Desarrollo e Implementacion de un prototipo para la estimacion hidrica, RIWA.

Jorge Eduardo Hernandez Rodriguez
Karen Giselle Daza Alvarado

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Tecnologia en sistemazacion de datos
Facultad Tecnológica
Bogotá D.C.
Marzo 2019

Desarrollo e Implementacion de un prototipo para la estimacion hidrica, RIWA.

Jorge Eduardo Hernandez Rodriguez
Karen Giselle Daza Alvarado

Proyecto de grado para optar al título de Tecnologo en sistematizacion de datos

Asesor: Hector Florez Fernandez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Tecnologia en sistemazacion de datos
Facultad Tecnológica
Bogotá D.C.
Marzo 2019

Nota de aceptación:

Asesor: Hector Florez Fernandez

Jurado: Norberto Novoa Torres

Bogotá, Marzo 2019

Agradecimientos

Agradecemos a nuestras familias que nos han apoyado durante el desarrollo del proyecto, a nuestro asesor quien nos ha orientado y a nuestros jurados que nos han ofrecido su pertinente retroalimentación

Resumen

El presente trabajo de investigación estudia la manera de crear una solución tecnológica que mediante el uso de la agricultura de precisión se pretenda construir un prototipo eléctrico que realice una estimación hídrica para el riego de plantas en cultivos hidropónicos según algunos factores ideales que por planta son dados por la persona encargada del sistema.

se propone un prototipo electrónico enfocado a dar solución al desperdicio de agua al momento del riego, lo primero que se pensó fue tener sensores en todas las plantas, pero esta solución era muy costosa, al final del documento se podrá observar la construcción de un prototipo que mediante guías lineales el dispositivo hace la medición en un área cuadrada transportándose planta a planta.

El proyecto tiene un gran impacto a nivel de la agricultura colombiana pues se pretende ahorrar costos de riego y tener un control de los factores ideales (temperatura y humedad) en las plantas del cultivo. En el documento se describe conceptos teóricos, donde los elementos para entender el entorno de la solución (términos de agricultura) son referenciales y los conceptos técnicos para dar solución son conceptuales. se determinó el uso de la metodología SCRUM para el desarrollo del proyecto y según esta se realizó el cronograma del proyecto.

En general, el proyecto se compone de software (plataforma web) y hardware (prototipo electrónico) descritos en el documento, se explica cómo intervienen cada uno de ellos en la solución tecnológica, como el sistema toma la determinación de la cantidad de agua, el costo económico de la elaboración, las fuentes de financiación y las conclusiones de la solución tecnológica.

Abstract

The present work of investigation studies the way to create a technological solution that by means of the use of the agriculture of precision pretends to construct an electrical prototype that makes a hydric estimation for the irrigation of plants in hydroponic crops according to some ideal factors that by plant are given by the person in charge of the system.

an electronic prototype is proposed, focused on solving the waste of water at the time of irrigation, the first thing that was thought was to have sensors in all the plants, but this solution was very expensive, at the end of the document it will be possible to observe the construction of a prototype that by means of linear guides the device makes the measurement in a square area transporting plant to plant.

The project has a great impact at the level of Colombian agriculture because it is intended to save irrigation costs and have control of the ideal factors (temperature and humidity) in the crop plants. The document describes theoretical concepts, where the elements to understand the environment of the solution (terms of agriculture) are referential and the technical concepts to solve are conceptual. the use of the SCRUM methodology was determined for the development of the project and, according to this, the project schedule was made.

In general, the project consists of software (web platform) and hardware (electronic prototype) described in the document, explains how each one of them intervenes in the technological solution, as the system takes the determination of the amount of water, the economic cost of the elaboration, the sources of financing and the conclusions of the technological solution.

Tabla de Contenido

Agradecimientos I

Resumen II

Abstract III

Introducción 1

1. Planteamiento del problema 2
1.1. Descripción . . . 2
1.2. Justificación . . . 2
1.3. Formulación del problema . . . 3
1.4. Alcances del sistema . . . 3

2. Objetivos 4
2.1. Objetivo General . . . 4
2.2. Objetivos Específicos . . . 4

3. Marco Teorico 5
3.1. Marco Referencial . . . 5
3.1.1. Agricultura de precisión. . . . 5
3.1.2. Variabilidad en los cultivos. . . . 5
3.1.3. Cultivo hidropónico. . . . 6
3.1.4. Factores . . . 6
3.1.5. Absorción de agua por parte de las plantas. . . . 7
3.1.6. Evapotranspiración . . . 8
3.1.7. Evaporación. . . . 8
3.1.8. Transpiración. . . . 8
3.1.9. Unidad de medición para la (ET). . . . 8
3.1.10. Evapotranspiración del cultivo de referencia. (ETo). . . . 9
3.1.11. Ecuación FAO PENMAN-MONTEITH para el cálculo de la (ETo) . . . 9
3.1.12. Evapotranspiración del cultivo (ETc). . . . 10
3.1.13. Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo (balance). . . . 11
3.1.14. Riego neto en comparación con los factores ideales por planta. . . . 12

4. Marco conceptual 14

4.1. Arduino . . . 14
4.2. Aplicación web . . . 14
4.2.1. Ventajas sobre las otras aplicaciones . . . 15
4.3. HTTP. . . . 15
4.3.1. Peticiones HTTP. . . . 16
4.4. Servidor web . . . 16
4.5. NODE JS. . . . 16
4.6. Mongo DB . . . 17
4.7. Api rest . . . 17
4.7.1. Api (Application Programming Interface). . . . 18
4.7.2. Rest (Representational State Transfer). . . . 18
4.8. Javascript. . . . 18
4.9. LoopBack. . . . 18
4.10. VUE.js. . . . 19
4.11. SENSORES Y MÓDULOS PARA ARDUINO . . . 19
4.11.1. Sensor de humedad de suelo SKU (SEN0114) . . . 19
4.11.2. Bluetooh HC-06. . . . 20
4.11.3. Sensor de humedad de ambiente FC-28. . . . 20
4.11.4. Sensor de flujo de agua YF-201. . . . 20
4.12. Formas de riego . . . 22
4.12.1. Riego por pivot . . . 22
4.12.2. Riego Por inundación . . . 22
4.12.3. Riego por microjet . . . 23
4.12.4. Riego por goteo. . . . 23
4.12.5. Riego por aspersión . . . 24
4.12.6. Tipo de riego a implementar . . . 24

5. Estado del arte **27**
5.1. Contextualizacion . . . 27
5.1.1. Soluciones tecnológicas balanceando la cantidad de agua para el riego en cultivos. 27
5.1.2. Artefactos Tecnológicos referenciados para la estimación planta por planta. . . 27

6. Metodologia **30**
6.1. SCRUM . . . 30
6.1.1. Definición de roles. . . . 30

7. Solución tecnológica **32**
7.1. Fase inicial . . . 32
7.1.1. Búsqueda de solución técnica . . . 32
7.1.2. Viabilidad tecnica . . . 33
7.1.3. Recursos tecnológicos . . . 34
7.1.4. Recursos físicos . . . 34
7.1.5. Viabilidad financiera (Presupuesto y fuentes de financiación) . . . 34
7.2. Fase de planeación . . . 35
7.2.1. Crear planes de ejecución (Cronograma). . . . 35
7.2.2. Observación de contexto . . . 35

7.2.3. Modelado de procesos 36
7.2.4. Diagrama de flujo de solución 38
7.2.5. Procesos de negocio 40
7.2.6. Requerimientos funcionales 44
7.2.7. Requerimientos no funcionales 46
7.2.8. Modelado de casos de uso 46
7.3. Fase de análisis 47
7.3.1. Integración de componentes 47
7.3.2. Integración de componentes hardware y software 48
7.3.3. Diagrama de componentes 49
7.4. Fase de diseño 50
7.4.1. Modelado de clases 50
7.4.2. Modelado de documentos 52
7.4.3. Wireframes o esquema web del ApiRest. 54
7.5. Fase de ejecución 58

8. Conclusiones **64**
8.1. Conclusiones Sociales 64
8.2. Conclusiones conceptuales 64
8.3. Conclusiones Tecnológicas 64

Bibliography **65**
8.4. Presupuesto 68
8.4.1. Presupuesto de desarrollo 68

Lista de Figuras

3.1. Variabilidad en los cultivos 5
3.2. Funcionamiento cultivos hidropónicos. 6
3.3. Absorción del agua por parte de la raíz. 7
3.4. Funcionamiento de la Evapotranspiración. 8
3.5. Definición de variables 10

