

INFORMACIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Título de la Propuesta:

Aplicación para el monitoreo y control automatizado de un sistema de aspersión para las zonas verdes en los parques del distrito de Barranquilla

Integrante:

JOSE ENRIQUE DIAZ YUBRAN

Programa: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Línea de Investigación: Comunicaciones Inalámbricas, Sistemas Digitales.

Entidad: PARQUE LA CUMBRE, DISTRITO DE BARRANQUILLA ATLANTICO.

BARRANQUILLA, MAYO DE 2020

**APLICACIÓN PARA EL MONITOREO Y CONTROL AUTOMATIZADO DE UN
SISTEMA DE ASPERSIÓN PARA LAS ZONAS VERDES EN LOS PARQUES
DEL DISTRITO DE BARRANQUILLA**

Integrante:

JOSE ENRIQUE DIAZ YUBRAN

Asesor:

JOSE ALBERTO LEDESMA LEON

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

BARRANQUILLA, MAYO DE 2020

1. RESUMEN ANALÍTICO ESPECIALIZADO

(RAE)

TITULO:

Aplicación para el monitoreo y control automatizado de un sistema de aspersión para las zonas verdes en los parques del distrito de Barranquilla.

TIPO DE DOCUMENTO:

Tesis de grado, requisito para obtener el título de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.

AUTOR:

Jose Enrique Diaz Yubran

LUGAR DE PRESENTACIÓN:

Parque La Cumbre, Carrera 42E, Cl. 87 esquina. De la ciudad de Barranquilla.

PALABRAS CLAVES:

Sensores, servidor web, Evapotranspiración (ETP), App web, Zigbee, Xbee, Raspberry, Arduino, Shield.

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO:

En este trabajo de grado se desarrolla una aplicación web para el monitoreo del estado de humedad de suelo y temperatura de ambiente, el cual fue desarrollado con una red Zigbee con sensores y una aplicación web para la visualización control y automatización. Para esto se obtuvo información portales web que brindan información sobre el tema, personas conocedoras en SCADA y la ayuda de profesionales afines a nuestra línea de investigación.

METODOLOGÍA:

En el presente proyecto se realizara una investigación descriptiva, debido a que nos implica observar y describir ciertos comportamientos en la temática para poder así tomar las mejores decisiones, por medio de esto se realizaran determinados análisis de todas las variables que afectan directamente las zonas verdes por medio del método deductivo, como por ejemplo la temperatura , la humedad de suelo y el agua necesaria para cada tipo de planta y por medio de esto se harán determinadas parametrizaciones, de igual forma se estudiaran los diferentes métodos de comunicación inalámbrica para poder tener una monitorización optima en las diferentes zonas de los parques.

Fuentes Primarias:

Información web con temática en sensores y adquisición de datos, transmisión datos vía Xbee, Arduino, Servidores Web remotos en Raspberry, Creación de Apps Web, lenguaje en JavaScript y automatización. De igual forma se tomó como fuente la información de páginas web que hablen de los sistemas de control de riego.

Fuentes Secundarias:

En este punto se contó con la colaboración de un asesor externo, quien con sus conocimientos nos colaboró con la elaboración de la base de datos, servidor web y aplicación web del proyecto. A si mismo se contó con la colaboración de compañeros y otros profesores de Universidad Autónoma del Caribe, en especial el profesor Glayder Viloría dando apoyo en la implementación del Xbee.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las pruebas de este sistema de riego se pueden comparar que este funciona en tiempo real ya que el intervalo en él envió recepción y activación está en función del tiempo esperado.

Posible ahorro del 30% al 35% de la cantidad de agua utilizada ante el método de inundación anteriormente utilizado, con una efectividad entre el 80% y 85%.

RECOMENDACIONES

Mantener las tensiones a los voltajes indicados. En el caso del Arduino a 5v 2a. En el caso de las electroválvulas 12v a 2a. En el caso del coordinador Xbee esta alimentado con el módulo Xplorer y este a su vez de la Raspberry. En el caso de la Raspberry a 5v 2a.

El uso de módulos Xbee s2c a línea de vista, ya que si no se encuentra en línea de vista puede presentar perdida de señal, lo cual reduce el alcance.

2. ABSTRAC

RYubran es un sistema que se enfoca en ahorrar agua y en algunos casos energía, proporcionando el agua que la planta necesita y no lo que el jardinero o usuario considera necesario. Para lograr este objetivo, debe recopilar constantemente los parámetros que influyen: la humedad relativa del suelo y la temperatura ambiente y así saber el cuándo, cómo y cuánto regar. Este sistema ha sido diseñado pensando en las necesidades de los parques de la ciudad de Barranquilla, que a menudo no piensan en el ahorro significativo del agua ayudando así al medio ambiente. Todo de la mano de la tecnología para así facilitar al jardinero o usuario un control total sobre el riego.

ABSTRAC

RYubran it is a system that focuses on saving water and in some cases energy, providing the water that the plant needs and not what the gardener or the user considers necessary. To achieve this goal, you must constantly collect the parameters that influence: the relative humidity of the soil and the ambient temperature, and thus know when, how and how much to irrigate. This system has been designed thinking about the needs of the parks of the city of Barranquilla, which often do not think about the significant saving of water and help the environment. All in the hand of technology to provide the gardener or user with full control over irrigation.

DEDICATOCIA

Le dedico este trabajo a mis padres Jose Diaz Cantillo y Halimath Yubran Barcelo por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos Jose Esteban y Shadya Jilua por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.

A toda mi familia por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado por apoyarme en aquellos momentos de necesidad por ayudar a la unión familiar.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a mis profesores: Saling Payares, Jose Ledesma, Gisella Borja, Evert de los Rios, Meglys Perez, Glayder Vilorio y Alvaro Sanchez, brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo, amistad y por los conocimientos que me transmitieron.

A mis amigos y compañeros de universidad por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré donde siempre hubo apoyo mutuo: Ricardo de las Salas, Atkinsons Avila, Adriana Vargas, Aldair Cuentas, Luis Vergara P. y Jean Carlos Martínez.

INDICE DE CONTENIDO

1. RAE	3
2. ABSTRAC	7
3. INDICE DE FIGURAS	12
4. INDICE DE TABLAS	13
5. INDICE DE ANEXOS	14
6. RESUMEN EJECUTIVO	15
7. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
7.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
7.2. IMPACTO ESPERADO	16
7.3. USUARIOS	17
7.4. ESTADO DEL ARTE	18
7.5. MARCO TEÓRICO	21
7.6. OBJETIVOS	39
7.7. METODOLOGÍA PROPUESTA	40
7.8. RESULTADOS ESPERADOS	42
7.9. ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN	52
7.10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	52
8. PRESUPUESTO	53
9. CONCLUSIONES	54
10.REFERENCIAS	55
11.ANEXOS	56

3. INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disponibilidad actual del agua.	22
Figura 2. Riego Por Aspersión	27
Figura 3. Normalmente cerrada (N.C)	29
Figura 4. Normalmente abierta (N.A)	29
Figura 5. Acción Directa	30
Figura 6. Arduino Mega	31
Figura 7: Dispositivo XBee	32
Figura 8: Comunicación entre XBee	32
Figura 9. Diagrama Implementación ZegBee	33
Figura 10. Diagrama Topología ZegBee	33
Figura 11. Conexiones al Servidor	37
Figura 12. Interacción cliente Web–Servidor Web	37
Figura 13. Raspberry Pi 3 Modelo B	38
Figura 14. Diagrama del proyecto	42
Figura 15. Sensor de Humedad de Suelo HL-69.	44
Figura 16. Sensor DHT22	45
Figura 17. Descripción Arduino Mega	46
Figura 18. Shield 2ch Rele Xbee.	47
Figura 19. Definir Xbee Coordinador y Router	48
Figura 20. Configuración Coordinador y Router por XCTU	48
Figura 21. Armado Arduino con Shield 2ch Rele Xbee	50
Figura 22. Armado Raspberry con Modulo Explorer y Xbee Coordinador	51

4. INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación Tecnologías de redes inalámbricas	35
Tabla 2. Rangos y Precisión DHT22	45
Tabla 3. Cronograma de Actividades	53
Tabla 4. Presupuesto	57
Tabla 5. Ahorro estimado	58

5. INDICE DE ANEXOS

Codigo 1. Tramas para el control de Rele en XCTU.	50
---	----

6. RESUMEN EJECUTIVO

En el proceso de mejoramiento de los parques es evidente que el agua es un factor que interviene directamente al momento del desarrollo de estos. De tal manera es importante que este factor este bien controlado para que dicho mejoramiento se mantenga en buenas condiciones visuales y ambientales, ya que en estas zonas es normal ver perdidas de plantas y vegetación en general debido a mucho, poco o inadecuado suministro de agua, la ejecución de este proyecto busca dar solución a ello mediante un sistema automático de riego que se pueda controlar y monitorear.

