mayor producción y una mejor calidad, dentro la automatización se encuentran 4 niveles, que se retroalimentan en un periodo de tiempo definido por un operador; nivel de campo, nivel de control, nivel de supervisión y nivel de gestión.

Figura 4 Pirámide de Automatización



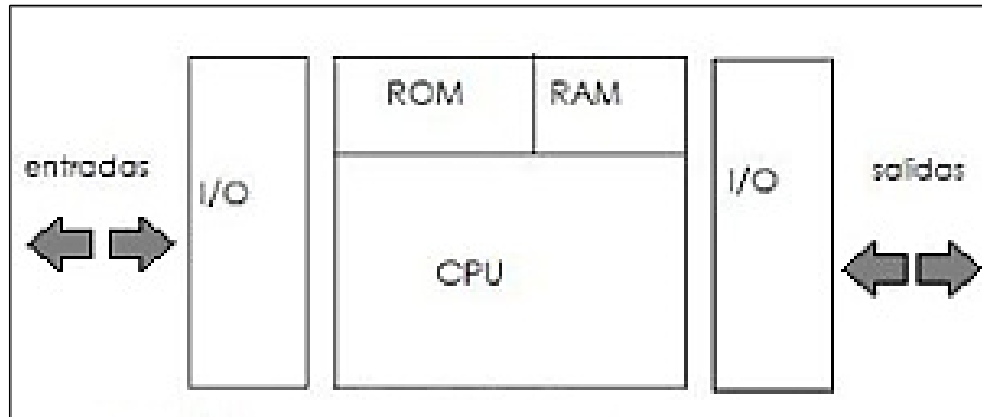
Fuente: STEEMIT. La Pirámide de Automatización [en línea]. Venezuela: Cesar Augusto [citado el 22 de abril, 2018]. Disponible en Internet < URL: <https://steemit.com/spanish/@autinf/la-piramide-de-automatizacion> >

Los sensores, motores, actuadores hacen parte del nivel de campo, el cual se encarga de adquirir información y de ejecutar tareas dependiendo de lo que el nivel de control requiera, como su nombre lo dice, controla las variables que entran y salen a este nivel, la supervisión es el nivel encargado de garantizar que la información del nivel del control este dentro del rango permitido, el que es comunicado al nivel de gestión para realizar con calidad la tarea automatizada.

4.4 MICROCONTROLADOR

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico integrado, que se compone de tres unidades, para ejecutar las tareas, básicamente de un CPU (unidad central de proceso), memoria (ROM, RAM) y puertos de entrada y salida (véase en figura 5).

Figura 5 Arquitectura interna de un microcontrolador



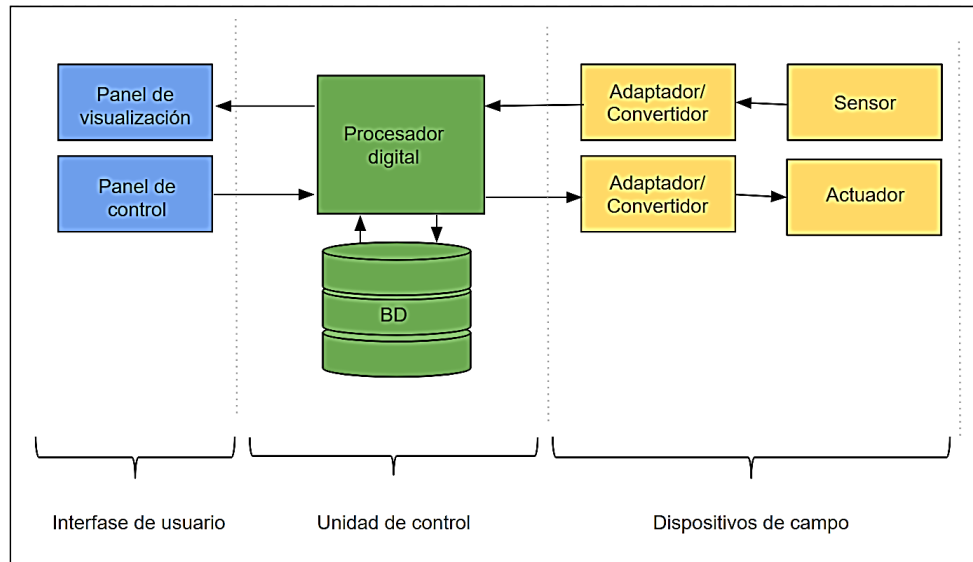
Fuente: WORDPRESS. Introducción y Arquitectura de microcontroladores [en línea]. Chile: Sergio Sánchez [citado el 10 de mayo, 2018]. Disponible en Internet <URL: <https://microcontroladoresesv.wordpress.com/about/> >

Un microcontrolador es programable, lo cual permite asignarle tareas específicas, para que ejecute a gran velocidad y en tiempo real. Estos dispositivos se pueden seleccionar dependiendo de la longitud de palabra, ya sea de 4, 8, 16, 32 y hasta de 64 bits, dependiendo de uso para el que se requiere. Los microcontroladores ofrecen una solución de bajo consumo, dependiendo de la cantidad de entradas y salidas que se requieran.

4.5 SISTEMAS SCADA

Un sistema SCADA es un software que permite la administración de un sistema de control, SCADA en sus siglas en inglés (Supervisory Control and Data acquisition), se encarga de supervisar, controlar y administrar datos a los procesos o sistemas dentro del software, esta información es importante para diferentes áreas de una producción con el control de calidad, el mantenimiento y la supervisión. Esencialmente un sistema SCADA se compone de tres partes, interface de usuario, unidad de control y dispositivos de campo (ver figura 6).

Figura 6 Esquema básico de un SCADA



Fuente: Autor

4.6 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS ZIGBEE

Zigbee es una comunicación inalámbrica basada en el protocolo 802.15.4. Su principal objetivo es brindar una solución de bajo consumo y largas distancias, ideal para la industria de la domótica e instrumentación.

Zigbee transmite a una velocidad de 250 Kbps en una frecuencia de 2.4 GHz – 2.5 GHz, la misma frecuencia del Wifi y del Bluetooth, esta tecnología fue creada para transmitir una baja tasa de envío de datos a una gran cantidad de dispositivos dentro de la red, esta tecnología permite comunicación entre 65535 nodos en diferentes topologías, en malla, en árbol y en estrella.

4.7 ENERGÍA ALTERNATIVA SOLAR

A lo largo de la historia de la humanidad la energía solar ha hecho presencia en cada proceso y evolución de la civilización actual. Teniendo en cuenta los principios físicos de la energía, se obtienen alternativas a las energías convencionales, o energías fósiles como algunos les llaman.

El aprovechamiento de la energía solar se presenta en dos formas o principios, una es la energía solar térmica el cual aprovecha el calor emitido por los rayos solares y los focaliza para calentar alguna superficie o fluido, otra es la energía solar

fotovoltaica que genera electricidad cuando los fotones se descomponen en una carga positiva y una negativa al chocar un semiconductor como el silicio.

En la actualidad la energía solar hace parte esencial en la búsqueda de salvaguardar al planeta, siendo catalogado como energía renovable ya que proviene de una fuente inagotable, y no genera residuos en el proceso de transformación térmico o eléctrico, como podemos ver en el cuadro de comparación de las diferentes energías (véase tabla 1).

Tabla 1 Comparación entre las fuentes energéticas

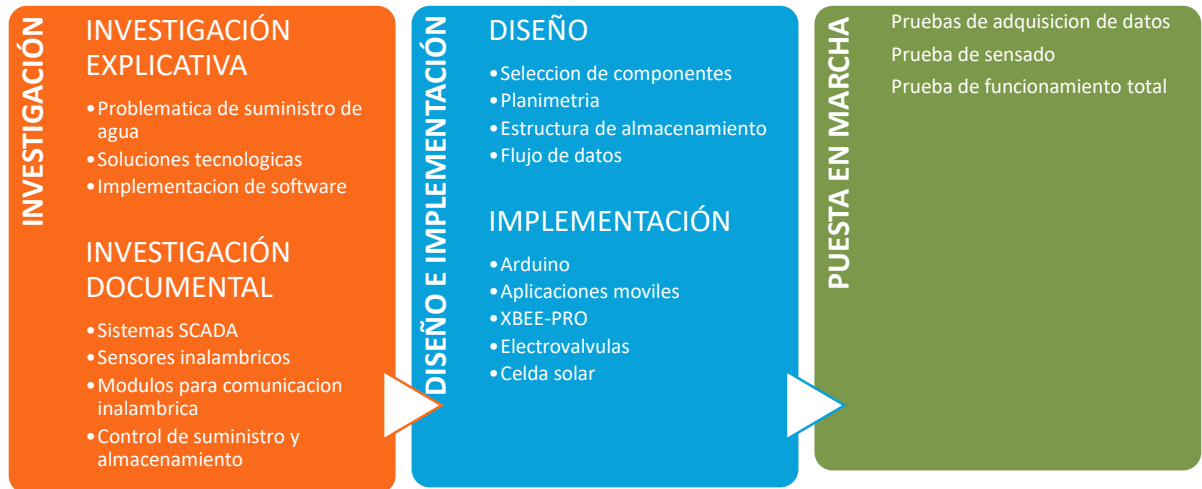
	COMBUSTIBLES FÓSILES	NUCLEAR	RENOVABLES
Principales categorías de Impacto	Salud, Sistemas biológicos, Calentamiento global	Salud	Afabilidad
Fases del ciclo de Combustible	Principalmente, la generación	Nueve fases	Principalmente, la generación
Sucesos iniciadores	Determinísticos	Determinísticos y problemáticos	Determinísticos
Escalas de tiempo	Corta a larga	Corta a muy larga	Corta
Rango	Local a global	Local a global	Local
Estado del análisis	N/A	Todos los impactos prioritarios están determinados	N/A

Fuente: CABELLO, Ana María. Solución para el desarrollo sustentable. 1 ed. Argentina: Refinor, 2006. p.15.

5 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo de grado se siguieron las fases mostradas en la figura 7 con las actividades relacionadas.

Figura 7 Metodología



Fuente: Autor

5.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

5.1.1 Fase de investigación explicativa. En esta fase se genera una investigación de los antecedentes de las problemáticas de abastecimiento de agua en zonas rurales y urbanas, de las alternativas tomadas en el pasado y de las propuestas hechas para mitigar el desabastecimiento de agua y en la búsqueda de garantizar el mínimo vital para la comunidad, de esta forma se logra conocer todas las variables que se han presentado en a lo largo de la historia y puedan presentarse en la actualidad.