4.1. Arduino 14
4.2. Esquema de compatibilidad en una aplicacion web. 15
4.3. Esquema de accesibilidad en una aplicación web. 15
4.4. Funcionamiento de Node js. 17
4.5. Funcionamiento de MongoDB. 17
4.6. Funcionamiento de una APIREST. 18
4.7. Funcionamiento de framework VUE. 19
4.8. Sensor flujo de agua. 20
4.9. Riego por pivot. 22
4.10. Riego por inundación. 23
4.11. Riego por microjet. 23
4.12. Riego por goteo. 24
4.13. Riego por aspersión. 24
4.14. Eficiencia del riego por goteo. 25
4.15. Problemas de riego por aspersion. 25
4.16. Esquema por zonas del riego por aspersión. 26

7.1. Plataforma web. 32
7.2. Dispositivo electrónico del proyecto. 33
7.3. Sistema blando parte 1 35
7.4. Sistema blando parte 2 36
7.5. Proceso del programa 37
7.6. Diagrama de flujo proceso del programa 38
7.7. Diagrama de flujo proceso del programa 39
7.8. Registro del usuario en el sistema 41
7.9. Ingreso del usuario en el sistema 41
7.10. Programar riegos 42
7.11. Creación de plantas 42
7.12. Obtener humedad de las plantas 43

7.13. Obtener temperatura ambiente 43
7.14. Reportar riegos hechos 44
7.15. Casos de uso 47
7.16. Contexto componentes. 48
7.17. Diagrama de despliegue, protocolos de conexión 49
7.18. Diagrama de componentes 50
7.19. Modelado de clases, Arduino maestro 51
7.20. Modelado de clases, Arduino esclavo 51
7.21. Servidor web 52
7.22. Pagina de inicio 55
7.23. Wireframe de registro de usuario 55
7.24. Wireframe login 56
7.25. Wireframe Administra 56
7.26. Wireframe control de riego 57
7.27. Wireframe plantas que se encuentran en el sistema 57
7.28. Wireframe Configuracion del sistema 58
7.29. Wireframe plantas simuladas en el sistema 58
7.30. home 59
7.32. Ingreso usuarios 59
7.31. Registro agricultores 60
7.33. Reporte de riego 61
7.34. configuración del sistema 61
7.35. plantas 62
7.36. Formulario plantas parte 1. 62
7.37. Formulario plantas parte 2. 62
7.38. Agendar Riego 63

Lista de Tablas

3.1. Factores requeridos. 7
3.2. Factores que influyen en la evapotranspiración 9
3.3. Necesidades hídricas. 11
3.4. Factores relacionados con balance hídrico 11

4.1. Peticiones HTTP. 16

5.1. Proyectos que hacen referencia a la agricultura y estimación del agua. 28

6.1. Definición de roles. 31

7.1. Recursos tecnológicos a implementar 34
7.2. Recursos físicos a usar 34
7.3. Procesos de negocio 40
7.4. Requerimientos Funcionales 44
7.5. Requerimientos No Funcionales 46
7.6. Formato JSON de la base de datos 53

8.1. Costo de Recursos 68

Introducción

La agricultura juega un papel fundamental en el desarrollo económico de un país, donde la principal función de esta es proporcionar alimentación y los recursos necesarios para otras actividades. La modernización, el estudio y los aportes realizados a este campo son de gran importancia para que el país cuente con la posibilidad de sobresalir en la producción y exportaciones de productos agrícolas. Con el proyecto que se llevara a cabo se busca aportar a esta rama, con el ahorro de agua y el análisis de cada planta en el cultivo.

El trabajo será llevado a cabo como una estrategia para mejorar el proceso del riego de plantas en cultivos hidropónicos, ampliando las posibilidades de proyección, desarrollo tecnológico e innovación. Con esto se busca mejorar varios procesos, mejorar los niveles de producción, mostrar un reporte de la humedad del suelo, y la temperatura, además se reducirá el suministro de agua, puesto que se realizará una estimación necesaria para que cada planta cuente con los recursos necesarios. La agricultura de precisión transformará el concepto de riego tradicional, donde se busca crear conciencia ambiental del desperdicio de agua.

Existe una brecha enorme entre tecnología y agricultura en nuestro país, dado que la implementación de esta haría que los cultivos sean aún más caros, además de eso los agricultores, se rehúsan al tratar de cambiar su manera de producir, pero creemos que todo es un proceso, donde si demostramos que al usar la tecnología será aún más fácil la producción y también la fomentación de la agricultura urbana, los agricultores podrán optar por el cambio e implementar la tecnología, con ello se podrá tener mayor control del cultivo de manera remota, el cual no requerirá la inversión de mucho tiempo.

Mostraremos la implementación del prototipo que podrá realizar la función de estimación y riego de las plantas, solucionando el problema, trataremos de que la solución tecnológica sea muy práctica para que los agricultores puedan interactuar sin ningún problema. Para solventar los temas de costos, el prototipo buscará de manera creativa transportarse por cada planta y realizar las mediciones pertinentes, con esto se ahorrará la compra de sensores por planta, además del prototipo electrónico, crearemos una interfaz para que la persona encargada pueda controlar de manera remota el artefacto.

Capítulo 1

Planteamiento del problema

1.1. Descripción

Actualmente los cultivos en Colombia no cuentan con sistemas de riego inteligentes donde se mida la necesidad de cada planta, teniendo en cuenta los factores ideales para estas, como lo son la temperatura y humedad del suelo, esto hace que el riego se haga de forma esporádica, desperdiciando el agua, ya que dependiendo el tipo de cultivo se necesitaría una cantidad específica de agua por planta, debido a esto en ocasiones el suelo es el que termina absorbiendo la mayor cantidad de líquido, pues las plantas tienen un tiempo determinado para absorber lo necesario.

Cuando el riego se hace manual, se genera aún más el desperdicio de agua, pues la persona encargada de esta labor, simplemente riega las plantas hasta ver el suelo con gran cantidad del líquido, no todos los procesos químicos en las plantas son iguales algunas absorben más rápido el agua que otras. los cultivos hidropónicos en la mayoría de los casos son cultivos urbanos donde las personas a cargo no tienen tiempo o los conocimientos para realizar el cálculo de los factores necesarios para así validar planta por planta la necesidad hídrica para un buen riego, generando problemas en las plantas como son sequedad o exceso de agua.

1.2. Justificación

El proyecto que se llevara a cabo nace de una iniciativa para dar solución al desperdicio del agua en el riego de los cultivos hidropónicos, también para que cada planta en el cultivo tenga la cantidad necesaria de agua para sus procesos químicos.

La problemática que busca resolver el prototipo que crearemos es ofrecer, con un aplicativo web el control del riego a través de dispositivos electrónicos, esto hará que la cosecha sea más productiva ya que habrá una estimación por planta de la cantidad de agua necesaria.

Si se tiene plantas del mismo cultivo la medición se debe hacer por cada una pues estos factores

en una determinada distancia pueden variar.

Con la ayuda de la agricultura de precisión se contribuirá al ahorro del agua, será un intento para desarrollar más cultivos con la misma cantidad de agua, con la que se utilizaba para uno.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo ahorrar agua con un prototipo que dependiendo de la distancia y de factores ideales de cada planta pueda estimar la cantidad hídrica, donde guarde y muestre los datos de las estimaciones y variables tomadas por el sensor de humedad y temperatura?

1.4. Alcances del sistema

Se pretende entregar un aplicativo web y un prototipo electrónico para el riego óptimo. El documento dice las funciones que va a hacer el sistema en su totalidad, por lo tanto, todas las funcionalidades serán las que el sistema tendrá. El proyecto es de tipo experimental, el cálculo de la necesidad hídrica se basa en investigación de fórmulas, pero a estas se realizaron algunas modificaciones dependerá del rendimiento de las plantas para determinar si funciona. El cultivador puede ingresar factores ideales, estos afectan en el cálculo de la necesidad hídrica por eso esta persona también es responsable del desarrollo del cultivo. Por ahora el proyecto se limita a cultivos del tipo hidropónico hasta que se estabilice en estos cultivos. La región donde están las plantas debe tener forma cuadrada para poder instalar la estructura encima y el sistema pueda hacer los cálculos de viaje planta a planta.

Capítulo 2

Objetivos

2.1. Objetivo General

- Desarrollar e implementar un prototipo que mida la necesidad hídrica de las plantas previamente almacenadas en el sistema, según factores ideales.

2.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar un aplicativo Web que ofrezca una interfaz para el usuario donde pueda registrar y administrar los datos de las plantas.
- Permitir al usuario programar en qué momento el sistema hará la estimación de cada planta, pero este validará si es necesario el riego.
- Enviar datos a un servidor web mediante el uso del dispositivo Arduino conectado por Ethernet, configurándolo para que por protocolo HTTP transmita datos.
- Elaborar un prototipo electrónico controlado por Arduino que viaje a cada planta, haga la medición de los factores ambientales y determine la necesidad hídrica de cada planta.
- Comunicar dos Arduino's mediante el protocolo de comunicación bluetooth teniendo el modelo de red Maestro/Esclavo, con la finalidad de que el maestro reciba las ejecuciones del usuario y de órdenes al esclavo para que retorne las mediciones.