De este modo se necesita la implementación de un mejor sistema de riego , se utilizaran los sensores adecuados para adquirir las variables de interés, serán acondicionadas y procesadas para hacer un determinado control y automatización mediante una determinada placa de ordenador reducido y poder así manejar las electroválvulas con el sistema de aspersion a las zonas verdes, se podrá hacer envío de estos datos a un servidor web en donde siempre se visualizara el estado de las plantas y cualquier persona a nivel mundial pueda estar al tanto de ello.

Como primera instancia en el parque La Cumbre, Carrera 42E, Cl. 87 esquina. Para que más adelante pueda ser en los principales parques de la ciudad de Barranquilla.

7. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

7.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pérdida de agua potable en las ciudades colombianas, por fugas, robo del líquido a través de conexiones fraudulentas o simple desperdicio por cuenta de los usuarios, es un fenómeno descontrolado que podría dejar a varias capitales sin reservas del líquido en menos de una década. En Barranquilla no se da el fenómeno de la escoba hidráulica, pero sí el de los lavaderos piratas de carros que funcionan en varios parques de la ciudad con el agua dispuesta por la Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseos (Triple A) para irrigar los prados y los jardines. En esta capital las pérdidas alcanzan un 39 por ciento. De acuerdo con la Triple A, el servicio de agua potable para Barranquilla está garantizado solo por los próximos 10 años.

Entonces ¿Cómo desarrollar un sistema de ahorro del agua que se está mal gastando de forma inconsciente y además que permita monitorear y controlar en tiempo real su consumo necesario para las zonas verdes de los parques de Barranquilla?

7.2. IMPACTO ESPERADO

La ejecución del presente proyecto representa un gran aporte al desarrollo tecnológico aplicado al mejoramiento estructural y cultural en la ciudad de barranquilla, Colombia y una solución al poco ahorro de agua que están teniendo

este sector, ya que desde su remodelación han contado con este problema obligando en ocasiones a tener pérdidas de plantas por acumulación o escases de agua, por lo tanto la implementación de un sistema automático de riego por aspersión otorgando la cantidad y momento adecuados, podría ser la solución para ello.

El sistema de monitoreo en estas zonas vía servidor web también se consideraría un gran aporte ya que sería muy buena estrategia para la percepción del estado de humedad temperatura y periodicidad de riego de los parques de una forma portátil y accesible al público.

La eficiencia del riego por aspersión es de un 80% frente al 50% en los riegos por inundación tradicionales. En consecuencia, el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema.

Especialmente útil para distintas clases de suelos. Ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.

7.3. USUARIOS

Los principales beneficiados con la implementación de este proyecto serían los jardineros del parque La Cumbre, en donde este sistema les ayudara con sus problemas de suministro de agua para las plantas que embellecen el parque, los que se presentan perdidas de planta por mucho por poco suministro de agua.

Con la implementación de este proyecto se beneficiarán indirectamente aquellas comunidades vecinas colindantes y a toda persona interesada en del parque La Cumbre, que desee encontrar con un sistema de monitoreo control y automatización que les proporcione un ahorro considerable de agua partir de un Smartphone o Laptop.

7.4. ESTADO DEL ARTE

Dentro del análisis internacional, nacional y regional se pueden encontrar diferentes sistemas de riego automatizado y también proyectos con integración de redes Zigbee.

A nivel internacional en el Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora México en el año 2012 Héctor Emmanuel Parra Figueroa analiza el problema de sequía de un jardín de enredaderas que se encuentran por fuera del laboratorio de ingeniería civil. Como consecuencia emprende su proyecto de tesis “**diseño de un sistema de riego por goteo automatizado**”, dando la implementación de un diseño agronómico, un sistema hidráulico eficiente y un control automático el cual permitirá, acrecentar y optimizar el desarrollo el jardín de enredaderas.

Con el diseño de este sistema de riego por goteo automatizado se pretende adecuar a las nuevas técnicas tanto hidropónicas como tecnológicas en los sistemas de riego de jardines, y a la par teniendo un ahorro significativo tanto en agua, energía y mano de obra.

Así mismo podemos encontrar en la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, Quito que en el año 2013 los estudiantes Juan Carlos Vásquez Cuzco y Felipe de Jesús Chamba Tenemaza, elaboraron como tesis de grado **“diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el sector popular de Balerio Estacio”** El proyecto abarca lo que es la comunicación inalámbrica en la frecuencia de banda libre de 2.4Ghz con un alcance de 300 metros en línea de vista y de 30 a 50 metros sin línea de vista. El panel principal recibe datos de humedad, control de nivel, que son procesados y controlados por un Microcontrolador que a su vez envía señal al XBee para su comunicación inalámbrica al panel del pozo gobernado por otro Microcontrolador que envía a encender una bomba. Dada la necesidad en la agricultura y sobre todo la constancia que esta conlleva a permanecer en los lugares donde se necesita un riego constante y controlado, para que los productos del agro no se dañen o lo que es peor se pierdan en su totalidad surge esta necesidad de automatizar un sector a través de un sistema de riego, el mismo que controla las diferentes áreas de sembrío las cuales poseen varios sensores que interactúan con un Microcontrolador que tomará las decisiones de riego en el caso de surgir la necesidad.

A nivel nacional en la Universidad Tecnológica De Pereira -Colombia en el 2014 Giancarlo Daraviña Peña y Richard Valencia Gutierrez realizan el proyecto **“Diseño De Sistema De Control De Optimización Ambiental Para Cultivo Hidropónico”** La hidroponía es una técnica o método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales sin suelo agrícola. Las raíces reciben una solución nutritiva

equilibrada disuelta en agua con todos los elementos esenciales para el crecimiento de la planta, pueden crecer en una solución única y en medios inertes como arena lavada y perlita o grava. En Colombia el control de variables ambientales para un cultivo suele ser complicado puesto que las condiciones ambientales varían mucho así que la mayoría de los cultivos suelen presentar pérdidas, esto pasa también con los nutrientes dado que en las tierras donde se cultivan son limitados y requieren aplicación de abonos para que los cultivos puedan avanzar en la etapa de desarrollo. A través de este proyecto se pretende comprender lo relacionado con el diseño de un control ambiental, con la intención de poder ofrecer algunas soluciones adecuadas para las necesidades del sector agroindustrial del país, y así poder fomentar una mejora tecnológica significativa para el campo colombiano. En este proyecto se plantean algunas soluciones desde los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación, aplicando protocolos de comunicación inalámbrica, que logran suplir las necesidades de control en el invernadero permitiendo la regulación de tres variables importantes del ambiente cerrado, como son temperatura, humedad y caudal de riego.

De igual forma a nivel regional en la Universidad Autónoma Del Caribe, Barranquilla Colombia en el 2014 Wilfrido Andres Molina Jimenez realiza el proyecto **“Prototipo Monitoreado De Un Sistema Automático De Riego Por Aspersión Con Sensores Para La Agricultura”** Con la realización de este proyecto se inicia un nuevo ciclo en la innovación y tecnificación el método de riego por aspersión para la agricultura colombiana, lo que queremos lograr con este proyecto es hacer más competitivos este sector y así aumentar las ventas de los productos agrícolas en el

mercado nacional y en el mercado internacional generando ingresos y obteniendo mayor productividad para el sector. Se espera que con el diseño del prototipo se tecnifique e innove el método riego para así minimizar tiempos y funciones para el cultivo de los productos y que generen un valor agregado para los productos y siempre mantener un registro de los datos arrojados por el dispositivo los cuales pueden servir en un futuro para realizar estudios que puedan generar innovación de procesos.

7.5. MARCO TEORICO

De acuerdo con el Consejo de Agua Mundial (World Water Council), existen seis grandes problemas relacionados con el agua: la escasez, la falta de acceso, el decremento en su calidad, la falta de conciencia por parte de autoridades y del público, la disminución en la asignación de recursos financieros y la fragmentación en su administración.

La disponibilidad actual de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1 386 millones de km³, de los cuales el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5%, o 35 millones de km³, es agua dulce, de esta cantidad casi el 70% no está disponible para consumo humano porque se encuentra en los glaciares, en la nieve y en el hielo como muestra la **(Figura 1)**. Mucha de esta agua teóricamente utilizable se encuentra lejos de las zonas pobladas, lo cual dificulta o vuelve imposible su utilización efectiva.

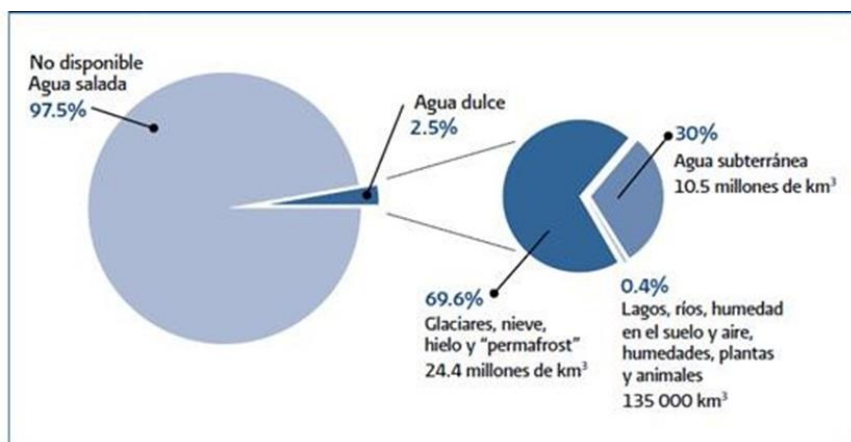


Figura 1. Disponibilidad actual del agua.