5.1.2 Fase de investigación documental. La investigación en el trabajo de grado se enfoca en las soluciones implementadas, con las diferentes tecnologías del mercado, su uso e importancia en un sistema de control y automatización para un buen manejo del agua tanto en zonas rurales como en urbanas, y generar una comparación con las tecnologías propuesta, para elegir los elementos que cumplan con las características técnicas y económicas para dar solución a la problemática del trabajo de grado.

5.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

5.2.1 Diseño. Con el resultado de las comparaciones de las diferentes tecnologías, se identifican los elementos a usar y se genera los planos de instalación. flujo de datos, la estructura la adquisición de datos y su almacenamiento, diagramas de bloques y planos eléctricos, se calcula la potencia de la celda fotovoltaica y la capacidad de la batería a usar. Definiendo todo el diseño del sistema para proceder a implementar.

5.2.2 Implementación. En esta fase se acoplan los dispositivos siguiendo los diseños previamente, dándole forma a las distintas etapas del sistema, como la comunicación inalámbrica, el sensado, la alimentación con energías alternativas, la adquisición de datos, el autómeta, los actuadores y la aplicación móvil.

5.3 PUESTA EN MARCHA

Con los dispositivos instalados se realizan pruebas de funcionalidad por etapas, para identificar posibles errores de instalación, se realizan varias pruebas de funcionalidad total para garantizar el funcionamiento y se procede a registrar el resultado de las pruebas.

6 DESCRIPCIÓN LOS COMPONENTES

6.1 SENSORES

6.1.1 Nivel. Un interruptor activado por un imán, dentro de una estructura plástica que es desplazada por el nivel del líquido a sensor. Este interreputor tiene un control de nivel en el punto de instalación del sensor (ver figura 8 & Tabla 2).

Figura 8 Sensor de nivel



Fuente: Autor.

Tabla 2 Características sensor de nivel

Temperatura de trabajo	-10°C a 100°C
Densidad máxima del líquido	0.76
Junta	Goma nitrílica
Conexión de salida	2 Cable x diámetro 0.5mm² x largo 35cm
Grado de protección	IP66
Contacto eléctrico	Reed Switch 10 W/VA
Longitud flotante	8.7cm
Peso	29g

Fuente: Autor

6.1.2 Flujo. Este sensor maneja unas aspas que activan un interruptor cuando un imán pasa por encima de él, generando una función de ON/OFF (ver figura 9).

Figura 9 Sensor de flujo



Fuente: Autor

Tabla 3 Características sensor de flujo

Temperatura de funcionamiento	-25 a 80°C
Temperatura del líquido	hasta 120°C
Rango de flujo	1 a 60 L/min
Presión del agua	~2 MPa
Voltaje de funcionamiento	5V a 24V
Máxima corriente de trabajo	15mA (5V)
Humedad de funcionamiento	35% a 90% RH

Fuente: Autor

Con este sensor se puede calcular el caudal, pero en esta aplicación solo se usó para que se activara con el paso del agua y así detectar la presencia de este líquido dentro de las tuberías.

6.2 ELECTROVALVULAS

Las válvulas son elementos mecánicos que controlan el paso del flujo de un líquido, al abrir la válvula, se desbloquea el conducto por donde el fluido transita, y al cerrar la válvula, nuevamente se genera una interrupción del paso del fluido (ver figura 10).

Figura 10 Electroválvula de dos entradas



Fuente: Autor

Las electroválvulas tienen el mismo funcionamiento, pero la activación de la apertura y el cierre se genera mediante un solenoide que, al paso de la corriente por la boina, genera un campo magnético que levanta un émbolo permitiendo el paso del fluido, cuando la corriente es cortada, el campo magnético se deshace, regresando a la posición al émbolo.

Tabla 4 Características electroválvulas

Voltaje de funcionamiento	127 V
Temperatura del líquido	hasta 10° - 80°C
Frecuencia de funcionamiento	50 / 60 Hz

Fuente: Autor

6.3 ARDUINO

Es una placa diseñada para un microcontrolador ATMEL, para facilitar el uso de sus entradas y salidas (vea figura 11), con una programación sencilla que permite crear una variedad de proyectos.

Figura 11 Arduino ONE

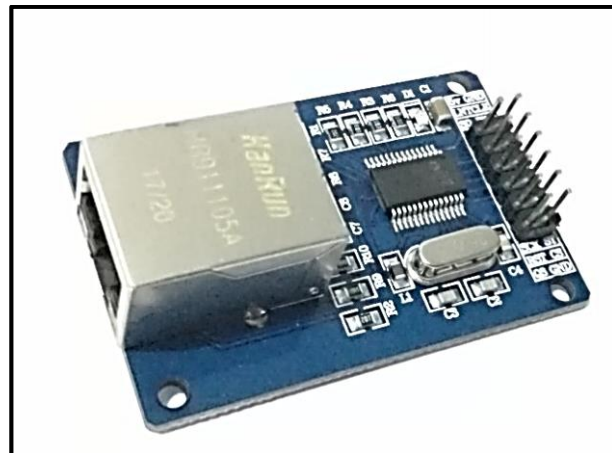


Fuente: Autor.

El Arduino ONE es una placa impresa basada en un microcontrolador ATmega328, con 6 entradas/salidas análogas y 14 digitales, cuenta con un resonador de 16 MHz de velocidad, el consumo es de 0.3 W, y se alimenta de 7 a 12 V, opera a una temperatura nominal de -40 a 85 °C.

6.3.1 Shield Ethernet ENC28J60. Es un módulo para conexión a internet, fue creado por Microchip y es compatible con los microcontroladores que posean una interfaz serial periférica (SPI) (vea figura 12).

Figura 12 ENC28J60

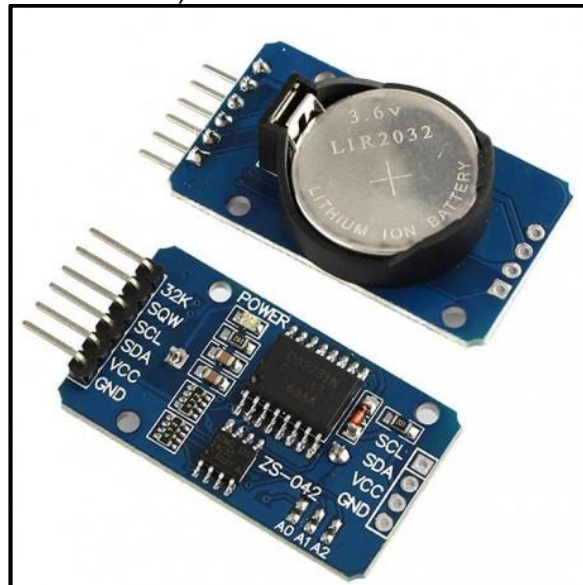


Fuente: Autor

Tiene un voltaje de operación a 3.3V - 5V, trae un conector RJ45 HR911105A maneja una interfaz Ethernet 802.3 10 Mbps Half o Full Dúplex, soportado por el Stack TCP/IP de "Microchip Technology y un cristal de 25 MHz

6.3.2 Módulo RTC (Real Time Clock). El módulo RTC (acrónimo en inglés Real Time Clock) (véase figura 13) es un módulo para llevar el tiempo real a los proyectos, dotado con una pila de respaldo en caso de corte en la alimentación, garantizando que los datos tengan la fecha y hora exacta.

Figura 13 RTC (Real Time Clock)

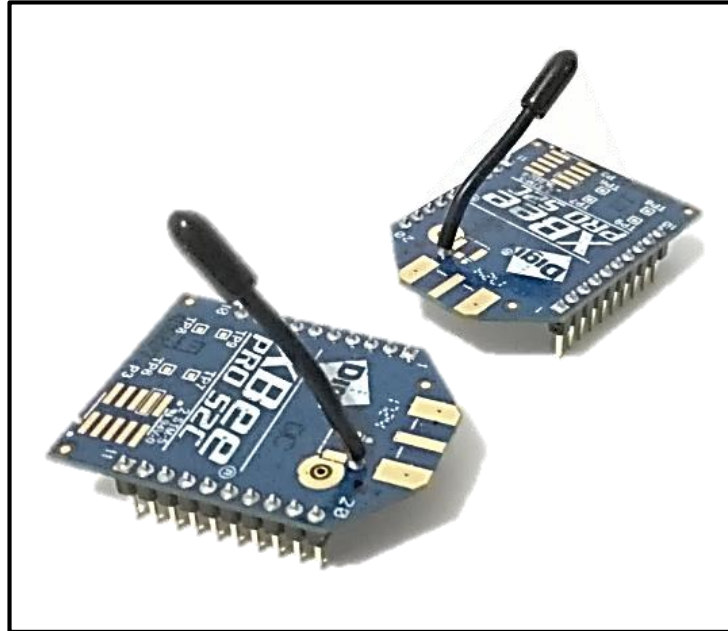


Fuente: LELONG. Arduino DS3231 AT24C32 IIC I2C RTC Real Time Clock Module [en línea]. Malaysia: Lelong [citado el 22 de abril, 2018]. Disponible en internet < URL:https://www.robotedu.my/index.php?route=product/product&product_id=1254 >

6.4 XBEE S2C PRO

Los Xbee S2C PRO son módulos de comunicación inalámbrica de bajo consumo, estos módulos usan el protocolo Zigbee (ver tabla 2), son fáciles de usar y de programar (ver figura 14).

Figura 14 Módulos Xbee PRO S2C



Fuente: Autor

Tabla 5 Versiones del S2C

ESPECIFICACIONES	XBee Zigbee S2C	XBee-PRO Zigbee S2C
Rango de frecuencia de operación (GHz)	ISM 2.4 - 2.5	
Dimensiones	agujero pasante: 2.438 x 2.761 cm	agujero pasante: 2.438 x 3.294 cm
	montaje en superficie: ancho 2.199 cm x largo 3.4 cm x alto 0.305 cm	montaje en superficie: ancho 2.199 cm x largo 3.4 cm x alto 0.305 cm
Temperatura de operación	-40 a 85 °C (industrial)	
Tipo de antenas	Orificio pasante: antena de PCB, conector U.FL, conector RPSMA, o cable integrado	
	Montaje superficial: almohadilla RF, antena PCB o conector U.FL	

Fuente: Autor

Comparando los módulos Xbee PRO S2C con otras tecnologías, tiene ventaja al respecto del consumo por modulo y la cantidad de nodos que permite integrar en una red, además de tener una cobertura hasta de 90 m en interiores y 3.6 Km en línea de vista, en versiones PRO, a una velocidad de transmisión de 250kbps (ver tabla 6).