Capítulo 3

Marco Teorico

3.1. Marco Referencial

3.1.1. Agricultura de precisión.

La agricultura de precisión es un conjunto de tecnologías orientadas mejorar los procesos en los cultivos dedicados a la siembra. La agricultura de precisión se basa en hacer de forma correcta los debidos procesos, con las cantidades correctas, esto hace que la siembra sea más productiva, beneficiando al agricultor y haciendo más rentable el cultivo. Esta ayuda a aumentar la productividad de manera eficiente, donde permite analizar a profundidad el área y a través de esto saber si el lugar es óptimo para cultivar y que se puede producir allí, también se pueden conocer las condiciones en las que se encuentra el terreno, con lo nutrientes que cuenta, lo que le falta y lo que este puede aportar.

3.1.2. Variabilidad en los cultivos.

Para desarrollar adecuadamente la agricultura de precisión, se debe tener en cuenta 3 factores de variabilidad.

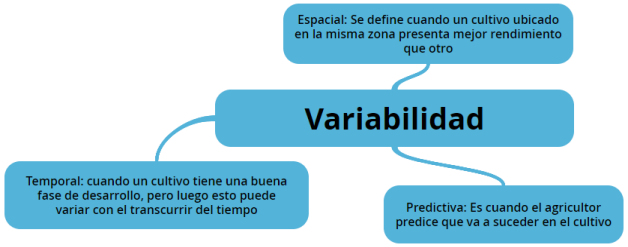

Figura 3.1: Variabilidad en los cultivos

3.1.3. Cultivo hidropónico.

Un cultivo hidropónico es la combinación de diferentes métodos para reemplazar el suelo, también llamada la agricultura sin suelo. Esto busca sacar provecho de suelos infértiles, jardines o azoteas, sin importar la condición natural del lugar.

Figura 3.2: Funcionamiento cultivos hidropónicos.

3.1.4. Factores

La temperatura juega un papel fundamental en el desarrollo de las plantas, junto con otros factores importantes como la humedad, nutrientes y el agua, estos factores deben ser proporcionalmente iguales a los otros, ya que un cambio repentino de alguno puede afectar a los demás.

Tabla 3.1: Factores requeridos.

Humedad	Temperatura
Es un factor climatológico que se define como vapor de agua contenido en la atmósfera Una buena humedad, es fundamental para el desarrollo de las plantas en un cultivo. [1] Sino la fotosíntesis se verá afectada. El factor humedad se puede ver afectado por el cambio de la temperatura en el cultivo, esto hace que las plantas transpiren y pierdan agua.	La temperatura es la limitante fundamental para la dispersión natural de las especies vegetales. El desarrollo y crecimiento de las plantas, como en todo organismo vivo. Las plantas tienen un desarrollo óptimo cuando las variaciones térmicas y los valores extremos de temperaturas no ejercen ningún efecto negativo sobre sus funciones.
Para el proyecto a desarrollar será fundamental para realizar los cálculos, de la estimación hídrica de cada planta. Ya que con ello se puede llegar a conocer la cantidad de agua que tiene la planta en cierto momento.	Al igual que la humedad será uno de los factores necesarios para realizar los cálculos de la estimación hídrica, ya que esta puede afectar directamente la humedad en las plantas y ambiente.

3.1.5. Absorción de agua por parte de las plantas.

El agua y los minerales absorbidos del suelo por las raíces son transportados por la xilema (vasos conductores de savia bruta) a la parte superior de la planta (tallos y hojas). La absorción tiene lugar principalmente en los pelos radicales, que son una extensión de las células epidérmicas de la raíz. En la raíz, el transporte de agua se lleva a cabo radialmente, de los pelos absorbentes a la estela central, donde se encuentra la xilema, cruzando la pared o el citoplasma de las células de la corteza

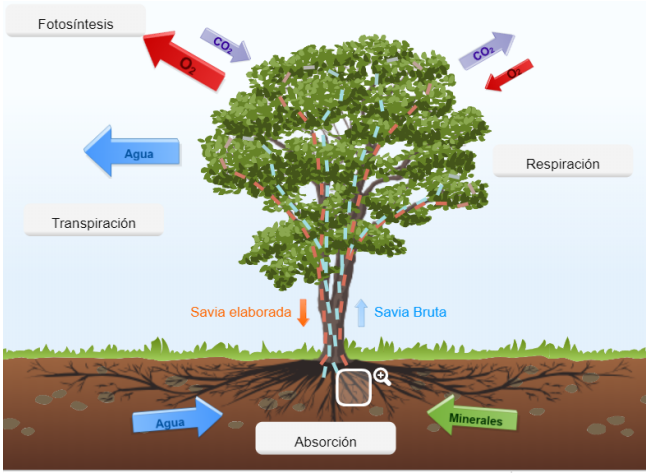

Figura 3.3: Absorción del agua por parte de la raíz.

3.1.6. Evapotranspiración

La evapotranspiración es la combinación de dos procesos como los son, la evaporación y la transpiración del cultivo. Como los dos procesos mencionados anteriormente son difícil de calcular por separado, estos son considerados bajo el contexto de evapotranspiración. Lo realmente importante de calcular la ET, es saber la cantidad exacta de agua que se está perdiendo en la atmósfera. Evapotranspiración = (ET)

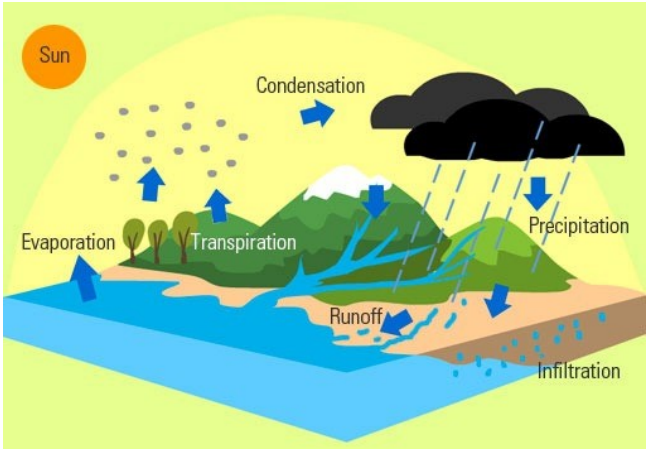

Figura 3.4: Funcionamiento de la Evapotranspiración.

3.1.7. Evaporación.

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada.

3.1.8. Transpiración.

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática.

3.1.9. Unidad de medición para la (ET).

La unidad de medición son los milímetros(mm), la cual es una unidad de longitud. Para el desarrollo del proyecto, se usará esta unidad de medición para realizar los cálculos correspondientes y dar a

conocer los valores de la evapotranspiración en los cultivos. El milímetro es la unidad de medida usada en la meteorología para las precipitaciones.

Tabla 3.2: Factores que influyen en la evapotranspiración

Factor	**Descripción**
Variables climáticas	la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Mediante estos parámetros se puede calcular la ET.
Por cultivo	El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se trata de estimar la evapotranspiración.
Condiciones ambiantales	Los factores tales como baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes,presencia de horizontes duros (composición), enfermedades y parásitos del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración.

3.1.10. Evapotranspiración del cultivo de referencia. (ETo).

El concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo. Debido a que hay una abundante disponibilidad de agua en la superficie de evapotranspiración de referencia, los factores del suelo no tienen ningún efecto sobre ET. Lo que pretende la evapotranspiración de un cultivo de referencia es ser la base para el cálculo de la evapotranspiración de una superficie para no depender del tipo cultivo porque se puede dar el caso de que haya plantas de diferentes especies, sino que se dependa de variables climáticas.