Entre las principales dificultades para la tecnificación del riego sobresalen: los altos costos de acondicionamiento de la infraestructura de riego; la baja eficiencia de conducción y distribución debido a problemas de filtración, la alta escorrentía superficial y el uso inapropiado de los canales; la baja eficiencia de la aplicación del agua, por desconocimiento de los métodos de riego eficientes.

Según La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Food and Agriculture Organization, FAO) a partir de 1950 se ha triplicado el consumo del agua en todo el mundo. Actualmente, la cuarta parte de los países del mundo tiene insuficiencia de agua tanto en cantidad como en calidad, con lo cual no cabe duda de que un uso más intensivo e inapropiado del recurso aumentara los riesgos para la población y supone una grave rémora para la producción alimentaria, para el desarrollo económico y para la protección de los ecosistemas.

Por estas razones el adecuado uso del riego es casi una ciencia. Es una acción sencilla de realizar pero que hace dudar en cuanto a la cantidad y periodicidad.

Riego adecuado:

- Le da turgencia y elasticidad.
- Le ayuda a recuperarse ante acciones como el pisoteo, uso deportivo excesivo, factores ambientales, insectos, etc...

Riego Inadecuado

Riego excesivo perjudica la estructura del suelo porque:

- Compacta y endurece el suelo: Este endurecimiento de la tierra dificulta el crecimiento de las raíces. No permite una adecuada aireación del suelo ni el drenaje adecuado del agua con lo que la raíz puede llegar a enfermar y morir por asfixia.
- Lo lava de nutrientes: Si es un suelo muy arenoso y no se le aporta fertilizantes regularmente, los pocos nutrientes que tenga el suelo se escurrirán con el agua hasta zonas donde no llegan las raíces.
- Provoca aparición de hongos.

Falta de riego provoca:

- No se recupera de las pisadas, quedando las huellas marcadas. El color se torna amarillo y de aspecto pajizo o verde azulado en la Grama.
- El crecimiento se realiza lentamente.

- Si el césped tiene un color verde intenso y tierno, es síntoma de que está bien regado.
- Si el césped tiene un color pálido y tierno, es síntoma de excesivo riego.
- Si el césped tiene un color apagado y quebradizo, es síntoma de poco riego.
- Si el césped natural experimenta un periodo de sequía prolongado, empezará a marchitarse y tornarse de color verde grisáceo, si se riega en este momento se puede recuperar rápidamente. Si la sequía persistiera (4 a 6 semanas) el césped dejaría de crecer, se tornaría marrón y moriría, aunque las raíces y corona pueden haber sobrevivido. Necesitaría un abundante riego en profundidad al principio y proseguir gradualmente con un riego normal de manera que podría recuperarse en 3 ó 4 semanas.

SISTEMA DE CONTROL

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Por lo general, se usan sistemas de control industrial en procesos de producción industriales para controlar equipos o máquinas.

Existen dos clases comunes de sistemas de control, sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado. En los sistemas de control de lazo abierto la salida se

genera dependiendo de la entrada; mientras que en los sistemas de lazo cerrado la salida depende de las consideraciones y correcciones realizadas por la retroalimentación. Un sistema de lazo cerrado es llamado también sistema de control con realimentación. Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos sobre la base de muchos parámetros y reciben el nombre de controladores de automatización programables (PAC).

Los sistemas de control deben conseguir los siguientes objetivos:

- Ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser eficiente según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Necesidades de la supervisión de procesos
- Limitaciones de la visualización de los sistemas de adquisición y control.
- Control vs Monitoreo del proceso
- Control software. Cierre de lazo de control.
- Recoger, almacenar y visualizar información.
- Minería de datos.

Sistema De Control De Lazo Abierto

Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador.

Sistema De Control De Lazo Cerrado

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia.

RIEGO POR ASPERSIÓN

Sistema de riego superficial que se produce asperjando el agua en un rociado de pequeñas gotas sobre o entre las plantas, imitando el agua de lluvia.

Uno de los métodos de riego que se utilizaron desde hace milenios fue el de aplicación de agua a las plantas con una regadera manual. Es evidente que ello solo podía aplicarse en pequeña escala, por lo cual predominó el riego por surcos. El riego por aspersión comenzó hace tres siglos cuando se inventó la bomba hidráulica accionada por vapor y después por motores eléctricos. Hoy es el método más generalizado.

Distinguiremos los sistemas:

- **Sistemas convencionales:** estos sistemas son los primeros que se desarrollaron en el riego por aspersión. Se dividen a su vez en:
 - **Sistemas fijos:** se colocan los aspersores en el marco establecido, y el sistema de tuberías puede ser enterrado o bien superficial, quedando como parte saliente y con la altura adecuada el vástago donde irá incorporado el aspersor.

- **Sistemas Semifijos:** son esencialmente sistemas que se van desplazando de una zona a otra de forma manual o mecanizada mediante un desmontaje rápido del sistema. Dentro de estos sistemas se encuentran las alas de riego y los cañones de riego.
- **Sistemas auto mecanizados:** son sistemas automotrices que llevan instalados motores eléctricos o sistemas hidráulicos que permiten su movimiento a lo largo de la superficie de riego. Dentro de estos sistemas se encuentran los sistemas pivotantes de riego, los sistemas de desplazamiento lateral (carros de riego) y otras máquinas regadoras.

La elección de un sistema u otro se establece según los criterios técnico-económicos que permiten o no su instalación, como son la superficie a regar, la orografía del terreno, el acceso a la electricidad en la finca, etc.



Figura 2. Riego Por Aspersión.

ELECTROVALVULAS

Las electroválvulas o válvulas solenoides son dispositivos diseñados para controlar el flujo (ON-OFF) de un fluido. Están diseñadas para poder utilizarse con agua, gas, aire, gas combustible, vapor entre otros. Estas válvulas pueden ser de dos hasta cinco vías. Pueden estar fabricadas en latón, acero inoxidable o PVC. Dependiendo del fluido en el que se vayan a utilizar es el material de la válvula.

En las válvulas de 2 vías, normalmente se utilizan las que funcionan con tres modalidades diferentes, dependiendo del uso que están destinadas a operar; pueden ser de acción directa, acción indirecta y acción mixta o combinada, además cada una de estas categorías puede ser Normalmente Cerrada (N.C.) (**figura 3.**) o Normalmente Abierta (N.A.) (**figura 4.**), esto dependiendo de la función que va a realizar ya sea que esté cerrada y cuando reciba la señal a la solenoide abra durante unos segundos, o que esté abierta y cuando reciba la señal la solenoide corte el flujo.

Acción Directa

El comando eléctrico acciona directamente la apertura o cierre de la válvula, por medio de un embolo.

La diferencia entre la válvula N.C. a la N.A. de acción directa es que, cuando la válvula N.C. no está energizada el embolo permanece en una posición que bloquea el orificio de tal manera que impide el flujo del fluido, y cuando se energiza la bobina el embolo es magnetizado de tal manera que se desbloquea el orificio y de esta manera fluye el fluido. La N.A. cuando la

bobina no está energizada mediante la acción de un resorte el embolo se mantiene en tal posición que siempre está abierta y cuando se energiza la bobina la acción es hacia abajo empujando el resorte haciendo que cierre el orificio e impida que fluya el fluido.

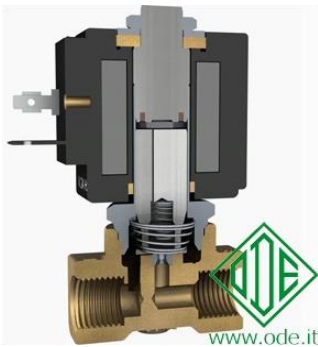


Figura 3. Normalmente cerrada (N.C).

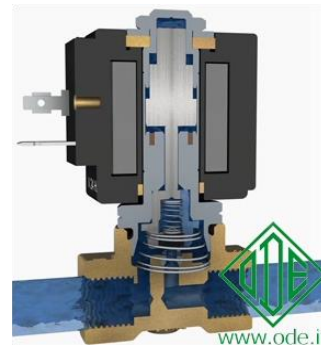


Figura 4. Normalmente abierta (N.A)

Acción Indirecta

La característica principal de la válvula del tipo acción indirecta es que cuando recibe el comando eléctrico se acciona el embolo el cual permite a su vez como segunda acción, o acción indirecta, que el diafragma principal se abra o se cierre, en una acción indirecta. Esta serie de válvulas necesita una presión mínima para poder funcionar correctamente. También en esta serie de comando indirecto tenemos válvulas normalmente cerradas y válvulas normalmente abiertas.



Figura 5. Acción Directa.