Tabla 6 Comparación tecnologías inalámbricas

	unidades	ZigBee (XBee)	Wi-Fi	Bluetooth
Consumo	mA	30	300	40
Capacidad de red	nodos	65000	30	7
Vida útil de la batería	días	Más de 365	7	1
Velocidad de transmisión	Kbps	250	1000-3000	54000
Potencia de transmisión	mW	1-2	1-100	40-200
Frecuencia de radio	GHz	0.868; 0.915; 2.4	2.4	2.4
Rango de trabajo	metros	1-100	1-100	30-100

Fuente: Autor

7 DISEÑOS

7.1 SENSADO DE NIVEL

Para el sensado de nivel se determina usar un sensado de punto, ya que ofrece los parámetros necesarios para generar el control del nivel en dos puntos (alto y bajo). Se usan sensores laterales para de rosca exterior, para instalar en el tanque (ver figura 15).

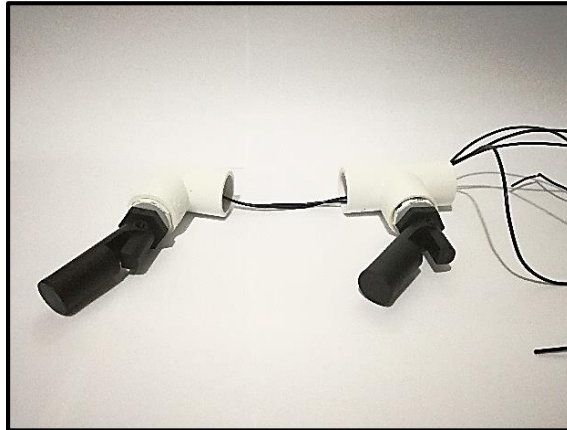
Figura 15 Sensado de nivel



Fuente: ICOS SENSORES SL. Controle de Nivel Multipunto [en línea]. Sorocaba: eicos [citado el 22 de abril, 2018]. Disponible en Internet < URL: <http://www.eicos.com.br/controle-de-nivel/> >

Para evitar la apertura de huecos en el tanque y exponerse a posibles escapes de agua, se genera un diseño de instalación de sensores sin necesidad de intervenir la estructura del tanque (ver figura 16).

Figura 16 Sistema de sensado

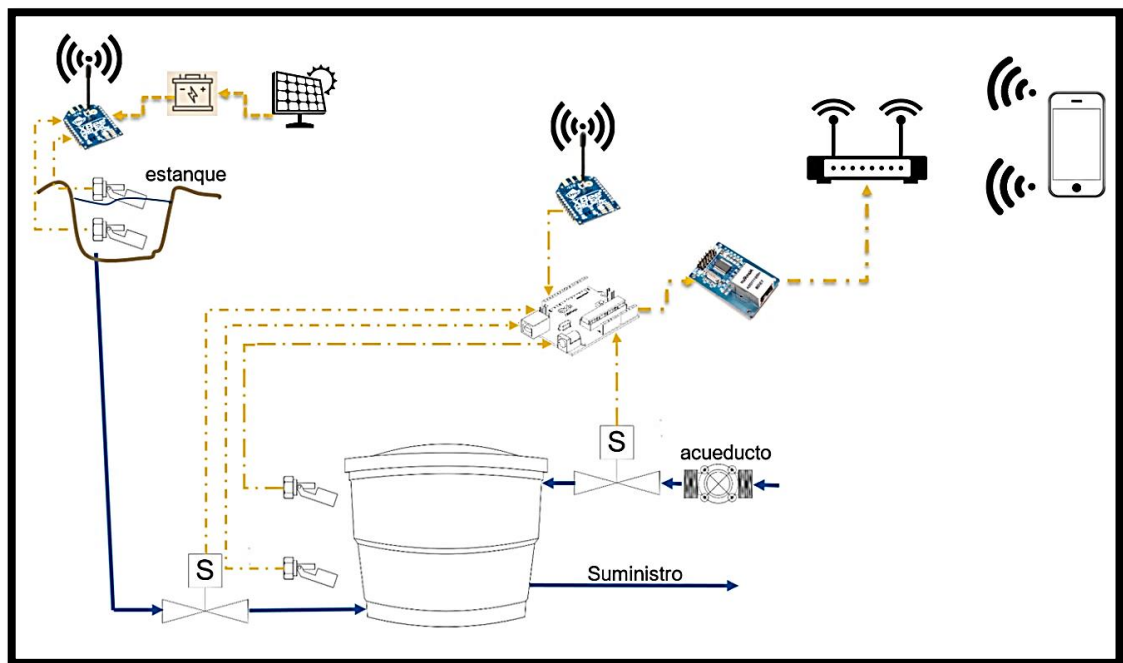


Fuente: Autor

7.2 CONTROL

Para generar un control en el llenado del tanque se debe tener en cuenta dos entradas diferentes de agua, y las retroalimentaciones que en este caso son los sensores de nivel del estanque y el tanque (ver figura 17).

Figura 17 Diagrama de control



Fuente: Autor

Para la parte de control se hizo una comparación de tres dispositivos que brindan las características técnicas para ejecutar la programación que el trabajo de grado necesita. Se compraron aspectos como consumo, aplicación, costo, velocidad reacción, entre otros, teniendo en cuenta que los tres dispositivos pueden prestar de manera adecuada la ejecución de la automatización, al momento de la elección el costo y el consumo se volvieron protagonistas (ver tabla 7).

Tabla 7 Comparación para Autómata

	UNIDADES	ARDUINO	RASPBERRY PI	PLC
PROCESADOR	N/A	ATMega 328	ARM11	-
COSTO	COP	\$ 62.800,00	\$ 160.000,00	\$ 500.000,00
TEMPERATURA OPERACIÓN	centígrado	-40 / 85	0/55	-20 / 55
Frecuencia de operacion	Hertz	16M	700M	2K
IN/OUT	N/A	14 DIG Y 6 ANL	8 DIG	8 IN 4 OUT
SISTEMA OPERATIVO	N/A	-	LINUX	LOGO! Soft Confort
PROGRAMACIÓN	N/A	Arduino IDE	Linux, IDLE	-
CONSUMO	Amperio	42mA (0,3W)	700mA (3,5W)	10A (0,3-1,7W)
TIEMPO DE OPERACIÓN	Segundo	30μ	1m	1,7μ
VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN	Voltio	7-12	5	12/24

Fuente: Autor

De esta manera el microcontrolador ATMega 328 de la placa Arduino Uno es la mejor opción para el trabajo de grado, por su bajo consumo y bajo costo.

7.3 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Para la comunicación de los sensores de nivel del estanque, es necesario una conectividad inalámbrica, por la distancia y la naturaleza del terreno. Para este diseño es indispensable tener en cuenta la cantidad de datos y la distancia entre dispositivos, además de la importancia de confirmación de los datos transmitidos.

Se instala un módulo Xbee PRO S2C configurado como router a 42 m de altura y 109 m de distancia horizontal del tanque que suministra agua a la casa (ver figura 19), este módulo toma los datos de los sensores del estanque y los envía al módulo Xbee PRO S2C configurado como coordinador, instalado en la periferia de la casa, el cual envía los datos al microcontrolador (Arduino Uno R3), para su posterior almacenamiento (ver figura 28).

Figura 18 Modulo Xbee con celda solar



Fuente: Autor

El módulo Xbee (Router), instalado en la montaña, es alimentado por una batería de 500 mAh el cual es cargado por una celda fotovoltaica de 5 V y 0.5 W.

7.4 ALMACENAMIENTO DE DATOS

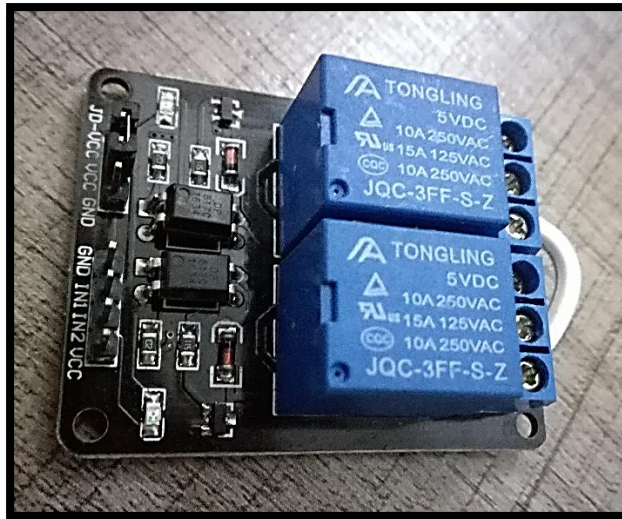
Los datos adquiridos deben almacenarse en una base de datos por lo menos seis meses para su consulta y posterior análisis en el momento que se necesite, además la aplicación móvil requiere una conexión constante con la base de datos para hacer lectura y escritura de las variables almacenadas.

Un servidor convencional pequeño tiene un consumo aproximado de 188 Wh y un NAS (acrónimo en inglés Network Attached Storage) consume 72 Wh. Por este motivo se diseñó un almacenamiento desde una tarjeta Micro SD de 4 Gb categoría 4 y una conexión por Ethernet a una Base de Datos de la aplicación móvil, de esta forma se baja el consumo a 3Wh el cual gasta la placa de Arduino Uno R3.

7.5 ETAPA DE POTENCIA

Para la alimentación de las electroválvulas se hace una configuración con un relé, un diodo y un transistor, que permita alimentar las electroválvulas con voltajes mayores a 5 voltios (ver figura 20).

Figura 19 Modulo de dos Relés



Fuente: Autor

Al generar un pulso de 5 Voltios la boina genera el cambio de estado y el contacto que estaba normalmente cerrado cambia para dar continuidad entre el común y el normalmente abierto.