Evapotranspiración de referencia = (ETo)

3.1.11. Ecuación FAO PENMAN-MONTEITH para el cálculo de la (ETo)

Recomendando un nuevo método estándar, FAO Penman-Monteith fue desarrollado haciendo uso de la definición del cultivo de referencia como un cultivo hipotético con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial de 70 s m -1 y un albedo de 0,23 y que representa a la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activamente y adecuadamente regado. Para ello usaremos la fórmula de la evapotranspiración de referencia, y se harán cambios para realizar el proyecto.

$$ET_0 = \frac{0,48\Delta(R_n - G) + \gamma\frac{37}{Thr+273}u_2(e^0(T_{hr}) - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \tag{3.1}$$

Donde:

T_{hr} = Temperatura media del aire en una hora (°C)

G = densidad del flujo del calor del suelo ($MJ\ m\ -2\ hora^{-1}$)

R_n = Radiación neta de la superficie del cultivo ($MJ\ MJ\ mm^{-2}\ \ hora^{-1}$)

γ = constante psicrométrica ($kPa\ °C^{-1}$)

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor ($kPa\ °C^{-1}$)

u_2 = velocidad del viento a una altura ($m\ s^{-1}$)

$e^0(T_{hr})$ = Presión de saturación de vapor a la temperatura del aire (kPa)

e_a = presión real de vapor (kPa)

Figura 3.5: Definición de variables

3.1.12. Evapotranspiración del cultivo (ETc).

Para considerar que el cultivo está en una condición estándar se debe tener un campo extenso, bajo condiciones excelentes (fertilizantes y sin enfermedades) y sin limitaciones de humedad en el suelo. La evapotranspiración que ocurre en una superficie cultivada puede ser medida directamente a través de los métodos de transferencia de masa o del balance de energía.[2]

$$ET_c = K_c ET_0 \tag{3.2}$$

Donde:

Kc = coeficiente del cultivo adimensional

El coeficiente del cultivo se determina por varios factores del cultivo como la etapa de desarrollo, clima y tipo de planta, por eso nosotros para nuestro caso vamos a dar un estándar experimental para las plantas en el sistema:

Kc = coeficiente del cultivo adimensional

$$ET_c = \frac{ET_c}{ET_0} \tag{3.3}$$

[2] `http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf`

Mediante esta fórmula aproximamos el resultado más cercano a nuestro estándar que será configurado por el usuario por planta, pero si se pasa entonces quedará el resultado de la fórmula para Kc.

Tabla 3.3: Necesidades hídricas.

Tipo de necesidad hídrica	Valor para (Kc)
Muy baja	0,3
Baja	0,5
Moderada	0,9
Alta	1,2

3.1.13. Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo (balance).

los cultivos necesitan el agua retenida en el suelo para sus procesos biológicos y físicos, donde esta necesidad aumenta con el desarrollo de la planta, pero esta necesidad se define como, el volumen de agua requerido para el proceso de evapotranspiración, desde la fecha de siembra o plantación hasta el día de la recolección de un cultivo dado en una región climática específica, cuando el contenido de agua del suelo está mantenido suficientemente por las precipitaciones y/o el riego, de tal forma que ésta no limita el crecimiento de las plantas o el rendimiento de los cultivos (Martín de Santa Olalla at alter, 1993). El balance hídrico es el proceso de restar las salidas y sumar las entradas de agua donde estas variables son:

Tabla 3.4: Factores relacionados con balance hídrico

Entradas	Salidas
Precipitación	evapotranspiración
Cantidad de agua en el riego anterior	Pérdidas de percolación (el agua sobre la superficie del suelo se infiltra a capas profundas del suelo)
Ascensión capilar (capacidad que tiene el agua de ascender por canales)	
Drenaje superficial de entrada	Drenaje de salida

En el estudio nacional del agua (Colombia) del 2010 realizado por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), que permite reconocer el estado y la dinámica del agua en Colombia [3], para la demanda hídrica en los cultivos determinan, El cálculo del uso del recurso hídrico en el sector agrícola se acota a partir de dos componentes: a) la estimación del agua extraída con fines agrícolas, mediante la agregación del uso consuntivo y el agua extraída no consumida; y b) el valor agregado por consumo de agua en las actividades de postcosecha. El riego neto (Θ) se determina mediante la diferencia entre el uso consuntivo del cultivo (salidas y entradas ya mencionadas)

[3] `http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/96oXgZAhHrhJ/content/estudio-nacional-del-agua-informacion-para-la-toma-de-decisiones`

la precipitación efectiva, que es la que realmente la planta usa cuando cae la lluvia. El valor que se obtiene se puede expresar en m3/ha En este estudio se plantea:

$$D_a = 10 \sum_{d=1}^{lp} \frac{\left((K_c ET_p) - \frac{pK_e}{100})\right) A}{K_r} \tag{3.4}$$

Donde:

Da = requerimiento de agua del cultivo m3/ha
10 = es el factor que aplica para convertir a m3/ha
lp = duración del periodo de crecimiento
KcETp = Evapotranspiración del cultivo
P = precipitación en mm
Ke = coeficiente de escorrentía
Kr = coeficiente de eficiencia de riego
A = área sembrada.

Como el riego neto propuesto en el proyecto (Θ) sera por día (lp = 1),En la ecuación 3.5 podemos ver la hipótesis planteada.

$$\Theta = A10 \frac{\left((K_c ET_c) - \frac{pK_e}{100})\right) \Theta_i + H_{Sn}}{K_r} \tag{3.5}$$

Donde:

Θi = Riego neto del día anterior
Θ = Requerimiento de agua del cultivo m3/ha
Hsn = Humedad del suelo medida en área de la planta.

3.1.14. Riego neto en comparación con los factores ideales por planta.

Como por planta se ingresa la cantidad de agua a regar (Rop) frente a una temperatura óptima (Top), con la temperatura (Tins) que esté en el instante del riego medida por el sensor se validará con una regla de tres la cantidad a regar (RTop) .

$$R_{top} = \frac{R_{op} T_{ins}}{T_{op}} \tag{3.6}$$

La cantidad total óptima (RTop) por parte del usuario será comparada por tomada por el prototipo (Θ). Tomando la variable que sea mayor comparará con la otra y se sumará para eliminar errores de

estimaciones, por ejemplo, si Θ ¡(RTop), el agua aplicada será:

$$QAP = \Theta + \frac{R_{top}}{100} \tag{3.7}$$

En el otro caso sera:

$$QAP = R_{top} + \frac{\Theta}{100} \tag{3.8}$$

Capítulo 4

Marco conceptual

4.1. Arduino

Es una plataforma electrónica que hace uso de software y hardware para leer entradas y generar salidas. Este microcontrolador posee su propio lenguaje de programación llamado Arduino.

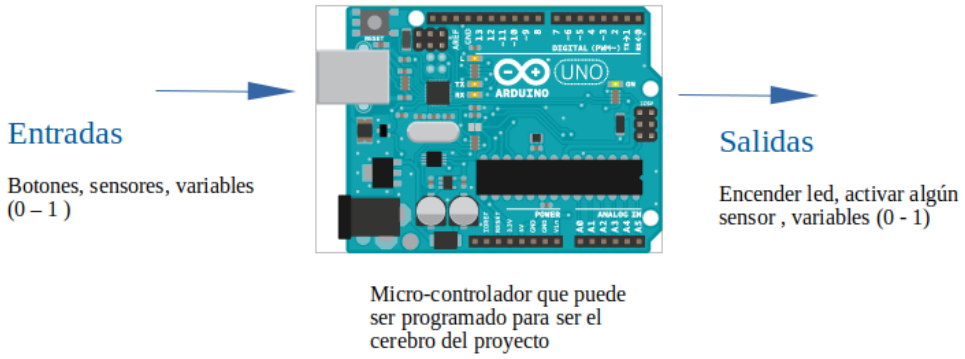

Figura 4.1: Arduino

4.2. Aplicación web

Una aplicación web es una aplicación informática distribuida cuya interfaz de usuario es accesible desde un cliente web, normalmente un navegador web. Un programa informático es un conjunto de órdenes que tienen un objetivo específico estas sentencias están escritas en un lenguaje de programación, una aplicación web es el servicio que provee un servidor al interpretar mediante las web ejecuciones del cliente.

4.2.1. Ventajas sobre las otras aplicaciones

Compatibilidad: Como la aplicación no se instala directamente en el sistema operativo permite un manejo multiplataforma utilizando menos recursos de memoria y disco duro pues la aplicación se ejecuta en el servidor web y todas las peticiones las vemos en el navegador.

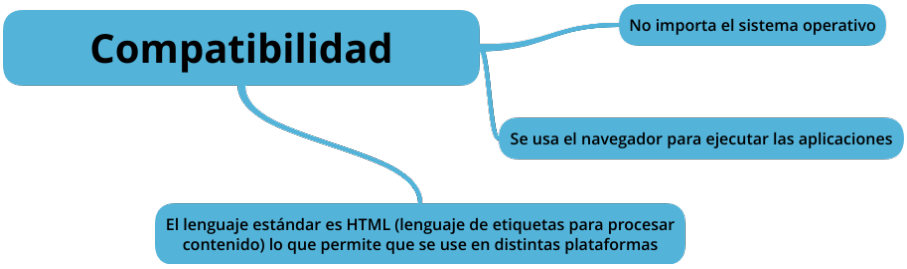

Figura 4.2: Esquema de compatibilidad en una aplicacion web.

Accesibilidad: Se puede acceder en cualquier momento lo que se denomina en tiempo real. además, una aplicación web no depende de una plataforma puede ser accedida remotamente estando en la red de internet.