SENSORES

Un sensor es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo: intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Por ejemplo, el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

ARDUINO

Se trata de una placa open hardware por lo que su diseño es de libre distribución y utilización, que incluso podemos construirnos nosotros mismos (**figura 6**). El programa se implementará haciendo uso del entorno de programación propio de Arduino y se transferirá empleando un cable USB. Si bien en el caso de la placa USB no es preciso utilizar una fuente de alimentación externa, ya que el propio cable USB la proporciona, para la realización de algunos de los experimentos prácticos sí que será necesario disponer de una fuente de alimentación externa ya que la alimentación proporcionada por el USB puede no ser suficiente. El voltaje de la fuente puede estar entre 6 y 25 Voltios.



Figura 6. Arduino Mega.

ZIGBEE

En primer lugar, hay que decir que ZigBee es un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación. Se utiliza para la radiodifusión digital de datos buscando ahorrar lo máximo posible en energía. Una tecnología basada en el estándar de la IEEE, el IEEE 802.15.4 para crear redes fast point-to-multipoint (punto a multipunto) o,

para crear redes peer-to-peer (punto a punto). La tecnología de comunicación inalámbrica ZigBee utiliza la banda ISM y por lo general, adopta la banda 2.4GHz para comunicarse con el resto de los dispositivos ya que esta se adopta en todo el mundo.



Figura 7: Dispositivo XBee.

Estos módulos son utilizados en:

- Automatización de casas
- Sistemas de seguridad
- Monitoreo de sistemas remotos
- Aparatos domésticos
- Alarmas contra incendio
- Plantas tratadoras de agua.

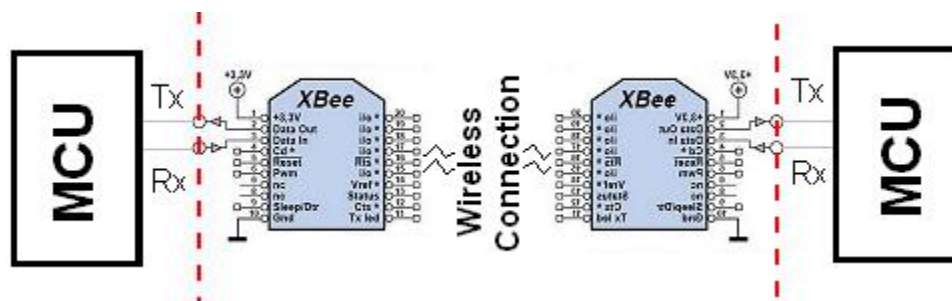


Figura 8: Comunicación entre XBee.

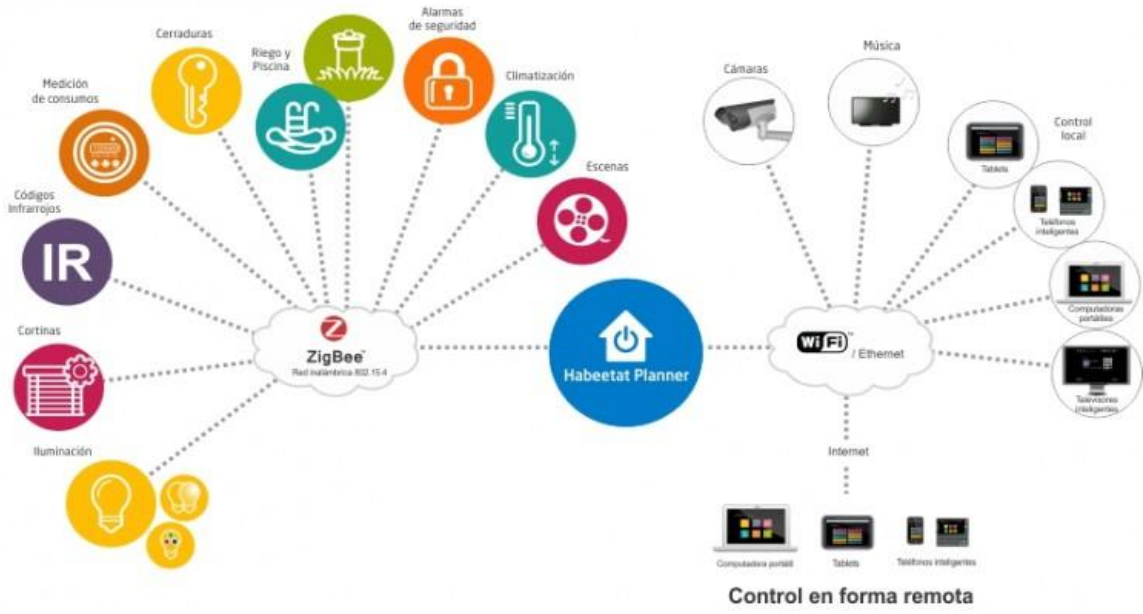


Figura 9. Diagrama Implementación ZegBee.

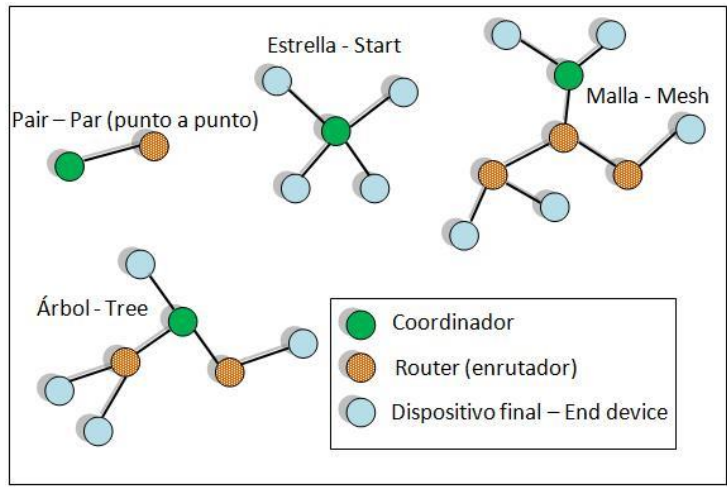


Figura 10. Diagrama Topología ZegBee.

Una red formada por dispositivos ZigBee puede tener distintas topologías: **Estrella, árbol y malla**. De estas tres, la más usada es la organización en malla. Lo que quiere decir esta topología es que un nodo ZigBee puede estar conectado a su vez a otros más de la misma red. De este modo, se asegura la comunicación entre todos los nodos porque siempre habrá un camino para seguir en caso de caída de uno. Claro está, el nodo coordinador es el que dirige el paso de mensajes entre cada nodo de la malla.

Los módulos tienen 6 convertidores análogo-digital y 8 entradas digitales además de Rx y Tx. Trabajan a 2.4 GHz y generan una red propia a la que puedes conectarte o desconectarte. Entre otras características a tener en cuenta hay que decir que son módulos microprocesador con lo cual tienes solucionados los problemas de fallo de trama, ruidos, entre otros. Los módulos, se comunican con un dispositivo RS232 a niveles TTL, ofrecen una velocidad de comunicación desde 1200 hasta 115.200 baudios pasando por todos los valores convencionales, también disponen de varias I/O que pueden ser configuradas para diferentes funciones. El fabricante nos proporciona el programa XCTU, nos sirve para configurar, inicializar, actualizar firmware y testear los módulos XBee, comunicándose por puerto serie a los módulos. Una ventaja de este software es que puedes ver rápidamente un resumen de todos los parámetros del módulo y una descripción de ellos.

	Wi-fi	Bluetooth	Zigbee
Banda de Frecuencias	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz, 868 / 915 MHz
Tamaño de Pila	~ 1Mb	~ 1Mb	~ 20kb
Tasa de Transferencia	11Mbps	1Mbps	250kbps (2.4GHz) 40kbps (915MHz) 20kbps (868MHz)
Números de Canales	11 - - 14	79	16 (2.4GHz) 10 (915MHz) 1 (868MHz)
Tipos de Datos	Digital	Digital, Audio	Digital (Texto)
Rango de Nodos Internos	100m	10m - 100m	10m - 100m
Número de Dispositivos	32	8	255 / 65535
Requisitos de Alimentación	Media – Horas de Batería	Media - Días de Batería	Muy Baja - Años de Batería
Introducción al Mercado	Alta	Media	Baja
Arquitecturas	Estrella	Estrella	Estrella, Árbol, Punto a Punto y Malla
Mejoras de Aplicación	Edificio con Internet Adentro	Computadora y Teléfonos	Control de Bajo Costo y Monitoreo
Consumo de Potencia	400ma transmitiendo, 20ma en reposo	40ma transmitiendo, 0.2ma en reposo	30ma transmitiendo, 3ma en reposo
Precio	Costoso	Accesible	Bajo
Complejidad	Complejo	Complejo	Simple

Tabla 1. Comparación Tecnologías de redes inalámbricas.

TECNOLOGÍA Wifi

WI-FI es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica mediante ondas más utilizada hoy en día, también llamada WLAN (Wireless LAN, red inalámbrica) o estándar IEEE 802.11. WI-FI no es una abreviatura de Wireless Fidelity, simplemente es un nombre comercial. En la actualidad podemos encontrarnos con dos tipos de comunicación WI-FI: 802.11b, que emite a 11 Mb/seg., y 802.11g, más rápida, a 54 MB/seg. Su velocidad y alcance (100-150 metros en hardware asequible) lo convierten en una fórmula perfecta para el acceso a Internet sin cables.