7.6 ESTRUCTURA LOGICA

Todo el proceso inicia en el suministro de agua desde el alcantarillado de la zona, el cual es detectado por el sensor de flujo, este emite una señal al Arduino Uno R3 el cual está programado para que cuando el sensor de flujo este activado, la variable “electroválvula-1” activa el flujo del acueducto y el tanque de almacenamiento.

Los sensores de nivel del tanque son activados para generar un estado de “Nivel alto”, “Nivel intermedio” y “Nivel Bajo”. Cuando el tanque tiene un estado de “Nivel alto” la “electroválvula-1” es cerrada (desactivada) para impedir el flujo de agua, a pesar de que el sensor de flujo este activo.

Cuando el tanque este en un estado “Nivel bajo” y el sensor de flujo no este activado, el Arduino consulta el estado del estanque, el cual este comunicado por los módulos Xbee S2C PRO, que envía trama de datos cada 300 ms. El estanque cuenta con dos estados que son “Nivel alto” y “Nivel bajo” y cuenta con una “electroválvula-2” para la alimentación al tanque.

Dada la condición de que el estanque se encuentre en un estado de “Nivel Alto”, el tanque en un estado de “Nivel Bajo” y el sensor de flujo se encuentre desactivado, la “electroválvula-2” se acciona para permitir el paso del agua, debido a que el

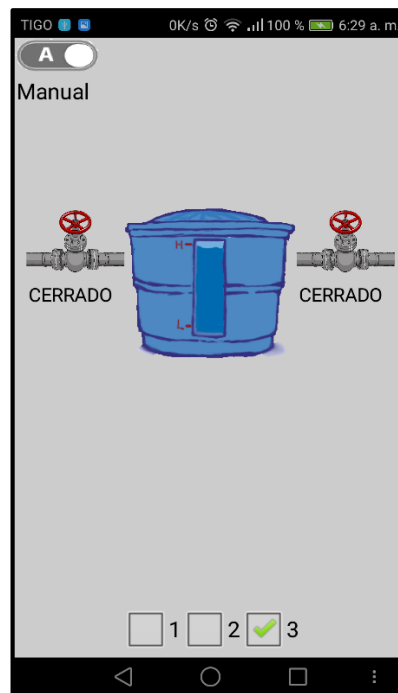
estanque se encuentra a mayor altura que el tanque no se necesita de un elemento que bombé el agua ya que baja por gravedad.

Cuando el estanque cambie de estado a “Nivel bajo” y/o el sensor de flujo este activado las dos electroválvulas cambian su estado, quedando de la siguiente manera: “electroválvula-1” abierta y “electroválvula-2” cerrada, (véase la programación en el anexo B).

7.7 APLICACIÓN MÓVIL

Con la aplicación móvil (App), se puede visualizar el estado del tanque, del estanque y del sensor de flujo, además se pueden activar las electroválvulas cambiando de estado automático a manual, también trae un indicador del nivel del tanque y el estanque durante un periodo de un mes (ver figura 21).

Figura 20 Aplicación móvil



Fuente: Autor

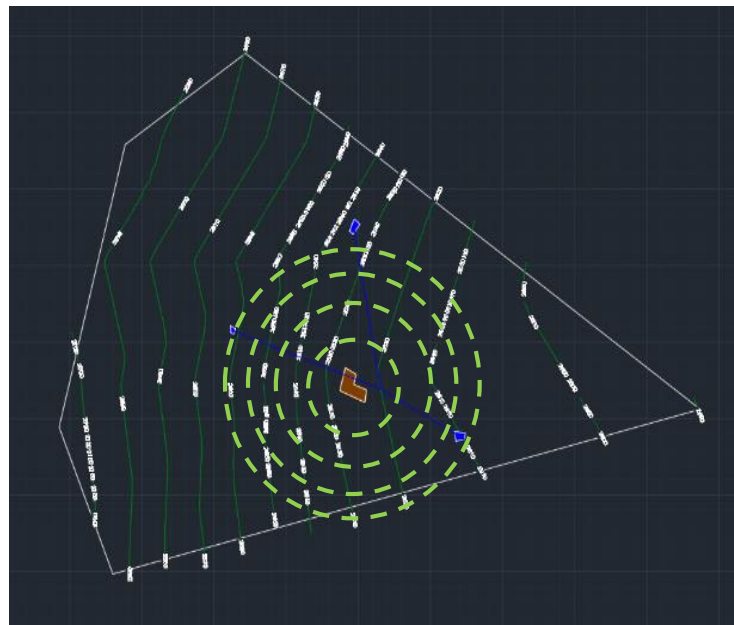
La aplicación hace un enlace con el Arduino Uno R3 por medio de un router Wifi que está en una red LAN configurada para la zona, lo cual tiene una cobertura de 100 m a la redonda de la casa de la finca (ver figura 22 y 23).

Figura 21 Finca Rincón Santo



Fuente: Autor

Figura 22 Plano cobertura Wifi



Fuente: Autor

8 IMPLEMENTACIÓN

8.1 ESTANQUE

Para el sensado de nivel se colocan dos flotadores switch para el estado bajo y alto, la instalación es removible en caso de que se quiera sensar otro estanque (ver figura 24).

Figura 23 Estanque sensado



Fuente: Autor

La caja de paso que contiene el módulo Xbee PRO C2S con la celda solar y la batería se instalan en un tronco a 4 metros del estanque y a un metro treinta del suelo, previniendo corrientes de agua en las épocas de lluvia.

8.2 TANQUE

Al lado de la casa se encuentran cuatro tanques de 500 L conectados entre ellos, se instalan los sensores en el tanque que llega la manguera de suministro, de esta manera quedan sensado los cuatro tanques (ver figura 25).

Figura 24 Tanque sensado



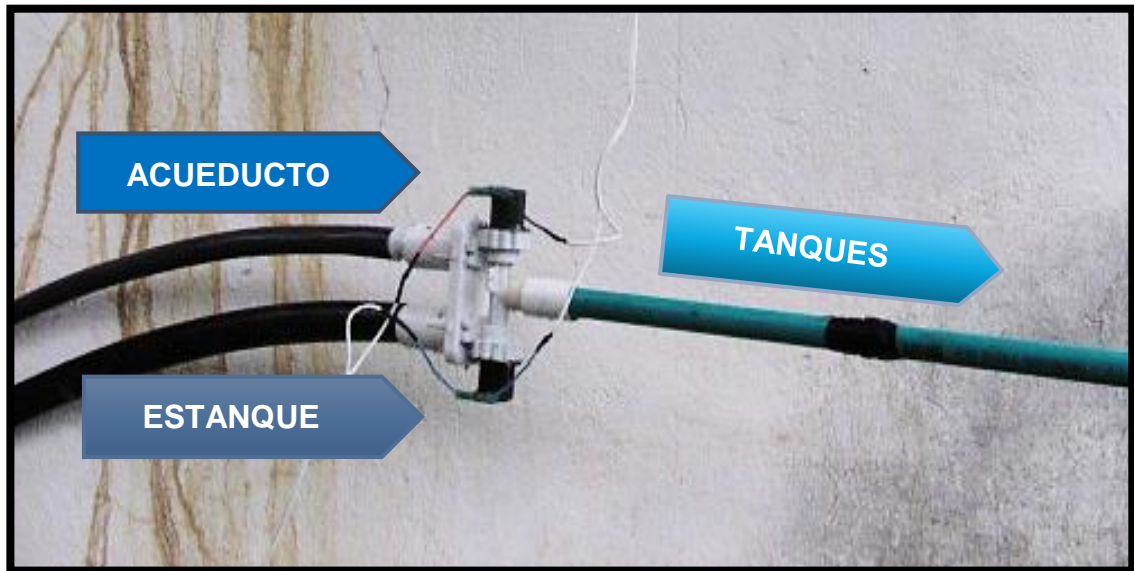
Fuente: Autor

8.3 SUMINISTRO DE AGUA

Para el suministro de agua hacia los tanques, se instaló la electroválvula cerca de la estructura de madera que tiene los tanques, el suministro del acueducto llega en manguera de $\frac{1}{2}$ ", por lo que se hace una reducción en la entrada de la electroválvula, el suministro del estanque llega en manguera de 1", y se instala el acoplador para la manguera (ver figura 26).

La salida de la electroválvula es de $\frac{3}{8}$ " por lo que se instala un acoplador a pulgada para conectar la manguera que va a los tanques. Las electroválvulas comparten el cable de alimentación cable de alimentación donde se genera un corto para la conexión con el modulo relé, de esta manera generar la activación cada vez que el autómatas lo solicite o cuando el usuario de la aplicación active las válvulas de forma manual.

Figura 25 Electroválvula instalada



Fuente: Autor

El sensor de flujo se instaló entre la manguera que sale de acueducto y la manguera que alimenta la electroválvula generando una interrupción en el paso del agua, de esta manera se logra saber cuándo el suministro del acueducto llega (ver figura 27).