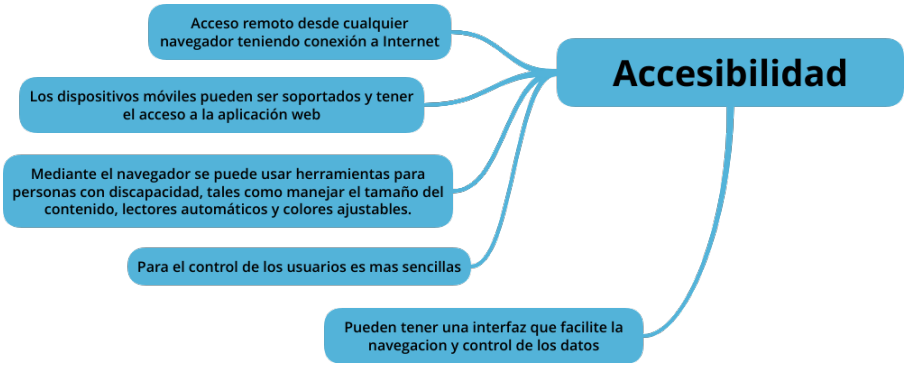

Figura 4.3: Esquema de accesibilidad en una aplicación web.

4.3. HTTP.

El protocolo de transferencia de texto (Hypertext Transfer Protocol) es un protocolo basa en el modelo cliente-servidor, que vincula el intercambio de información entre los clientes web y los servidores http. El proceso realizado por http es uno de los más sencillos basado en solicitud/respuesta. “Un cliente establece una conexión con un servidor y envía un mensaje con los datos de la solicitud.” (Protocolo http, 2016).

4.3.1. Peticiones HTTP.

HTTP define un conjunto de métodos de petición para indicar la acción que se desea realizar para un recurso determinado. Cada uno de ellos implementan una semántica diferente, pero algunas características similares

Tabla 4.1: Peticiones HTTP.

Petición	**Función**
GET	Solicita una representación de un recurso específico. Las peticiones que usan el método GET sólo deben recuperar datos.
POST	Se utiliza para enviar una entidad a un recurso en específico, causando a menudo un cambio en el estado o efectos secundarios en el servidor.
PUT	Reemplaza todas las representaciones actuales del recurso de destino con la carga útil de la petición.
DELETE	Borra un recurso en específico.

4.4. Servidor web

Un servidor web es el encargado de manejar páginas web y enviarlas a través de la red a quienes lo requieran y tengan los permisos para dichas páginas. Son los principales encargados de generar el tráfico en Internet puesto es a través de ellos se realizan las conexiones a todos los sitios web del mundo, toda página web está almacenada en uno de estos servidores.

4.5. NODE JS.

Es un entorno de ejecución multiplataforma de código abierto para desarrollar aplicaciones web. Esta librería se ejecuta sobre JavaScript. Node Js es un interprete de JavaScript del lado del servidor[1]. De igual manera permite usar el mismo lenguaje para el desarrollo del front-end y back-end.

[1] http://noticias.universia.es/ciencia-tecnologia/noticia/2017/07/07/1154054/nodejs-sirve.html

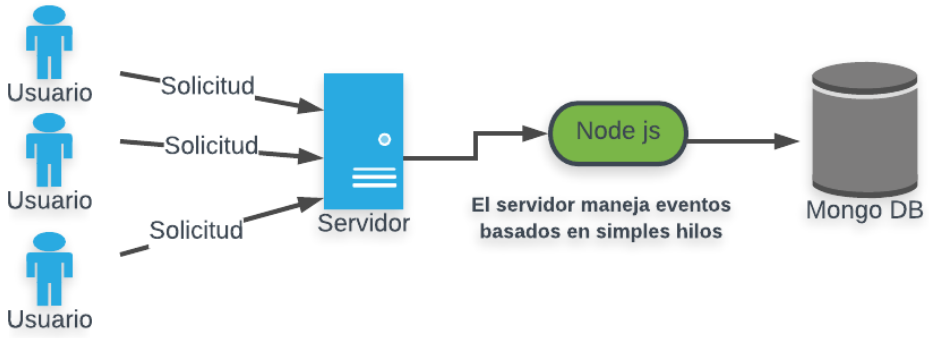

Figura 4.4: Funcionamiento de Node js.

4.6. Mongo DB

Mongodb es una base de datos NoSQL, orientada a documentos, lo que quiere decir que los datos no se guardan en registros sino en documentos. MongoDB almacena datos en documentos flexibles, similares a JSON, lo que significa que los campos pueden variar de un documento a otro y la estructura de datos se puede cambiar con el tiempo.

Figura 4.5: Funcionamiento de MongoDB.

4.7. Api rest

Un Api rest es un estándar lógico y eficiente para crear servicios web. Debido a esto las aplicaciones tienen una arquitectura de desarrollo a seguir, con ello las aplicaciones mantienen un orden adecuado, se logra unir dos conceptos lo que nos lleva a definir, que son aplicaciones eficientes y lógicas.

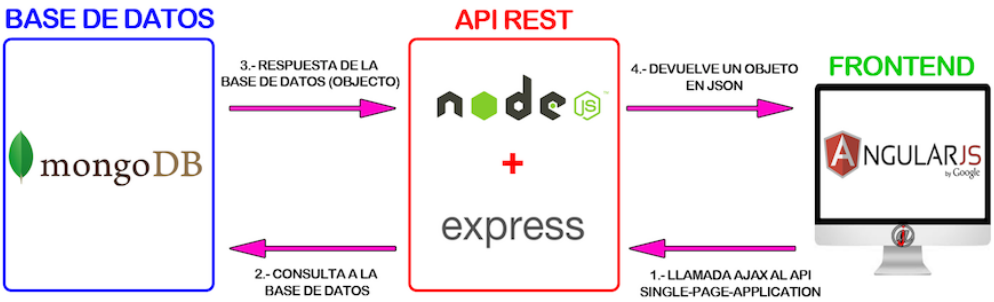

Figura 4.6: Funcionamiento de una APIREST.

4.7.1. Api (Application Programming Interface).

Es un conjunto de reglas y especificaciones que las aplicaciones utilizan para comunicarse entre ellas. Esto facilita la comunicación entre cliente-aplicación. Las Api sirven para comunicarse con sistemas operativos, bases de datos o protocolos de comunicación, sencillamente podemos definir la Api como la comunicación entre diferentes softwares.

4.7.2. Rest (Representational State Transfer).

Con el rest le podemos dar reglas a nuestro servidor para que distribuya la información al cliente, esto es una forma de darle orden a las aplicaciones para que se desarrollen de manera adecuada y eficiente.

4.8. Javascript.

JavaScript es un lenguaje de programación que se utiliza principalmente para crear páginas web dinámicas. Una página web dinámica es aquella que incorpora efectos como texto que aparece y desaparece, animaciones, acciones que se activan al pulsar botones y ventanas con mensajes de aviso al usuario. Técnicamente, JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, por lo que no es necesario compilar los programas para ejecutarlos. En otras palabras, los programas escritos con JavaScript se pueden probar directamente en cualquier navegador sin necesidad de procesos intermedios.

4.9. LoopBack.

LoopBack es un framework Node.js altamente extensible y de código abierto que le permite crear API REST dinámicas de extremo a extremo con poca o ninguna codificación. Características. Cree API REST dinámicas de extremo a extremo con poca o ninguna codificación. Acceda a los datos de las principales bases de datos relacionales, MongoDB, SOAP y REST API. Incorporar relaciones de

modelo y controles de acceso para API complejas. Componentes separables para almacenamiento de archivos, inicio de sesión de terceros y OAuth 2.0.

4.10. VUE.js.

Vue es framework de JavaScript para construir interfaces de usuario. A diferencia de otros marcos monolíticos, Vue está diseñado desde cero para ser adoptable incrementalmente. La biblioteca central está enfocada solo en la capa de visualización, y es fácil de seleccionar e integrar con otras bibliotecas o proyectos existentes.

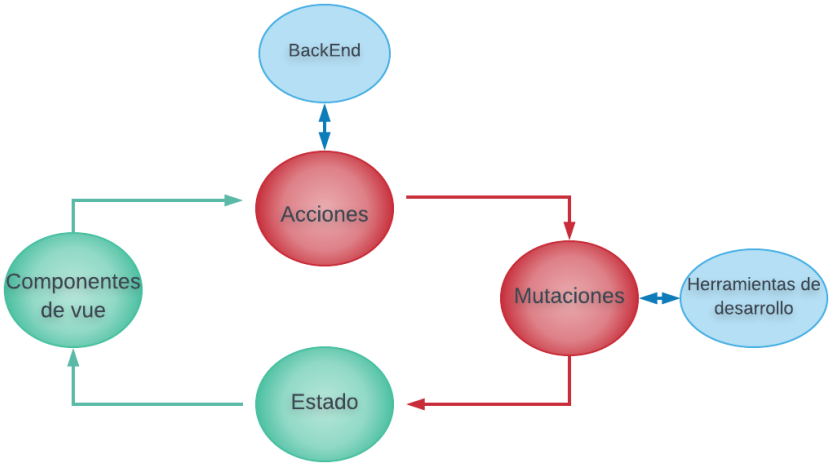

Figura 4.7: Funcionamiento de framework VUE.