SERVIDOR WEB

El servidor vendría a ser la "casa" de los sitios que visitamos en la Internet. Los sitios se alojan en computadores con servidores instalados, y cuando un usuario la visita son estas computadoras las que proporcionan al usuario la interacción con el sitio en cuestión. Cuando se contrata un plan de alojamiento web con una compañía, esta última proporciona un servidor al dueño del sitio para poder alojarlo; al respecto hay dos opciones, optar por un "servidor dedicado", lo que se refiere a una computadora servidora dedicada exclusivamente al sitio del cliente (para aplicaciones de alta demanda), o un "servidor compartido", lo que significa que un mismo servidor (computadora + programa servidos) se usará para varios clientes compartiendo los recursos. Gracias a los avances en conectividad y la gran disponibilidad de banda ancha, hoy en día es muy común establecer los servidores web dentro de la propia empresa, sin tener que recurrir a caros alojamientos en proveedores externos.

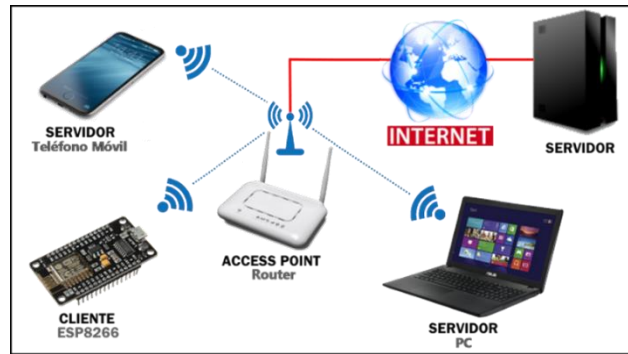


Figura 11. Conexiones al Servidor.

Para hacer un respectivo monitoreo inalámbrico de los espacios vacíos vía teléfono celular es imprescindible tener claro ciertos conceptos, como lo es un servidor web que es un programa que se ejecuta continuamente en un computador, manteniéndose a la espera de peticiones de ejecución que le hará un cliente o un usuario de Internet. El servidor web se encarga de contestar a estas peticiones de forma adecuada, entregando como resultado un dato web o información de todo tipo de acuerdo a los comandos solicitados. En este punto es necesario aclarar lo siguiente: mientras que comúnmente se utiliza la palabra servidor para referirnos a una computadora con un software servidor instalado, en estricto rigor un servidor es el software que permite la realización de las funciones descritas (figura 12).



Figura 12. Interacción cliente Web-Servidor Web.

RASPBERRY Pi 3

La Raspberry Pi 3 es una placa base con unas dimensiones tan llamativas como sus especificaciones y la larga lista de aplicaciones que este pequeño artilugio puede tener. Mejorando en todos los aspectos a los modelos anteriores, la Raspberry Pi 3 se puede convertir en casi cualquier cosa, desde un mini pc, hasta un **servidor de datos**, centro de ocio o la base de un robot. El principal atractivo de este Mini PC en potencia no es otro que el precio. Bajo la premisa de ofrecer la potencia de un ordenador a bajo precio, la Raspberry es una de las formas más asequibles de disponer de un hardware especialmente eficiente y dinámico

accesible para cualquier bolsillo. El nuevo modelo de Raspberry, el Pi 3, ensambla en su circuito un chipset Broadcom BCM2387 con cuatro núcleos ARM Cortex-A53 a 1.2 GHz. Dicho procesador es capaz de mover con soltura videojuegos y aplicaciones, además de disponer de una gran potencia de procesamiento para otro tipo de tareas. La GPU encargada de los gráficos es la Broadcom VideoCore IV, una solución Dual Core compatible con Open GL ES 2.0 y OpenVG que permite llegar a resoluciones Full HD con soltura.

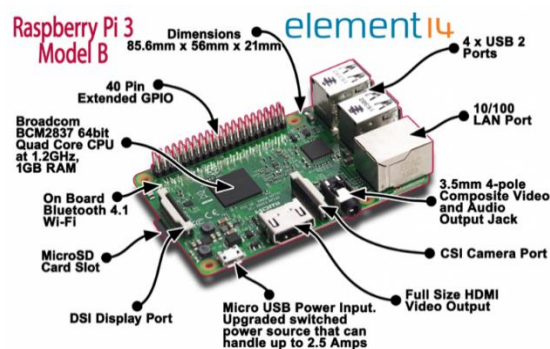


Figura 13. Raspberry Pi 3 Modelo B

7.6. OBJETIVOS

7.6.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de control automático para satisfacer las necesidades de riego de manera inteligente, con un impacto en el ahorro de agua.

7.6.2. Objetivos Específicos

- Encontrar un conjunto de componentes adecuados para poder llevar a cabo una instalación correcta del equipo de riego.
- Evaluar las variaciones de humedad y temperatura que suceden en el suelo y ambiente para lograr el ajuste y calibración adecuados en la programación del riego.
- Desarrollar una aplicación web que visualice determinadas variables (humedad y temperatura) y permita al usuario interactuar con el sistema.
- Analizar y comparar estrategias de control para determinar los valores mínimos y máximos de humedad del suelo.

7.7. METODOLOGIA PROPUESTA

En el presente proyecto se realizara una investigación descriptiva, debido a que nos implica observar y describir ciertos comportamientos en la temática para poder así tomar las mejores decisiones, por medio de esto se realizaran determinados análisis de todas las variables que afectan directamente las zonas verdes por medio del método deductivo, como por ejemplo la temperatura del ambiente y la humedad de suelo y por medio de esto se harán determinadas parametrizaciones, de igual forma se estudiaran los diferentes métodos de comunicación inalámbrica para poder tener una monitorización optima en las diferentes zonas de los parques.

Para ello se consultó principalmente fuentes bibliográficas la arquitectura de los parques y sus diferentes tipos de vegetación tanto en páginas web como revistas, también fuentes de información sobre creación de aplicaciones Android y temáticas relacionadas con automatización y control utilizando microcontrolador.

Para la elaboración del proyecto se tuvo en cuenta las siguientes etapas de desarrollo para así lograr los objetivos planteados y maximizar los tiempos que la Universidad estipula:

- **Recopilación:** inicialmente se llevan a cabo consultas bibliográficas a diversas fuentes con el objetivo de conocer la teoría existente del proyecto.
- **Análisis:** en esta fase se lleva a cabo consultas para definir y establecer cuál de ellas aplicar y de qué manera realizarla.
- **Diseño:** en esta etapa se realizarán los diferentes tipos de diseño, tanto de código de Arduino, código web, configuración xbee y servidor, teniendo en cuenta lo investigado.
- **Pruebas:** se realizarán las diferentes pruebas de lo ya diseñado anteriormente.
- **Análisis de las Pruebas:** una vez se han efectuado las pruebas en las zonas verdes, se comparan los resultados obtenidos con los establecidos inicialmente.
- **Implementación:** luego de hacer las respectivas pruebas técnicas y de software se procederá a implementar de manera definitiva nuestro proyecto en el parque.

7.8. RESULTADOS ESPERADOS:

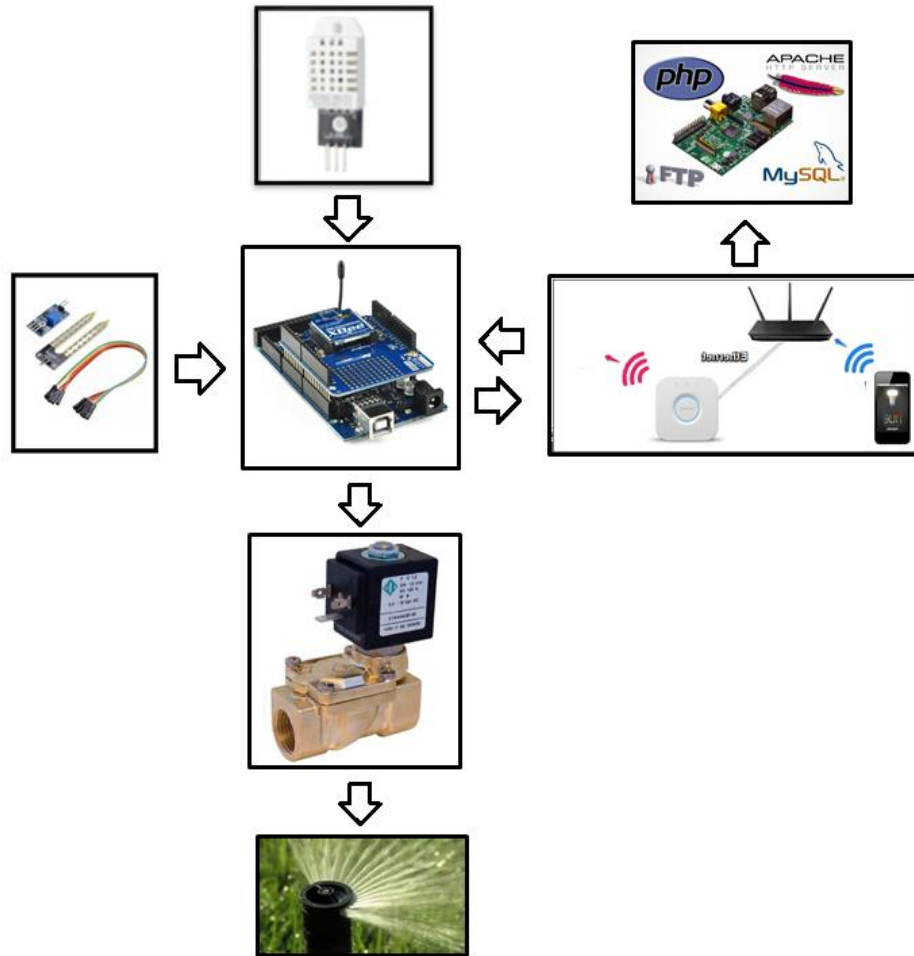


Figura 14. Diagrama del proyecto.