Figura 26 Sensor de Flujo instalado

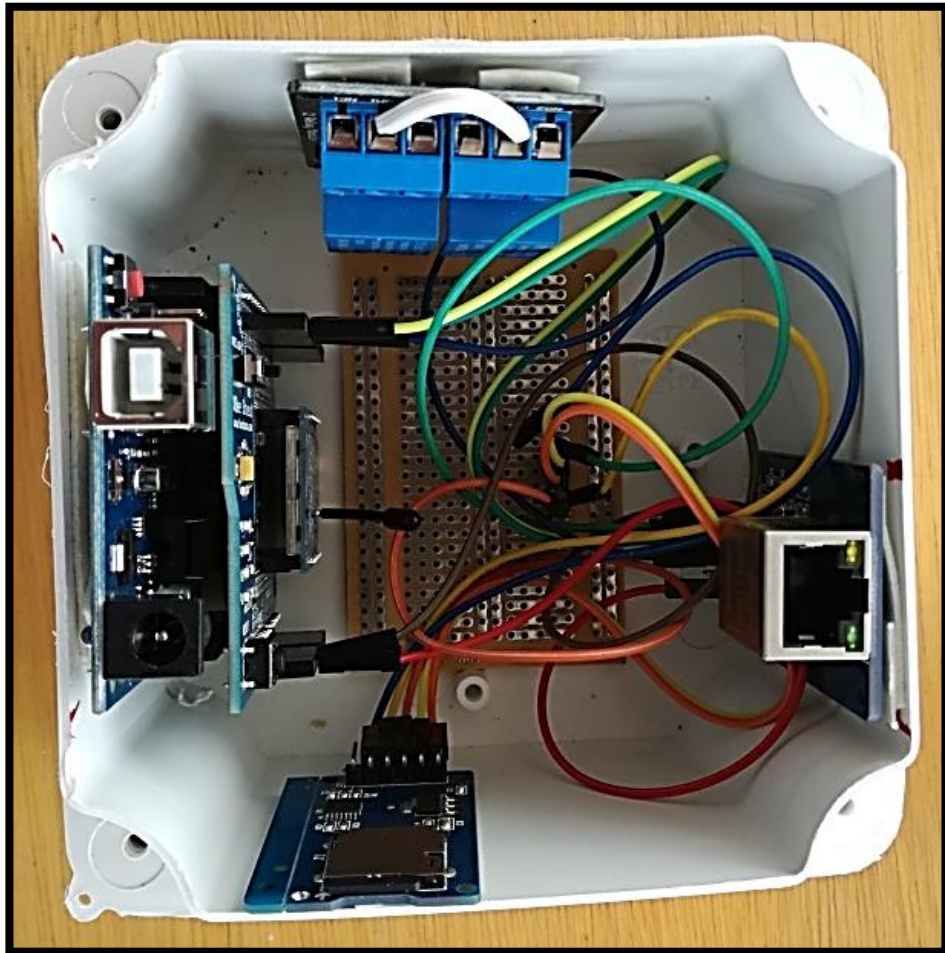


Fuente: Autor

8.4 MODULO DE CONTROL

El cableado de todos los sensores de nivel y actuadores como la electroválvula, se extienden por más de 4 metros hasta un cuarto donde se instala el Arduino Uno R3, el router Next Nebula 300, el módulo relé de 2 canales y el módulo Xbee PRO S2C (coordinador) (ver figura 28).

Figura 27 Modulo de control



Fuente: Autor

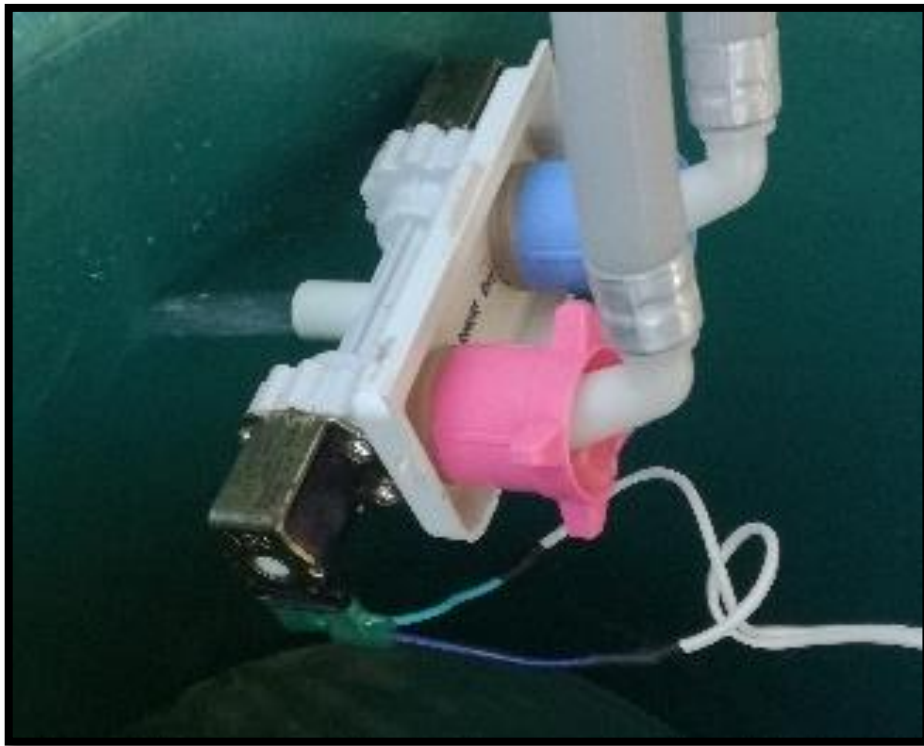
9 PRUEBAS DEL PROTOTIPO

Se genera un programa el cual detecte el cambio de estado de los sensores y dependiendo del estado se enciende o se apaga un led.

9.1 ACTUADORES

Se realizaron pruebas a las electroválvulas (véase la figura 29), ya que son de una lavadora, se conectan directamente al tomacorriente para que se activen los solenoides, luego se les conecta una manguera de suministro de agua por las entradas generando el paso de agua.

Figura 28 Prueba electroválvula

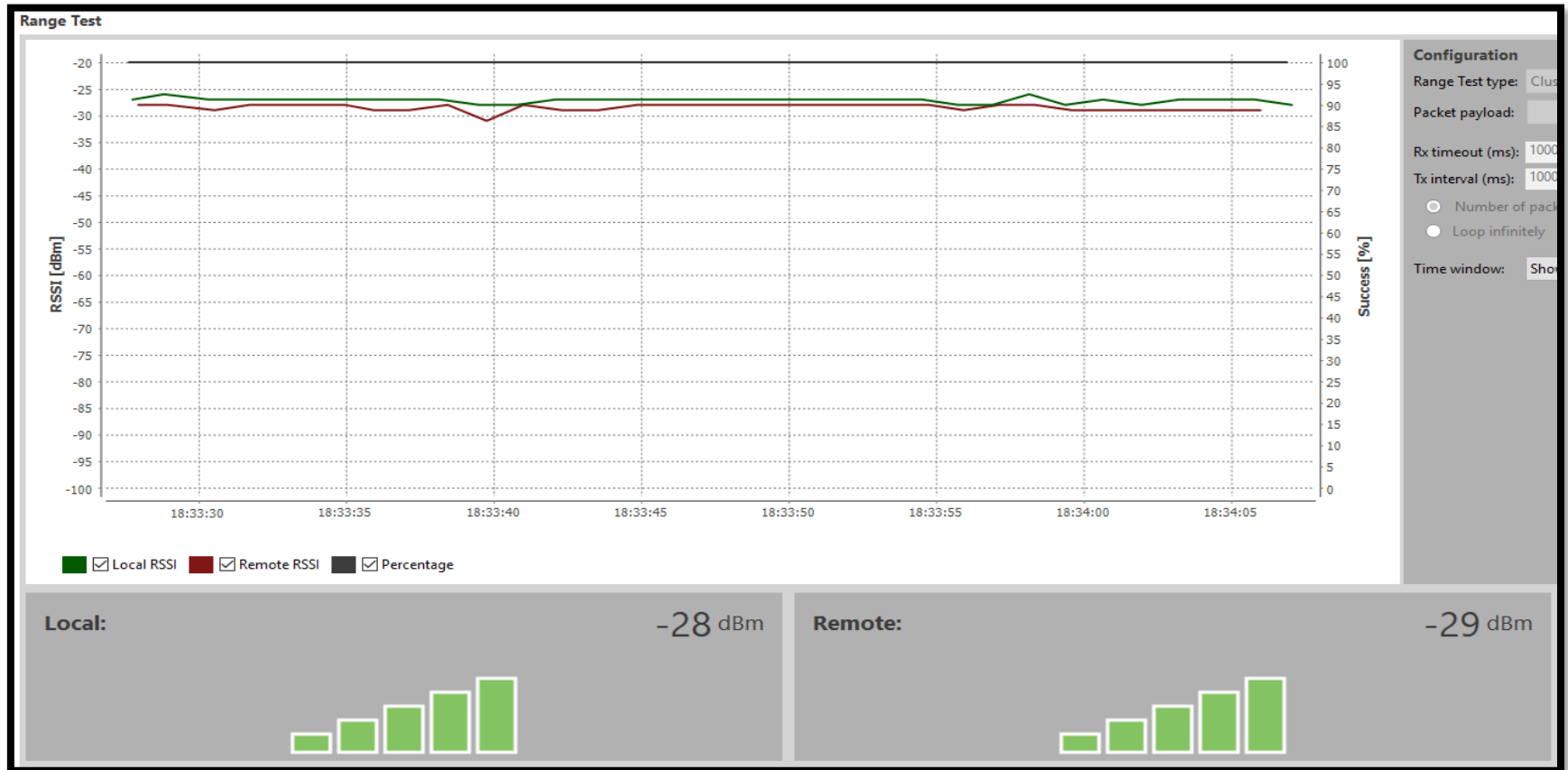


Fuente: Autor

9.2 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Se enviaron tramas cada 30 m, hasta llegar a 120 m aproximadamente. Los resultados se encuentran en las figuras 30 al 33.