4.11. SENSORES Y MÓDULOS PARA ARDUINO

- Sensor: Es un dispositivo electrónico que convierte magnitudes eléctricas a digitales o análogas.
- Módulo: Es una unidad de control electrónica que cumple una función específica, este posee un microcontrolador.

4.11.1. Sensor de humedad de suelo SKU (SEN0114)

Este sensor permite leer la cantidad de humedad que se encuentra en el suelo. Este sensor de humedad usa las dos sondas para pasar la corriente a través del suelo, y luego lee esa resistencia para obtener el nivel de humedad. Más agua hace que el suelo conduzca electricidad más fácilmente (menos resistencia), mientras que el suelo seco conduce electricidad pobremente (más resistencia).

4.11.2. Bluetooh HC-06.

Un módulo Bluetooth HC-06 se comporta como esclavo, esperando peticiones de conexión, Si algún dispositivo se conecta, el HC-06 transmite a éste todos los datos que recibe del Arduino y viceversa

4.11.3. Sensor de humedad de ambiente FC-28.

El sensor FC-28 cuenta con una pequeña placa que nos resuelve en gran parte las cosas, porque nos entrega directamente el valor analógico de la conductividad o también el valor digital si se supere un umbral determinado de humedad. El valor o umbral lo seteamos mediante un potenciómetro, es un trabajo manual, entregará un uno cuando se consiga superar o igualar el nivel de humedad que nosotros seteamos y entregará un cero cuando la humedad del suelo esté por debajo de ese umbral.

4.11.4. Sensor de flujo de agua YF-201.

Este sensor de flujo está construido de plástico sólido, de fácil instalación en un sistema de tuberías estándar (1/2"), mide el flujo del agua por medio de un rotor de agua interno que activa un sensor de efecto Hall, este envía pulsos por cada rotación. El sensor está aislado del agua y el rotor, de manera que siempre se mantiene seco y seguro.

Figura 4.8: Sensor flujo de agua.

Dentro del sensor se encuentra un rotor dentro de una cámara hermética para evitar el contacto con el agua. las paletas del rotor tienen un imán, externamente a la cámara hay un sensor con efecto hall (medición del voltaje transversal en un conductor cuando es puesto en un campo magnético) que detecta el campo magnético del imán de las paletas y con esto el movimiento del rotor. Este sensor nos va a servir para dos funciones:

1. Determinar el reporte del caudal que sale por el prototipo. Para hallar el caudal debemos usar un factor de conversión propuesta por el fabricante (Kcon) y la frecuencia (f) de los pulsos con la que

es impulsado el rotor cuando el agua pasa por el mecanismo y esta se halla por medio de:

$$f = K_{con}Q \tag{4.1}$$

Donde:

Q = caudal

Y para hallar el caudal solo se necesita despejar:

$$Q = fK_{con} \tag{4.2}$$

Para tener una medición más exacta es necesario calibrar el valor del factor de conversión, esto se hace haciendo pruebas experimentales:

$$K_{con} = \frac{pulsos}{V60} \tag{4.3}$$

El volumen puede ser calculado como:

$$V = \pi r^2 L \tag{4.4}$$

Donde:

r = radio de la manguera
L = longitud

Para regar con la cantidad específica,se hará calculando el tiempo (segundos) en el que necesita el caudal (agua que se va a regar) para pasar por el volumen del medio (manguera):

$$T = \frac{V}{Q_{ap}} \tag{4.5}$$

Donde:

Qap = caudal de riego.

Después de ello, se va a permitir el paso del agua (encender pin del Arduino) hasta que llegue el tiempo estimado mientras pasa eso se va calculando el caudal que de verdad pasa por el sensor.

4.12. Formas de riego

Para una de las partes de nuestro diseño, que es el dispositivo que permite el paso del agua es importante conocer algunos tipos de riego que se utilizan en los cultivos.

4.12.1. Riego por pivot

Los Pívots son equipos propulsados eléctricamente que suministran en forma de lluvia el agua y los fertilizantes de una manera homogénea a los cultivos.

Figura 4.9: Riego por pivot.

4.12.2. Riego Por inundación

El riego por superficie es un método de riego que consiste en aplicar el agua al suelo por gravedad. Engloba una gran cantidad de sistemas diferentes en los que el agua se aporta a la parcela y el suelo la distribuye a lo largo y ancho cubriendo la totalidad o sólo parte de su superficie. Una vez que el agua llega al punto de la parcela donde será aplicada, no es preciso suministrarle presión ya que se vierte y discurre libremente.

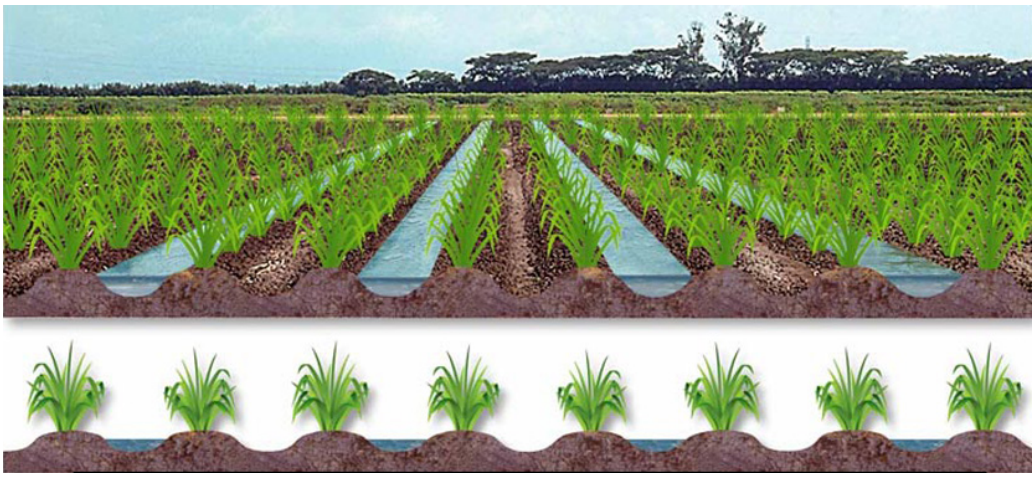

Figura 4.10: Riego por inundación.

4.12.3. Riego por microjet

Es un sistema artesanal simple que distribuye el agua uniformemente, con un daño mínimo al cultivo y al suelo. Se puede utilizar desde áreas pequeñas hasta 1 manzana. Para lograr una buena distribución del agua en la parcela a irrigar se necesita una altura de la fuente al micro sistema de 2 metros como mínimo; cada micro aspersor tiene capacidad para irrigar un radio de 4 metros en un tiempo de 30 a 60 minutos.

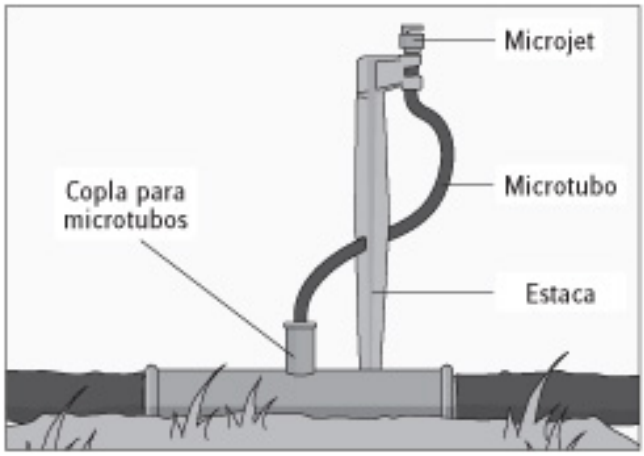

Figura 4.11: Riego por microjet.

4.12.4. Riego por goteo.

El riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión. Desde el punto de vista agronómico, se denominan riegos localizados

porque humedecen un sector de volumen de suelo, suficiente para un buen desarrollo del cultivo. También se lo denomina de alta frecuencia, lo que permite regar desde una a dos veces por día, todos o algunos días, dependiendo del tipo de suelo y las necesidades del cultivo.

Figura 4.12: Riego por goteo.

4.12.5. Riego por aspersión

Es un sistema de riego en el que el agua se aplica en forma de una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo de se infiltre en el mismo punto donde cae. Para ello es necesaria una red de distribución que permita que el agua de riego llegue con presión suficiente a los elementos encargados de aplicar el agua (aspersores o difusores).

Figura 4.13: Riego por aspersión.