- **Sensores:** por medio de sensores de humedad y temperatura se extraerán las variables de interés, donde dará a saber el estado del terreno.
- **Microcontrolador:** a través de una tarjeta de Arduino Mega podremos realizar la etapa de control y automatización de riego.

- **Xbee:** a través de estos módulos haces la interacción de datos de forma bidireccional entre el Arduino y la Raspberry.
- **Servidor Web:** por medio de la tecnología Wifi enviaremos los datos de humedad y temperatura hacia el servidor web instalado en la Raspberry y de esta manera los datos siempre estarán montados en internet.
- **Electroválvula – Aspersor:** Esta parte sería el actuado, se podrá llevar a cabo el riego por aspersión.
- **App Web:** interfaz del cliente para monitorear el estado de la grama ya sea en un dispositivo móvil o en una Laptop.

Se examinan los parámetros planteados en cuenta para el diseño y elaboración del proyecto, teniendo en cuenta las etapas de la metodología se procederá a explicar detalladamente el procedimiento para la ejecución de cada una de las etapas.

Componentes por utilizar:

- | | |
|--|----|
| ▪ Sensor de temperatura DHT22 | x2 |
| ▪ Sensor de humedad de suelo HL-69 | x2 |
| ▪ Arduino Mega | x1 |
| ▪ Shield arduino Xbee 2ch Rele | x1 |
| ▪ Kit Xbee s2c | x1 |
| ▪ Raspberry Pi 3 model b | x1 |
| ▪ Electroválvula con sensor de flujo de agua | x2 |
| ▪ Aspersor o difusor de agua | x2 |

Adquisición De Datos: para ello implementaremos los sensores **DHT22**

configurado de tal manera que nos de los datos de temperatura de ambiente ya que este también nos puede brindar la humedad, pero relativa para la humedad de suelo implementaremos el sensor **HL-69**.

- **Sensor De Humedad de Suelo**

El módulo **HL-69**, un sensor de humedad de suelo resulta ser otro módulo que utiliza la conductividad entre dos terminales para determinar ciertos parámetros relacionados a agua, líquidos y humedad. Consiste en dos placas separadas entre sí por una distancia determinada. Ambas placas están recubiertas de una capa de material conductor. Si existe humedad en el suelo se creará un puente entre una punta y otra, lo que será detectado por un circuito de control con un amplificador operacional que será el encargado de transformar la conductividad registrada a un valor analógico que podrá ser leído por Arduino.

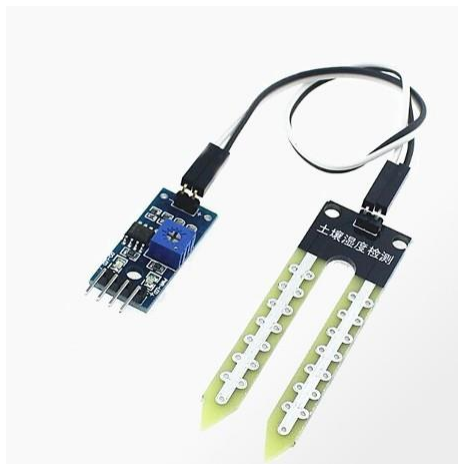


Figura 15. Sensor de Humedad de Suelo HL-69.

- **Sensor De Temperatura**

El DHT22 es un sensor digital de temperatura y humedad de bajo costo. Usa un sensor capacitivo de humedad y un termistor para las mediciones, provee una salida digital en el pin de datos (no se necesita una entrada análoga). Su uso es relativamente simple, pero requiere una sincronización cuidadosa para las lecturas. La única desventaja del sensor es que solamente permite obtener una nueva lectura cada 2 segundos. Aunque es un sensor de bus de una sola línea, no es compatible con Dallas One Wire y si se tienen múltiples sensores, cada uno necesita su propia entrada de lectura de datos.



Figura 16. Sensor DHT22.

<i>Modelo</i>	<i>DHT22</i>
<i>Rango de medición de humedad</i>	0-100 % HR
<i>Rango de medición de temperatura</i>	-40 hasta 80 °C
<i>Precisión de temperatura</i>	±0.5 °C
<i>Precisión de humedad</i>	±2 % HR

Tabla 2. Rangos y Precisión DHT22.

El **DHT22** nos devuelve la humedad en el ambiente, pero no es capaz de medir la humedad en el suelo. Para este propósito se usará el **Módulo HL-69** anteriormente mencionado.

Control De Datos: en esta parte por medio del Arduino Mega haremos la conversión de los datos adquiridos, manejo de los relé para la activación de las electroválvulas y envío de datos al módulo Xbee configurado como Reuter por el puerto serial.

El Arduino Mega es una placa electrónica basada en el ATmega1280 cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida ,16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador de CA

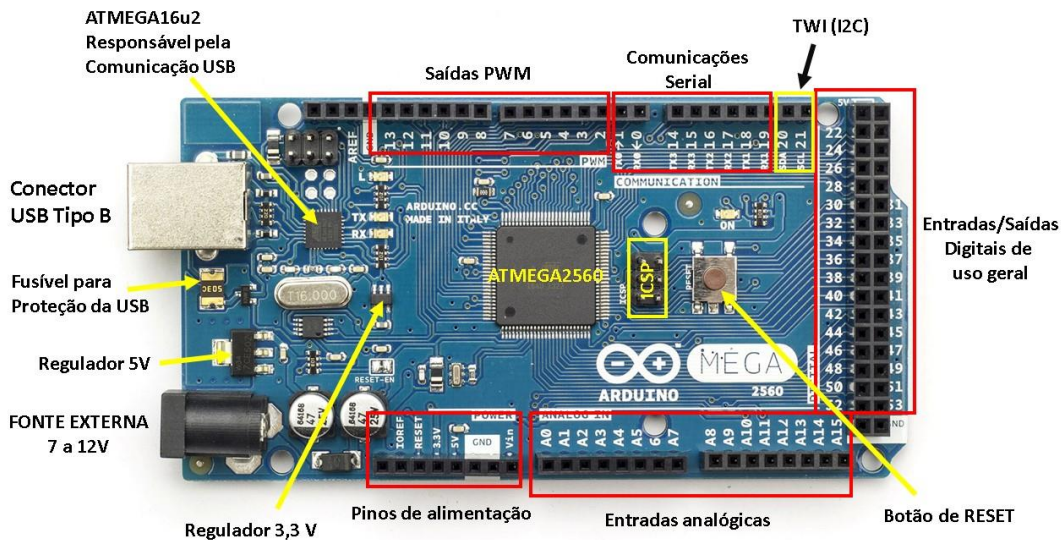


Figura 17. Descripción Arduino Mega.

Pasos para la organización del Arduino:

- se inicializan las librerías que se usarán y se crean los objetos que se utilizarán
- se declaran los factores para la conversión de pulsos a litros
- se inicializan las interrupciones
- se declaran las variables donde se guardarán los valores de los sensores leídos junto con la cantidad en litros por riego
- se declaran los comandos de control de los relays
- se declara la variable unificada para el delay del delay para el envío y ejecución de los comandos de control de los relays
- se inicializan los puertos seriales (serial-0 para la recepción de los comandos; Serial-1 para la respuesta del estado de los relays al servidor)
- se declaran como salida los puertos donde están conectados los relays y se inicializan en estado bajo (low)
- se realiza la conversión de revoluciones de los sensores de flujo a litros
- se le asignan los valores leídos por los sensores de temperatura ambiente a las variables de temperatura
- se le asignan los valores leídos por los puertos analógicos A0 Y A1 a las variables de humedad
- se crean las tramas de envío de los valores de los sensores que se enviarán al servidor
- se crean las tramas para el envío del estado de los relays que se enviarán al servidor

- se ejecutan los condicionales para el volumen en lts que se regaran (definido por el usuario)
- en caso de alcanzar la cantidad en litros que se definio se desactiva el rele que contola la electro-valvula y se resetean los valores de litros (los valores son idependendientes uno del otro)
- se ejecuta un condicional para la ejecucion de los comandos de control enviados por el servidor esto se hace mediante el llamado de la funcion que controla el estado de cada rele
- se ejecuta un delay mientras se comprueba el estado de los relays, y seguidamente se reanuda el envio de los valores de los sensores

La Shield de Relé es capaz de controlar los 2 relés y posteriormente la activación de las electrovalvulas. La potencia máxima de conmutación podría ser 10 A / 250 V CA o 10 A / 30 V CC. Está controlado directamente por Arduino a través de IO digitales. Con el socket buildin xbee / BTBee, se controla de forma inalámbrica a través de Xbee.