Figura 29 Prueba Xbee 30 metros



Fuente: Autor

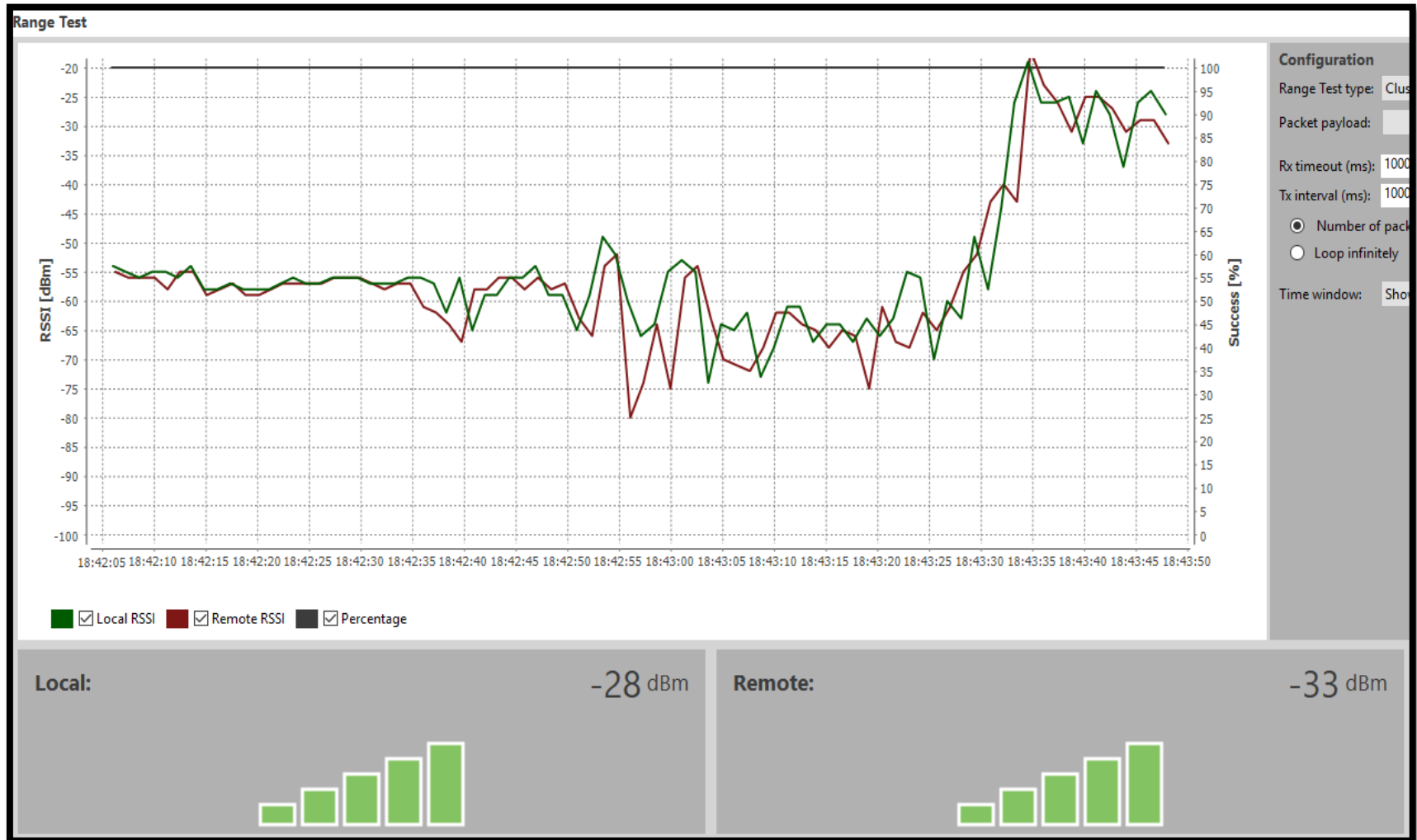
Figura 30 Prueba Xbee 60 metros



Fuente: Autor

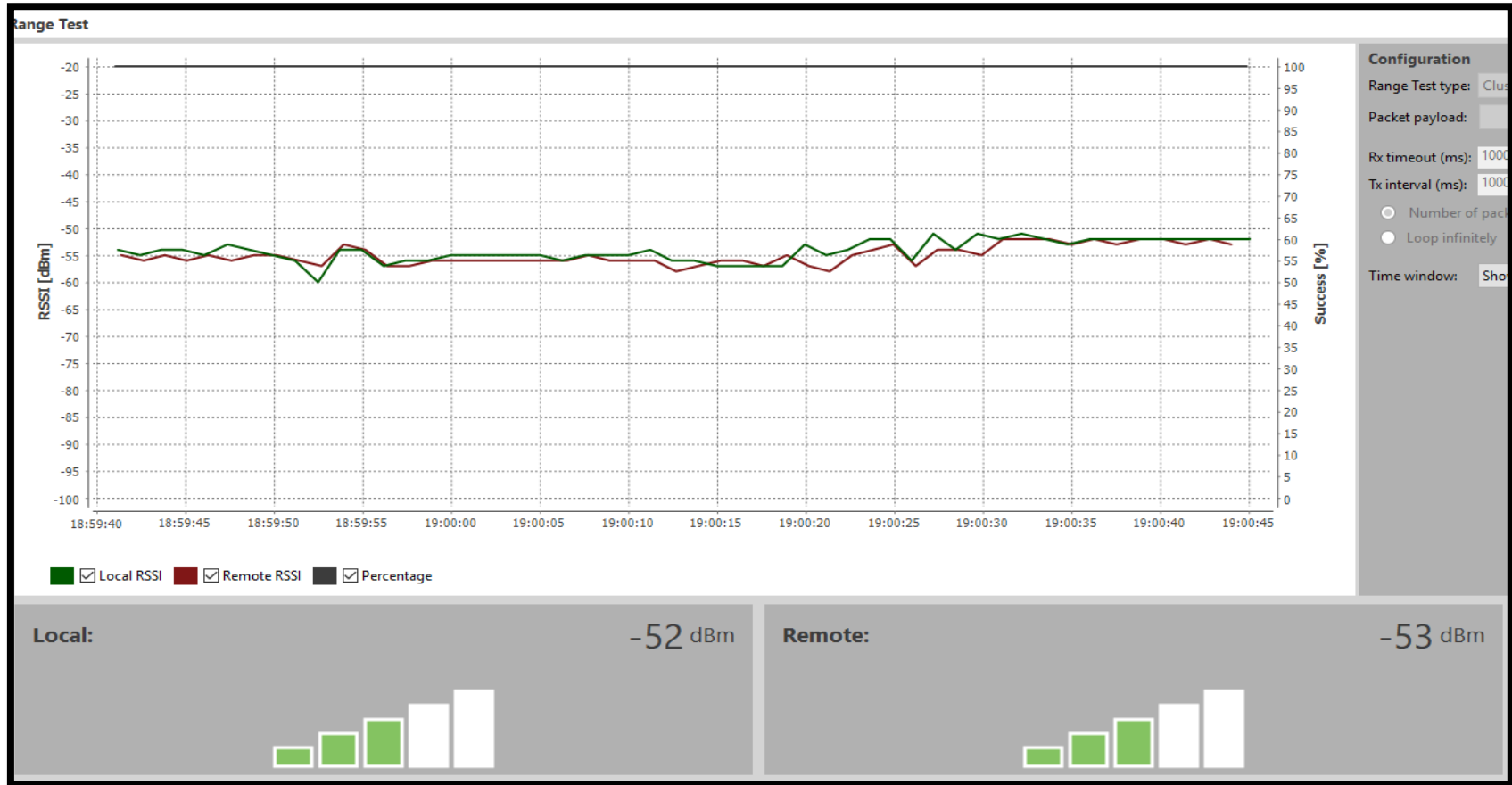
A los 48 metros se interponía un árbol, el cual produjo la reducción en la potencia recibida.

Figura 31 Prueba Xbee 90 metros



Fuente: Autor

Figura 32 Prueba Xbee 120 m aproximadamente



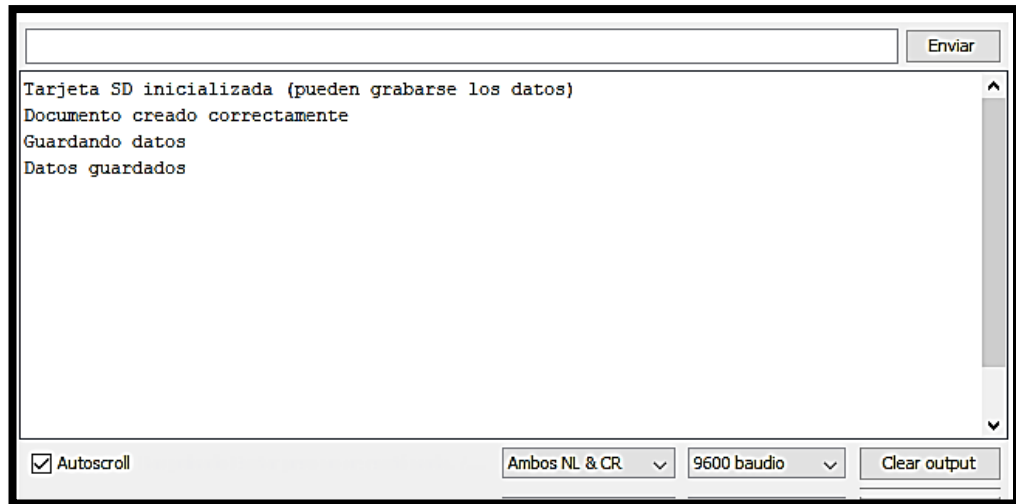
Fuente: Autor

A pesar de la distancia los módulos Xbee PRO S2C no bajan su potencia de -60 dBm.

9.3 ALMACENAMIENTO DE DATOS

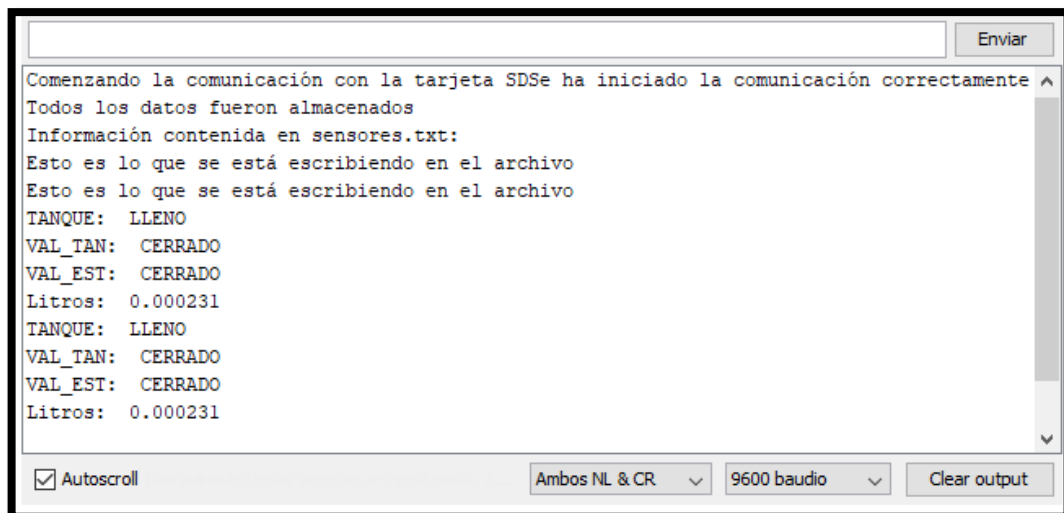
El almacenamiento de datos mediante una memoria Micro SD de 4 Gb categoría 4, para solicitar esos datos en cualquier momento, se realizan pruebas de almacenamiento en la Micro SD, creando un archivo llamado "sensores.txt", se almacena y toca mirarlos en otro dispositivo (véase figura 34, 35).