4.12.6. Tipo de riego a implementar

Para el desarrollo del proyecto, el sistema de riego a implementar será, el riego por goteo, ya que este sistema es uno de los más adecuados para el ahorro de agua, el cual es el propósito de este proyecto. Para esto se analiza debidamente el uso de este tipo de riego, para llegar a concluir la eficiencia de este método. El riego por goteo es el más eficiente, frente a otros tipos de riegos . La siguiente tabla muestra en porcentaje la eficiencia que tiene el riego por goteo frente a otros tipos de riego más utilizado, como los es por aspersión.

El riego por goteo permite que el agua llegue directamente a la raíz de la planta haciendo que se desperdicie menos, también reduce la pérdida debido a la evapotranspiración y evita que se produzca encharcamientos.

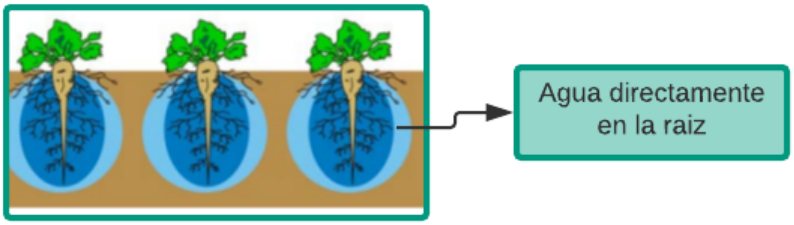

Figura 4.14: Eficiencia del riego por goteo.

El riego por aspersión gasta el doble de agua que el riego por goteo debido a que se intenta cubrir zonas en las cuales en el primer riego no se alcanzaron a cubrir, algunas zonas donde el agua llega correctamente se reciben mucha de esta (figura 4.15), debido a que se aumenta el tiempo de riego para cubrir toda la zona.

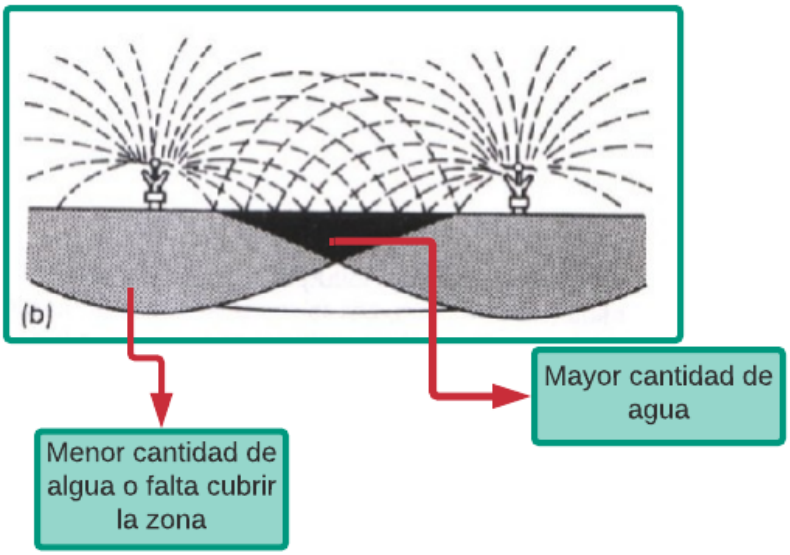

Figura 4.15: Problemas de riego por aspersion.

Podemos evidenciar (Figura 4.16), como el agua se almacena más en unas zonas que en otras, esto puede ser causado por que el viento altera la distribución del agua, de tal manera que el riego no se realiza uniformemente, esto puede producir encharcamientos y daño del cultivo.

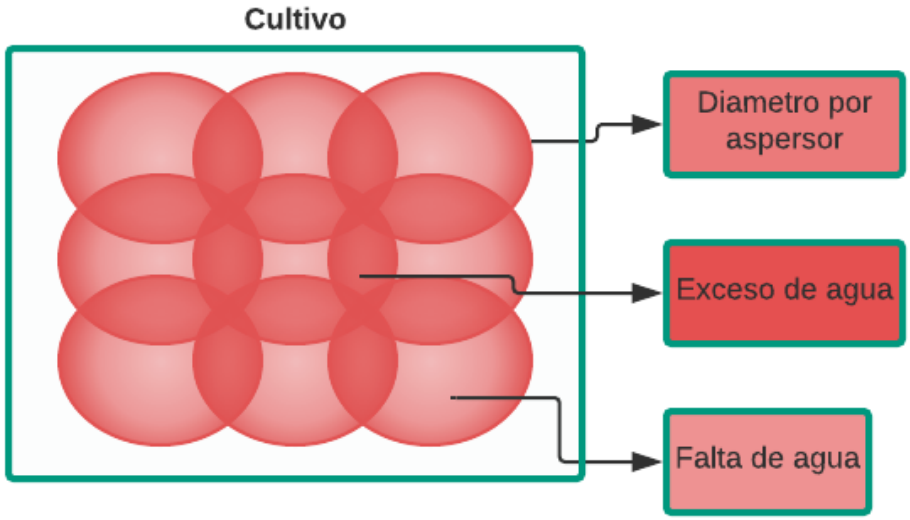

Figura 4.16: Esquema por zonas del riego por aspersión.

En conclusión, el riego por goteo es uno de los mejores métodos de riego para el ahorro de agua, ya que su efectividad es de un 90 % frente a un 75 % del riego por aspersión. Debido a esto se toma la decisión de hacer uso de este método para el desarrollo por la eficiencia que tiene y a las pocas desventajas que se pueden llegar a presentar.

Capítulo 5

Estado del arte

5.1. Contextualizacion

Según nuestro planteamiento del problema necesitamos un prototipo electrónico que determine la cantidad específica de riego por planta, el cultivo específico de la investigación son los hidropónicos pero lo que realmente necesitamos es buscar como en otras partes se ha hecho esta medición y como es el diseño de estos dispositivos o controladores. Además de la estimación y el diseño debemos buscar los tipos de riego que se presentan en los cultivos para tratar de aplicar a el proyecto alguno que cuente con nuestras características del prototipo.

5.1.1. Soluciones tecnológicas balanceando la cantidad de agua para el riego en cultivos.

Las siguientes tablas muestran algunas soluciones tecnológicas que tratan de estimar la cantidad específica de agua al momento del riego en los cultivos, esta técnica se conoce como balance hídrico en los cultivos, es importante para nosotros conocer las formas en otros proyectos como plantearon y trataron de solucionar la necesidad hídrica de las plantas.

5.1.2. Artefactos Tecnológicos referenciados para la estimación planta por planta.

En la siguiente tabla se encuentra artefactos electrónicos que tratan de realizar el riego planta por planta. además, tratamos de buscar algún diseño que haga esta gestión para mejorar el nuestro o para mirar si ya se han hecho diseños como el que vamos a plantear por ende se agrega el campo foto en la tabla. Cabe resaltar que todas las fotos fueron obtenidas de la fuente web de la tabla y fueron recuperadas en el año 2018.

Tabla 5.1: Proyectos que hacen referencia a la agricultura y estimación del agua.

Titulo	Descripción
PROGRAMA PARA CALCULAR DEMANDAS DE AGUA Y CALENDARIZAR EL RIEGO DE LOS CULTIVOS	El objetivo de este proyecto es el desarrollo de un programa para calcular las demandas de agua y el calendario de riego de los cultivos. Dentro del programa se resuelven ecuaciones físicas (evapotranspiración y balance del agua en el suelo), para tratar de estimar el agua según los cultivos, además de los distritos del país del desarrollo de la aplicación para el registro del tipo de sueño y clima. Registre diariamente el cálculo de la ET (Evapotranspiración), además de registrar por cultivo y tipo de suelo el máximo y mínimo que ha sido guardado según los parámetros iniciales
EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL RIEGO POR MEDIO DE SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO EN LA UNIDAD DE TOMATE PARA LA INDUSTRIA	El objetivo utilizar Sensores de humedad del suelo para automatizar y Complementar la Metodología de la FAO 56 (Guías para la determinación de los Requerimientos de Agua de los Cultivos) en la programación cuándo de riego para tomate de industria Mediante riego por goteo de alta frecuencia y bajo acolchado Se trata de analizar el funcionamiento durante todo el ciclo de cultivo, compararlo con una estrategia de reposición de agua empleada para el cultivo con un método clásico basado en la estimación de la ETc del cultivo. y en otro lugar donde se incluye la información sobre la humedad del suelo en cada momento.
MODELOS MATEMÁTICOS PARA EL MANEJO DEL RIEGO Y NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE TOMATE (Lycopersicon esculentum Mill.) EN INVERNADERO	En este proyecto se desarrollan técnicas de modelación matemática que permiten definir el consumo de agua y nutrientes necesarios para el crecimiento del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero. Para determinar el agua evapotranspirada por cada planta se restó el volumen de agua drenada por las plantas en las macetas sin la cubierta de guata al volumen total de agua aplicada en el riego. Así mismo, para determinar el agua transpirada se restó el volumen de agua drenada por las plantas en las macetas con la cubierta de guata al volumen total de agua aplicada en el riego.Con el uso de estas técnicas de modelación y simulación se minimiza el uso de fertilizantes para el cultivo de tomate en invernadero, ya que permite estimar de manera muy precisa.
Teledetección y Aforo de superficies de cultivos en pequeñas demarcaciones para estimar el agua aplicada por polígono de riego.	El objetivo es analizar la aplicabilidad del método del marco areolar y una estimación por regresión con datos de satélite para la estimación de superficies de cultivos en pequeñas demarcaciones de regadío, y su utilidad en la estimación de volúmenes de agua de riego. Las estimaciones de volúmenes de agua de riego más fiables se obtienen a partir de las superficies de cultivos estimadas por el método areolar y los datos meteorológicos del año en curso.