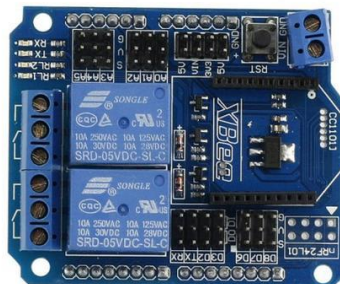


Figura 18. Shield 2ch Relé Xbee.

En el proyecto se usaron 2 módulos XBee para formar la red punto-punto, 1 Router ubicado en la Shield del Arduino, y 1 Coordinador ubicado en la Raspberry.

El fabricante proporciona un programa para la correcta configuración de los módulos llamado XCTU

Coordinador (administrador de la red)

- Sólo puede existir uno por red.
- Inicia la formación de la red.
- Es el coordinador de PAN (red de área personal).

Router (enrutador)

- Se asocia con el coordinador de la red o con otro router ZigBee.
- Puede actuar como coordinador.
- Es el encargado del enrutamiento de saltos múltiples de los mensajes.

Dispositivo final (End device)

- Elemento básico de la red.
- No realiza tareas de enrutamiento.

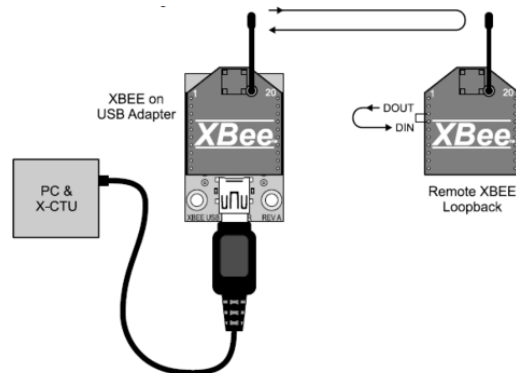


Figura 19. Definir Xbee Coordinador y Router.

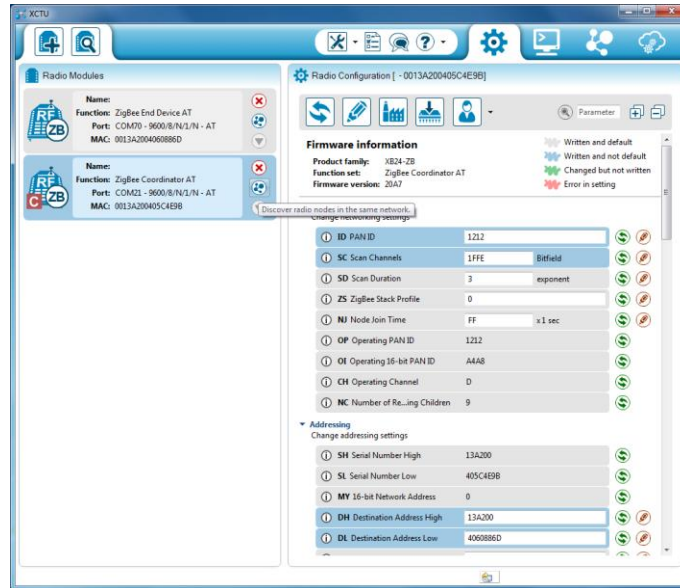


Figura 20. Configuración Coordinador y Router por XCTU.

En las siguientes tablas, podemos encontrar la descripción de los campos y los valores que debemos asignar a cada uno para configurar los Xbee Serie 2 en una conexión **punto a punto**:

Indicador	Nombre
DH	Destination Address High
DL	Destination Address Low
SH	Serial Number High
SL	Serial Number Low
PAN ID	Operating PAN ID

A continuación, se muestra cómo se hizo la configuración de los dos módulos

Valores Coordinador

DH: 0013A200

DL: 414F7EAA

PAN ID: 1234

SH: 13A200 (viene por defecto)

SL: 414F7E9F

Valores Router

DH: 0013A200

DL: 414F7E9F

PAN ID: 1234

SH: 13A200 (viene por defecto)