Figura 33 Confirmación de Datos guardados



Fuente: Autor

Figura 34 Lectura de datos


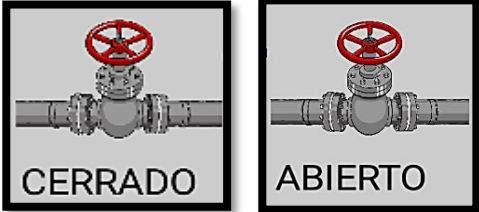
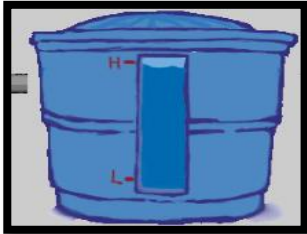
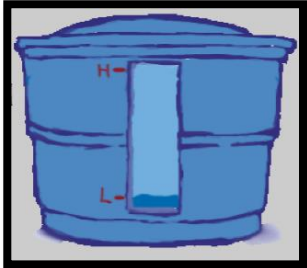


Fuente: Autor

9.4 APLICACIÓN

La aplicación fue diseñada en App Inventor 2 donde cada dato enviado se genera por medio de una petición GET para el servidor, en este caso el Arduino uno R3 es el servidor, pero también funciona como cliente, cuando se activa un botón de la parte grafica de la aplicación (ver figura 36), se genera el cambio de una variable para el servidor. La Aplicación está compuesta por tres botones, lo cuales interactúan estrés si para generar un control sobre las electroválvulas que alimentan a los tanques. La programación se puede ver en Anexo 2.

Figura 35 Componentes gráficos de la aplicación

ELEMENTO	FUNCIÓN
	<p>Este botón está encargado de cambiar el funcionamiento entre Automático y Manual, al cambiar en Automático Bloquea el accionamiento de las válvulas.</p>
	<p>Estas válvulas, se activan para darle apertura o cierre cuando el operador lo requiera, solo funcionan si el botón de cambio de funcionamiento se encuentra en Manual.</p>
	<p>Esta imagen se muestra cuando el nivel del tanque está lleno.</p>
	<p>Esta imagen se muestra cuando el nivel del tanque está desocupado.</p>

Fuente: Autor

10 DESCRIPCIÓN ECONÓMICA DEL TRABAJO DE GRADO

Tabla 8 Costo Final de la Implementación

Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario COP	Valor Final COP
Arduino Uno R3	ud.	1	25000	25000
Modulo Xbee Pro S2C	ud.	2	156600	313200
Modulo Ethernet EN28J60	ud.	1	13000	13000
Sensores de nivel	ud.	4	23000	92000
Celda solar 5W 12V	ud.	1	30000	30000
Manguera de polietileno por metro	m	100	970	97000
Tubo PVC de ½"	m	3	2500	7500
Router Next Nebula 300 All In One	ud.	1	70000	70000
Transporte	ud.	9	20000	180000
Valor Total				827700

Fuente: Autor

11 CONCLUSIONES

El adecuado almacenamiento del agua es insuficiente para las necesidades de las zonas rurales, es necesario garantizar la calidad del agua que se está almacenando.

El diseño propuesto da la apertura para generar más proyectos que faciliten las labores cotidianas del campo, es importante antes de generar algún proyecto, determinar el alcance y las posibles afectaciones al ambiente y/o a una cultura.

El sistema fue diseñado con los elementos encontrados en la finca, pero importante generar un adecuado sistema de acueducto para estas zonas, de esta manera se reduce posibles puntos de falla.

El trabajo de grado se realizó en una zona muy fría, y se genera mucha humedad en las madrugadas esto podría traer inconvenientes a los dispositivos electrónicos, a pesar de que se instalaron en cajas de protección.

Mediante sensores de nivel y electroválvulas se logró implementar un sistema de control de llenado de tanques a partir del suministro de agua proveniente del acueducto y del estanque. Para ello se dispone de un sistema de medición remoto y transmisión de señales inalámbricas, necesarias para la supervisar el nivel del estanque.

Se adoptó un sistema de alimentación mediante un panel solar al dispositivo que se encontraba en la montaña el cual realiza la medición remota.

Finalmente, se logró implementar un sistema de almacenamiento y monitoreo mediante una aplicación móvil y una red de área local

12 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Los equipos electrónicos debes ser revisados cada 3 meses para evitar un mal funcionamiento dentro del sistema, es importante con el tiempo de supervisar todos los lugares de almacenamiento, de esta forma los datos semestrales son más acertados.

Es importante aprovechar la humedad de las madrugadas, colocando poli sombras en un ángulo donde todo el rocío baje y termine en los estanques.

La aplicación puede ir se actualizando para implementar otros sensores y actuadores que permitan conocer el porcentaje de humedad de la zona.

El aprovechamiento de tanques en concreto que esta finca tiene, generando un sistema de sensado continuo ya que son los que suministran al ganado que se encuentra en la finca.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, Cristhian Manuel Durán; ITURRIAGO, Ali Xavier. Automatización de un sistema de suministro de agua potable a través de la tecnología ZigBee. En: Revista Colombiana De Tecnologías De Avanzada (RCTA), 2013, vol. 2, no 20.

CAMPEN, B. van; GUIDI, D.; BEST, G. Energía Solar Fotovoltaica Para la Agricultura y Desarrollo Rural Sostenible. Documento de Trabajo Sobre Medio Ambiente y Recursos naturales, 2000, no 3.

CARRIÓN SALINAS, Hernán Daniel. Diseño e implementación de un banco experimental para el control de procesos en el laboratorio de automatización del AEIRNNR de la Universidad Nacional de Loja. 2016. Tesis de Licenciatura.

CARVAJAL GÓMEZ, Danny Alejandro. Prototipo sistema automatizado de recolección de agua lluvia doméstico. 2016. Tesis Doctoral. Corporación Universitaria Minuto de Dios.

CHAVARRIA ROÉ, Javier. Diseño e implementación de un inversor multinivel para sistemas fotovoltaicos conectados a red. 2010. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Catalunya.

CORTÉS, Albeiro; PEÑA, Néstor; LABRADOR, Miguel. Diseño cross-layer para transmisión de datos escalares y/o contenidos multimedia en tiempo real en redes inalámbricas de sensores. En: Revista chilena de ingeniería, 2016, vol. 24, no 1, p. 18-32.

DÍAZ PULIDO, Angélica Paola. Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia. En: Estudios socio-jurídicos, 2009, vol. 11, no 1, p. 84-116.

FAJARDO, Andrea Catalina Alvarado; OSORIO, Hernán Carvajal. Diseño, simulación y análisis, de sistema solar FV para suministro eléctrico en zonas rurales. AVANCES Investigación en ingeniería, 2014, vol. 11, no 1.

FORERO, N. L.; CAICEDO, L. M.; GORDILLO, G. Análisis del Desempeño de una Estación Autónoma de Medición y Monitoreo y Evaluación Estadística de las Medidas de las Variables Ambientales Adquiridas. En: Revista Colombiana de Física, 2009, vol. 41, no 2.

FORNAGUERA VÁZQUEZ, Marlene, et al. Situación del Programa Rural Cubano para el abasto de agua y la evacuación de los residuales líquidos. En: Ingeniería hidráulica y ambiental, 2002, vol. 23, no 2, p. 8.

HERRERA, Jean; BARRIOS, Mauricio; PÉREZ, Saúl. Diseño e implementación de un sistema scada inalámbrico mediante la tecnología zigbee y arduino. *Prospectiva*, 2014, vol. 12, no 2, p. 65-72.

HOYOS, Telmo Moya Javier Gogolino Daniel. Red de sensores y control inalámbrica para un sistema de generación de vapor solar térmico. 2010.

MARTÍNEZ, Germán Arturo López; MORENO, Flor García; FIERRO, Juan Bedoya. Modelo a escala de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía solar fotovoltaica: nueva perspectiva para el desarrollo agroindustrial colombiano. *Tecnura*, 2013, vol. 17, p. 33-47.

MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, JB. El tanque de regulación y la garantía del abasto de agua potable. En: *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. 26, 1, 20-26, Feb. 2005. ISSN: 16800338

MENDHE, Mr Samir P.; HONALE, Sonal. Agro Advisory Wireless Sensor System With Zigbee. 2016.

MONSALVE-POSADA, Juan F.; ARIAS-LONDOÑO, Alexander; MEJÍA-ARANGO, Juan G. Desempeño de redes inalámbricas y redes industriales inalámbricas en procesos de control en tiempo real bajo ambientes industriales. En: *Tecnológicas*, 2015, vol. 18, no 34.

MORALES SANCHEZ, Carlos Fernando. Cálculo de una tarifa de alimentación para instalaciones fotovoltaicas residenciales en Colombia. *Semestre Económico*, 2013, vol. 16, no 34.

MOSQUERA ROJAS, Stivell, et al. Sistema de automatización para la dispensación de agua en abrevaderos de ganado vacuno. 2009.

PÉREZ ROQUE, Felipe; VALDÉS ZALDÍVAR, Enrique; ARIAS DE FUENTES, Olimpia. Sistema de Adquisición de Datos con comunicación inalámbrica. En: *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 2013, vol. 34, no 3, p. 63-73.

QUISHPE ESTRADA, Fátima de los Ángeles. Diseño de un prototipo de sistemas SCADA para el monitoreo de captación, almacenamiento y distribución de agua potable para la EP-EMAPAR. 2017. Tesis de Maestría. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

RODRÍGUEZ MURCIA, Humberto. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de ingeniería*, 2008, no 28, p. 83-89.

ROMERO, Carlos Alberto Vera; JAIMES, Jhon Erickson Barbosa; GONZÁLEZ, Diana Carolina Pabón. Parámetros de configuración en módulos XBEE-PRO® S2B

ZB para medición de variables ambientales. En: Tecnura, 2015, vol. 19, no 45, p. 141-157.

SAYAGO, S., et al. Radiación solar horaria. modelos de estimación a partir de variables meteorológicas básicas. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 2011, vol. 15, p. 51-57.

SIABATO, Flavio Pinto. Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia. El caso de la vereda Carrizal en Sutamarchán. Cuadernos de desarrollo rural, 2011, vol. 1, no 53.

SMITS, Stef, et al. Gobernanza y sostenibilidad de los sistemas de agua potable y saneamiento rurales en Colombia. Monografía del BID (Sector de Infraestructura y Medio Ambiente. División de Agua y Saneamiento); IDB-MG-133, 2012.

SOSA, Eduardo Omar, et al. Localización geográfica de ganado utilizando modelos de propagación de señal y XBee. En XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (Salta, 2015). 2015.

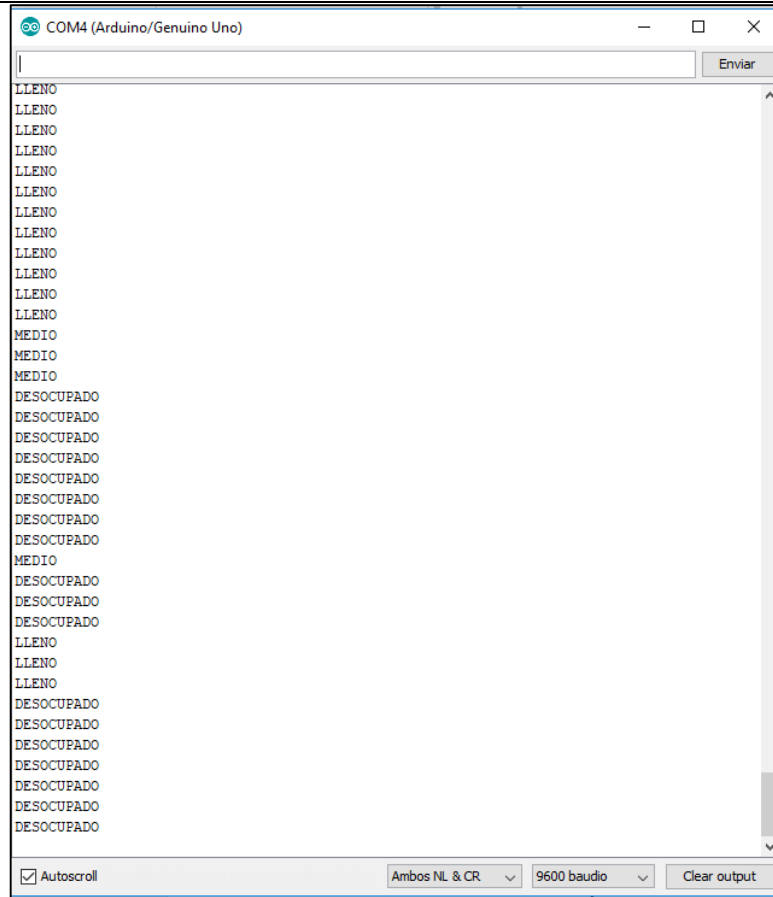
SUCASACA, Huayta, et al. Diseño e implementación de un sistema scada para el control de nivel de agua para uso domótico mediante redes industriales. 2017.

URBANO-MOLANO, Fernando Aparicio. Redes de sensores inalámbricos aplicadas a optimización en agricultura de precisión para cultivos de café en Colombia. Journal de Ciencia e Ingeniería, 2013, vol. 5, no 1, p. 46-52

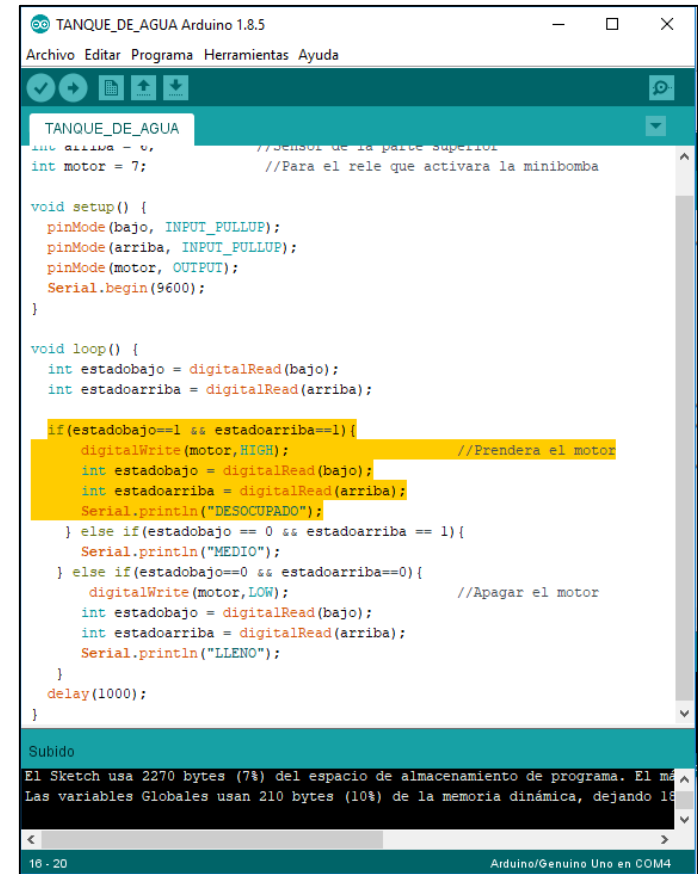
ANEXOS

Anexo A Prueba sensor de nivel 1

LOS SENSORES ACTIVADOS



```
COM4 (Arduino/Genuino Uno)
Enviar
LLENO
LLENO
LLENO
LLENO
LLENO
LLENO
LLENO
LLENO
LLENO
LLENO
LLENO
LLENO
LLENO
LLENO
MEDIO
MEDIO
MEDIO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
MEDIO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
LLENO
LLENO
LLENO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
DESOCUPADO
Autoscroll Ambos NL & CR 9600 baudio Clear output
```



```
TANQUE_DE_AGUA Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
TANQUE_DE_AGUA
int arriba = 0; //Sensor de la parte superior
int motor = 7; //Para el rele que activara la minibomba

void setup() {
  pinMode(bajo, INPUT_PULLUP);
  pinMode(arriba, INPUT_PULLUP);
  pinMode(motor, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int estadobajo = digitalRead(bajo);
  int estadoarriba = digitalRead(arriba);

  if(estadobajo==1 && estadoarriba==1){
    digitalWrite(motor,HIGH); //Prendera el motor
    int estadobajo = digitalRead(bajo);
    int estadoarriba = digitalRead(arriba);
    Serial.println("DESOCUPADO");
  } else if(estadobajo == 0 && estadoarriba == 1){
    Serial.println("MEDIO");
  } else if(estadobajo==0 && estadoarriba==0){
    digitalWrite(motor,LOW); //Apagar el motor
    int estadobajo = digitalRead(bajo);
    int estadoarriba = digitalRead(arriba);
    Serial.println("LLENO");
  }
  delay(1000);
}

Subido
El Sketch usa 2270 bytes (7%) del espacio de almacenamiento de programa. El m
Las variables Globales usan 210 bytes (10%) de la memoria dinámica, dejando 18
16 - 20 Arduino/Genuino Uno en COM4
```

LOS SENSORES DESACTIVADOS

The image shows the Arduino IDE interface. On the left, the serial monitor window is titled 'COM4 (Arduino/Genuino Uno)'. It displays a series of 'LLENO' messages, indicating that the water tank is full. At the bottom of the serial monitor, there are controls for 'Autoscroll' (checked), 'Ambos NL & CR', '9600 baudio', and 'Clear output'.

On the right, the code editor window shows the following code:

```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
TANQUE_DE_AGUA
//Sensor de la parte superior
int motor = 7; //Para el rele que activara la minibomba

void setup() {
  pinMode(bajo, INPUT_PULLUP);
  pinMode(arriba, INPUT_PULLUP);
  pinMode(motor, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int estadobajo = digitalRead(bajo);
  int estadoarriba = digitalRead(arriba);

  if(estadobajo==1 && estadoarriba==1){
    digitalWrite(motor,HIGH); //Prendera el motor
    int estadobajo = digitalRead(bajo);
    int estadoarriba = digitalRead(arriba);
    Serial.println("DESOCUPADO");
  } else if(estadobajo == 0 && estadoarriba == 1){
    Serial.println("MEDIO");
  } else if(estadobajo==0 && estadoarriba==0){
    digitalWrite(motor,LOW); //Apagar el motor
    int estadobajo = digitalRead(bajo);
    int estadoarriba = digitalRead(arriba);
    Serial.println("LLENO");
  }
  delay(1000);
}
```

The status bar at the bottom right of the code editor indicates '27 - 23' and 'Arduino/Genuino Uno en COM4'.

Anexo B Programación de APP

The image displays a collection of visual programming blocks, likely from a platform like MIT App Inventor, organized into several functional groups:

- Botón1 Click:** An event handler that checks the state of 'Etiqueta3'. If it is 'Manual', it sets Botón1 to 'SWITCH_A.GIF', Botón3 to disabled, Botón2 to disabled, and both valves to 'valvula1.gif'. It also sets labels to 'CERRADO' and calls a web service with 'http://192.168.0.177?AUTOMATICO'. If 'Automatico', it sets Botón1 to 'SWITCH_M.GIF', Botón3 to enabled, Botón2 to enabled, and both valves to 'valvula1.gif', with labels set to 'CERRADO' and a call to 'http://192.168.0.177?AUTOMATICO'.
- Botón2 Click:** An event handler that checks 'Etiqueta1'. If 'CERRADO', it sets Botón2 to 'valvula2.gif', the label to 'ABIERTO', and calls 'http://192.168.0.177?ABIERTO1'. Otherwise, it sets Botón2 to 'valvula1.gif', the label to 'CERRADO', and calls 'http://192.168.0.177?CERRADO1'.
- Web1 GotText:** A block that initializes a global variable 'tanq' to an empty string. It then processes the response from 'Web1', setting 'tanq' to a segment of text starting at index 191 and of length 9, and updates 'TextBox1' with the value of 'tanq'.
- Botón3 Click:** An event handler that checks 'Etiqueta2'. If 'CERRADO', it sets Botón3 to 'valvula2.gif', the label to 'ABIERTO', and calls 'http://192.168.0.177?ABIERTO2'. Otherwise, it sets Botón3 to 'valvula1.gif', the label to 'CERRADO', and calls 'http://192.168.0.177?CERRADO2'.
- CasillaDeVerificación Focus/Changed:** A series of blocks that update 'Imagen1' based on the state of three checkboxes:
 - CasillaDeVerificación1:** Focus sets 'Imagen1' to 'tanque.gif'; Changed also sets 'Imagen1' to 'tanque.gif'.
 - CasillaDeVerificación2:** Changed sets 'Imagen1' to 'vacio.gif'.
 - CasillaDeVerificación3:** Focus sets 'Imagen1' to 'vacio.gif'; Changed sets 'Imagen1' to 'lleno.gif'; Focus also sets 'Imagen1' to 'lleno.gif'.