SL: 414F7EAA

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
- <data>
  <loop>false</loop>
  <repeat_times>1</repeat_times>
  <repeat_period>500</repeat_period>
  - <frames_list>
    - <frame name="Relay 1 On">
      <payload>7E000F10010013A200414F7E9FFFFE0000315E</payload>
    </frame>
    - <frame name="Relay 1 Off">
      <payload>7E000F10010013A200414F7E9FFFFE0000325D</payload>
    </frame>
    - <frame name="Relay 2 On">
      <payload>7E000F10010013A200414F7E9FFFFE0000335C</payload>
    </frame>
    - <frame name="Relay 2 Off">
      <payload>7E000F10010013A200414F7E9FFFFE0000345B</payload>
    </frame>
  </frames_list>
</data>
```

Código 1. Tramas para el control de Relé en XCTU.



Figura 21. Armado Arduino con Shield 2ch Rele Xbee.

Supervisión De Datos: Al llegar los datos al XBee coordinador estos llegan al puerto serial de la Raspberry y es ahí donde interactúa con el software almacenado en el servidor que tiene como uno de sus objetivos visualizar, monitorear y controlar los datos, que son enviados a través de la red de sensores del Arduino Mega mediante el protocolo Zigbee. Por lo cual, se desarrolló una Aplicación web que permite observar de forma amigable la información recibida en tiempo real, adicional tener una base de datos con todos los eventos que hayan pasado en el día, también programando un riego de forma automática esto le permite al jardinero o usuario una fácil interacción con el programa.



Figura 22. Armado Raspberry con Modulo Explorer y Xbee Coordinador.

El programa es diseñado en javascript con frimeware de react js y como entorno de desarrollo visual code. Se recibe los datos por medio de sensores de temperatura y humedad que son los encargados de detectar el estado de las zonas y estos datos son transmitidos de forma inalámbrica por medio de la tecnología Zigbee, para posteriormente ser enviados por el puerto serial y visualizarlo en la aplicación web.

Las tecnologías que usamos fueron:

JavaScript como lenguaje de programación, JavaScript es un lenguaje de programación, al igual que PHP, si bien tiene diferencias importantes con éste. JavaScript se utiliza principalmente del lado del cliente (es decir, se ejecuta en nuestro ordenador, no en el servidor) permitiendo crear efectos atractivos y dinámicos en las páginas web. Los navegadores modernos interpretan el código JavaScript integrado en las páginas web.

Node.Js es quien ejecuta el lenguaje, Node.js es una librería y entorno de ejecución de E/S dirigida por eventos y por lo tanto asíncrona que se ejecuta sobre el intérprete de JavaScript creado por Google V8. Lo cierto es que está muy de moda, aunque no es algo nuevo puesto que existen librerías como Twisted que hacen exactamente lo mismo, pero si es cierto que es la primera basada en JavaScript y que tiene un gran rendimiento.

Mongodb como base de datos, MongoDB (de la palabra en inglés “humongous” que significa enorme) es un sistema de base de datos NoSQL orientado a documentos, desarrollado bajo el concepto de código abierto, forma parte de la nueva familia de sistemas de base de datos NoSQL. En lugar de guardar los datos en tablas como de datos relacionales, MongoDB guarda estructuras de datos en documentos similares a JSON con un esquema dinámico (MongoDB utiliza una

especificación llamada BSON), haciendo que la integración de los datos en ciertas aplicaciones sea más fácil y rápida.

Raspberry como servidor ya mencionado anteriormente

Xubuntu como sistema operativo.

Nginx como servidor web, Nginx fue inicialmente desarrollado con el fin explícito de superar el rendimiento ofrecido por el servidor web Apache Sirviendo archivos estáticos, Nginx usa dramáticamente menos memoria que Apache, y puede manejar aproximadamente cuatro veces más solicitudes por segundo. Este aumento de rendimiento viene con un costo de disminuida flexibilidad, como por ejemplo la capacidad de anular las configuraciones de acceso del sistema por archivo.

Pasos en la Organización del Sevidor Web:

- Se Creo el servidor y guardamos el estado de los relés en la base de datos.
- Se añadió la configuración del xbee y el Arduino, para que se pueda escuchar/emitir toda la información.
- Se acomodo las tramas para después buscar en específico los datos de temperatura, humedad y estado de rele.
- Se configuro el mongodb el cual guarda toda la información que viene del Arduino cada determinado tiempo.
- Se construyó las tramas para activar o desactivar los relé el cual es trasmitido del xbee coordinador al Arduino.

- Se creó los FrontEnd para mostrar los datos obtenidos, tabla del historial y se añaden los botones de accionamiento.

7.9 ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN

En primera instancia se dará a conocer los resultados del proyecto ante el comité evaluador de proyectos del programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Autónoma del Caribe quienes darán su valides de su funcionamiento.

Se presentará por medio escrito, audiovisual y virtual.

Se publicará un artículo en forma de poster con los resultados obtenidos en los laboratorios de electrónica de la Universidad Autónoma del Caribe.

Se enviará una copia de la tesis tanto física como virtual a la Biblioteca de la Universidad Autónoma del Caribe.

Se publicará un artículo científico dando a saber la importancia del ahorro del agua implementado en los parques de la comunidad.

7.10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Para el desarrollo de la aplicación móvil, se han dividido los desarrollos por hacer en diferentes etapas. Las actividades se han dividido para que cuya duración sea

de 11 meses, comenzando a partir del mes de Febrero del 2019, finalizando en el mes Diciembre del 2019. En la **Tabla 3.** se pueden visualizar dichas actividades y su duración.

ACTIVIDADES	M E S E S											
	Ene	Feb	Marz	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1. Investigación		■	■									
2. Diseño			■	■	■	■	■					
3. Prueba							■	■	■			
4. Implementación										■	■	■
5. Entrega												■

Tabla 3. Cronograma de Actividades.

8. PRESUPUESTO

Para la materialización del proyecto, previamente se debe hacer un estudio de los valores aproximados con envíos incluidos para así verificar y aprobar su viabilidad.

El presupuesto general se puede observar en la **Tabla 4.**

	Cantidad (U)	Valor(u)	Valor Total
Sensor de humedad	2	\$ 10.000,00	\$ 20.000,00
Arduino Mega	1	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
Sensor de temp.	2	\$ 40.000,00	\$ 80.000,00
Gastos Generales	1	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00
Electroválvula	2	\$ 40.000,00	\$ 80.000,00
Aspersor	2	\$ 35.000,00	\$ 70.000,00
Accesorias	1	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
Transporte	3	\$ 80.000,00	\$ 240.000,00
Raspberry	1	\$ 180.000,00	\$ 180.000,00
Kit Zegbee	1	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
Total			\$ 1.570.000,00

Tabla 4. Presupuesto.

9. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las pruebas de este sistema de riego se pueden comparar que este funciona en tiempo real ya que el intervalo en él envió recepción y activación está en función del tiempo esperado.

Los sensores de humedad y temperatura funcionaron de manera aceptable, entregando valores muy aproximados a los que normalmente entrega un sensor de alta precisión.

Control total al sistema mediante la aplicación, visualización del estado de los sectores y activación independiente del sistema de riego por zonas.

Se Añadió un sensor de flujo de Agua por seguridad y control de la cantidad de litros utilizados en el riego.

Al trabajar con el tipo de trama 0x10 se logró la comunicación entre el Arduino y el servidor web almacenado en la Raspberry.

El uso de módulos Xbee s2c en el sistema implementado presenta pérdida de señal cuando no se encuentra en línea de vista, lo cual reduce el alcance.

Mantener las tensiones a los voltajes indicados. En el caso del Arduino a 5v 2a. En el caso de las electroválvulas 12v a 2a. En el caso del coordinador Xbee esta alimentado con el módulo Xplorer y este a su vez de la Raspberry. En el caso de la Raspberry a 5v 2a.

Un posible ahorro del 30% de la cantidad de agua utilizada comparada con el método de inundación anteriormente utilizado y con una efectividad entre el 80% y 85%. El parque tiene una carga mensual entre (\$790.000 y \$1´150.000) con lluvia y sin lluvia respectivamente, distribuidos en 11 puntos de agua con una tubería total de 1 pulgada. Estos serían los cálculos de consumo:

Item	Pago Ordinario	Pago Esperado	Ahorro
valor mensual con lluvia	\$ 790.000	\$ 553.000	\$ 237.000
valor mensual sin lluvia	\$ 1.150.000	\$ 805.000	\$ 345.000
valor mensual con lluvia P/P	\$ 71.818	\$ 50.272	\$ 21.546
valor mensual sin lluvia P/P	\$ 104.500	\$ 73.150	\$ 31.350
valor diario con lluvia P/P	\$ 2.393	\$ 1.675	\$ 718
valor diario sin lluvia P/P	\$ 3.500	\$ 2.450	\$ 1.050
valor anual con lluvia	\$ 9.480.000	\$ 6.636.000	\$ 2.844.000
valor anual sin lluvia	\$ 13.800.000	\$ 9.660.000	\$ 4.140.000

Tabla 5. Ahorro estimado.

10. REFERENCIAS

- <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>
- http://dfists.ua.es/~jpomares/arduino/page_02.htm
- <http://tecbolivia.com/index.php/venta-de-componentes-electronicos-11/sensores/sensor-digital-de-temperatura-y-humedad-dht22-detail>
- <http://panamahitek.com/modulo-hl-69-un-sensor-de-humedad-de-suelo/>
- <https://elandroidelibre.elespanol.com/2015/08/todo-sobre-zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html>
- <http://www.taskblog.com.br/04/a-tecnologia-zigbee/>
- <http://www.tecnowifi.com/>
- <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5304/1/UPS-GT000434.pdf>
- <https://www.pccomponentes.com/raspberry-pi-3-modelo-b>
- <http://www.dominios.net/servidores/unix.html>
- <http://www.minambiente.gov.co/>
- <http://www.novedades-agricolas.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-por-aspersion>
- <https://www.losandes.com.ar/article/las-ventajas-del-riego-por-aspersion-808327>
- <http://xbee.cl/xbee-serie-2-configuracion/>

11. Anexos

Codigos

Creación del Servidor:

```
const app = require("express")();

const http = require("http").Server(app);

const io = require("socket.io")(http);

const LocalStorage = require("node-localstorage").LocalStorage;

const moment = require("moment");

const exportMethod = require("./index");

localStorage = new LocalStorage("");

const TemperatureModel = require("./app/models/temperature-model");

const config = require("./config")(app);

const router = require("./app/router/")(app);

http.listen(3001, () => {

  console.log("Example app listening on port 3001!\n");

});

// module.exports = io;

exports.emitTempHmd = data => {

  localStorage.removeItem("statusTemp");

  localStorage.setItem("statusTemp", data);
```

```

    io.emit("statusTemp", data);
};

exports.emitStatusReles = data => {

    const statusTemp = JSON.parse(localStorage.getItem("statusTemp"));

    const statusReles = localStorage.getItem("statusRele");

    const timeout = moment().format("LLL");

    const newTemp = new TemperatureModel();

    newTemp.temp_one = statusTemp.temperature_one;

    newTemp.hmd_one = statusTemp.humedad_one;

    newTemp.temp_two = statusTemp.temperature_two;

    newTemp.hmd_two = statusTemp.humedad_two;

    newTemp.status = statusReles;

    newTemp.date = timeout;

    newTemp.save();

    TemperatureModel.find().then(data => {

        exportMethod.emitTable(data);

    });

    io.emit("statusReles", data);

};

exports.emitTable = data => {

    io.emit("table", data);
};

```

```
};
```

Configuracion del Xbee y del Arduino:

```
const SerialPort = require("serialport");
```

```
const xbee_api = require("xbee-api");
```

```
const parsers = SerialPort.parsers;
```

```
const io = require("../index");
```

```
const xbeeAPI = new xbee_api.XBeeAPI({
```

```
  api_mode: 1
```

```
});
```

```
const parser = new parsers.Readline({
```

```
  delimiter: "\r\n"
```

```
});
```

```
const serialport = new SerialPort("COM3", {
```

```
  baudRate: 9600,
```

```
  parser: xbeeAPI.rawParser()
```

```
});
```

```
serialport.pipe(parser);
```

```
const emitData = data => { };
```

```
const parsertXbee = (data) => {
```

```
  const seratTemp = data.search("t");
```

```
  const statusTemp = data.substring(seratTemp);
```

```

const parserStatus = statusTemp.split(" ");

const parseSplitOne = parserStatus.map(data => data.split(":")[1]);

const ultimateData = Object.assign({}, {
  temperature_one: parseSplitOne[0]
}, {
  humedad_one: parseSplitOne[1]
}, {
  temperature_two: parseSplitOne[2]
}, {
  humedad_two: parseSplitOne[3]
}
);

return JSON.stringify(ultimateData);
}

const emitStatusRele = (status, data) => {
  if (status === 'encendido') {
    const valueStatus = data.search(status);
    const statusOneRele = data.substring(valueStatus);
    console.log('statusOneRele: ', statusOneRele);
    localStorage.removeItem("statusRele");
    localStorage.setItem("statusRele", statusOneRele);
  }
}

```

```

    io.emitStatusReles(statusOneRele);
}

if (status === 'apagado') {

    console.log('apagado: ', data);

    const valueStatus = data.search(status);

    const statusOneRele = data.substring(valueStatus);

    localStorage.removeItem("statusRele");

    localStorage.setItem("statusRele", statusOneRele);

    io.emitStatusReles(statusOneRele);

}}

parser.on("data", data => {

    io.emitTempHmd(parsertXbee(data));

    if (data.includes('encendido') || data.includes('apagado')) {

        const i = data.includes('encendido') ?

            emitStatusRele('encendido', data) : emitStatusRele('apagado', data);

    }

});

module.exports = {

    serial: serialport,

    xbee: xbeeAPI

};

```