Titulo Y Fuente	Descripcion
Diseño de un sistema de riego hidropónico automático asistido por un hardware arduino http://agrovision.pro/diseno-sistema-riego-hidroponico-automatico-asistido-hardware-arduino/	Se pretende desarrollar un sistema que automatice en la mayor medida de lo posible el proceso de desarrollo de cultivos hasta la cosecha, mediante sensores se utiliza una bomba de agua, de modo que se pueda tomar las mediciones necesarias para el mantenimiento del cultivo.
Caracterización y calibración de un sensor de humedad de bajo costo para optimizar su desempeño dentro de una red WSN en escenarios indoor http://www.fundacioniai.org/actas/Actas1/Actas %201.27.pdf	En este documento se pretende medir con precisión la humedad del suelo en la agricultura del arroz de secano en el Casanare (Colombia), la frecuencia de riego se ha basado por estimación empírica, donde el personal técnico es quien define el momento y cantidad de agua a utilizar, lo que conlleva excesos o posible déficit de agua. El sensor contribuye a mejorar el consumo del cultivo .
Comparación entre dos tipos de sensores de humedad del suelo para la programación de riego https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/101253/FERN %C3 %81NDEZ %20 %20Comparaci %C3 %B3n %20entre %20dos %20tipos %20de %20sensores %20de %20humedad %20de %20suelo %20para %20la %20programaci %C3 %B3n %20del %20....pdf?sequence=1&isAllowed=y.	En este documento el objetivo principal es comparar dos tipos de sensores para realizar un riego semanal, en un campo de caqui en Valencia, para ello usan dos tipos de sondas de humedad una Sonda capacitiva EnviroScan de una marca reconocida y una sonda 10HS de tipo comercial. Durante 5 meses de pruebas se pudo evidenciar que con el uso de la sonda EnviroScan para el riego del campo se pudo ahorrar un 40 % respectos a los meses anteriores al proyecto y con la sonda 10HS hubo ahorro del 20 % del agua. Todo eso gracias a tre factores esenciales como lo fueron la información climática y el uso de las dos sondas de humedad, esto además de aportar información adicional importante, permite tener un control adecuado del riego.
Programación del riego en base a diferencias térmicas entre el follaje y el aire en el cultivo de Tomate (Lycopersicon esculentum Mill). bajo invernadero en dos medios de producción. (Suelo y Perlita) http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5535/T15447 %20MAZARIEGOS %20SUAREZ, %20SAUL %20 %20TESIS.pdf?sequence=1	El objetivo de este proyecto es estudiar los cultivos hidropónicos con dos medios de producción, en suelo y perlita, esto para saber que rendimiento y adaptabilidad de la planta de tomate se tendría en cada uno. Por otro lado se centró en la temperatura del aire en el cultivo para saber el estado de la planta, que esta se encuentre en buenas condiciones y sin estrés hídrico, para el riego de las plantas se utiliza el Índice Grado Dia(IGD) que es el encargado de evaluar el estrés hídrico de la planta ya que de esto depende si se hace o no el riego, el valor del IGD es proporcional al consumo de agua por parte de la planta si los valores eran negativos no se hace el riego, pero si lo valores de la planta eran positivos se generaba un riego de tal manera que la planta volviera a la normalidad.

Capítulo 6

Metodologia

Una metodología de desarrollo es un proceso que se sigue para, diseñar un proyecto o producto, esto permite que se puedan crear aplicaciones y productos de manera eficiente. A partir del uso de cualquier metodología de desarrollo se tiene más control sobre el tiempo que se invierte en el desarrollo y los resultados son muy cercanos a los esperados.

6.1. SCRUM

La metodología de desarrollo que se usará para el proyecto será, la metodología ágil scrum, metodología que permite empezar a construir un proyecto a partir de las necesidades o deseos del cliente.

La metodología ágil de desarrollo scrum es una de las metodologías más utilizadas para el desarrollo de proyectos o productos. Scrum se divide por partes para hacer el trabajo más óptimo, en el menor tiempo posible y reducir costos, se divide en diferentes fases como lo son, product backlog, donde se obtiene una lista con las necesidades del cliente, el sprint backlog, donde se separan las tareas por prioridad y un cierto tiempo de entrega, por último, el increment donde se muestra lo completado en cada sprint y con ello saber si el cliente desea hacer cambios o no.

El principal objetivo es maximizar las ganancias de la inversión del producto, donde primero se debe hacer la funcionalidad más importante para el cliente y luego se continúa adaptando y auto gestionando los módulos hasta terminar el proyecto.

6.1.1. Definición de roles.

Un rol es un conjunto de funciones a realizar en un proyecto, donde éste será asignado a una persona estratégicamente para su ejecución y culminación.

Tabla 6.1: Definición de roles.

Rol	Nombre	Funciones	Descripción
Analista	Karen Daza	Requerimientos del sistema, Requerimientos del prototipo, Requerimientos del software y análisis.	Básicamente este rol define las necesidades que debe cubrir el producto.
Arquitecto de software	Jorge Hernández	Fase de diseño (diseño del programa), fase de planeacion y evaluación de requisitos.	Es la persona que plasma los requerimientos de forma estructural a nivel de software gracias a la experiencia en programación.
Desarrollador	Karen Daza, Jorge Hernández	Participaran en las fases de desarrollo, pruebas y mantenimiento.	Es el encargado de desarrollar el producto para el cliente, además tiene las habilidades necesarias para entregar lo esperado en cada sprint, Este equipo debe estar diferente áreas ya que son los que realizan el proceso de inicio a fin.
Probador	Karen Daza, Jorge Hernández, Héctor Flores	Realizar pruebas necesarias para comprobar si se satisfacen las necesidades.	Su función es Importante pues es la encargada de encontrar defectos en el prototipo
Consejero	Héctor Flores	Ayuda a entender el problema y dar soluciones.	Es una persona externa al desarrollo del proyecto, pero importante en la toma de decisiones
Cliente del producto	Agrónomos y cultivadores urbanos		Es quien identifica la funcionalidad del producto, de forma prioritaria organiza cada ítem en un sprint de tal forma que se desarrolle de forma ordenada y el tiempo asignado,también decide que se deja o cambia en el producto.
ScrumMaster	Héctor flores	Brindar soporte en todas las fases, liderar cada fase	Es quien capacita a los desarrolladores para que conozcan la metodología, de igual manera ayuda al cliente del producto a entender todo lo que se está llevando a cabo.

Capítulo 7

Solución tecnológica

7.1. Fase inicial

7.1.1. Búsqueda de solución técnica

Como ya se conoce el problema que en síntesis es crear un prototipo de riego y estimación hídrica que viaje a cada planta, este apartado tiene como objetivo dar una solución tecnológica de manera creativa integrando elementos que pueden ayudar a resolver el problema.

- Plataforma web

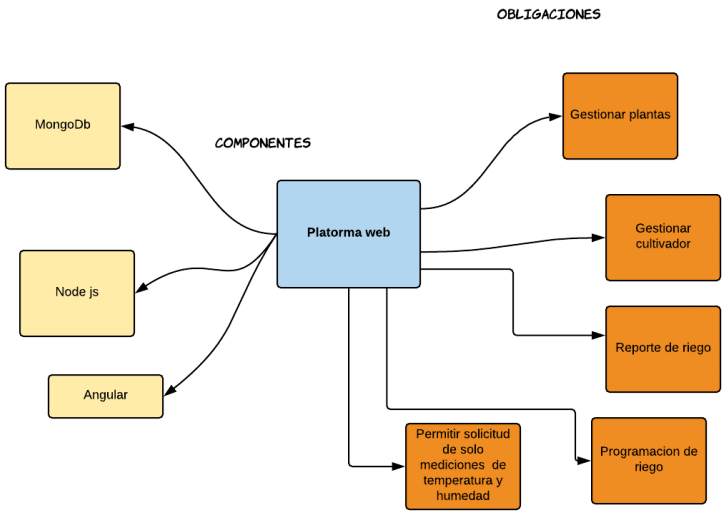

Figura 7.1: Plataforma web.

- Dispositivo electrónico.

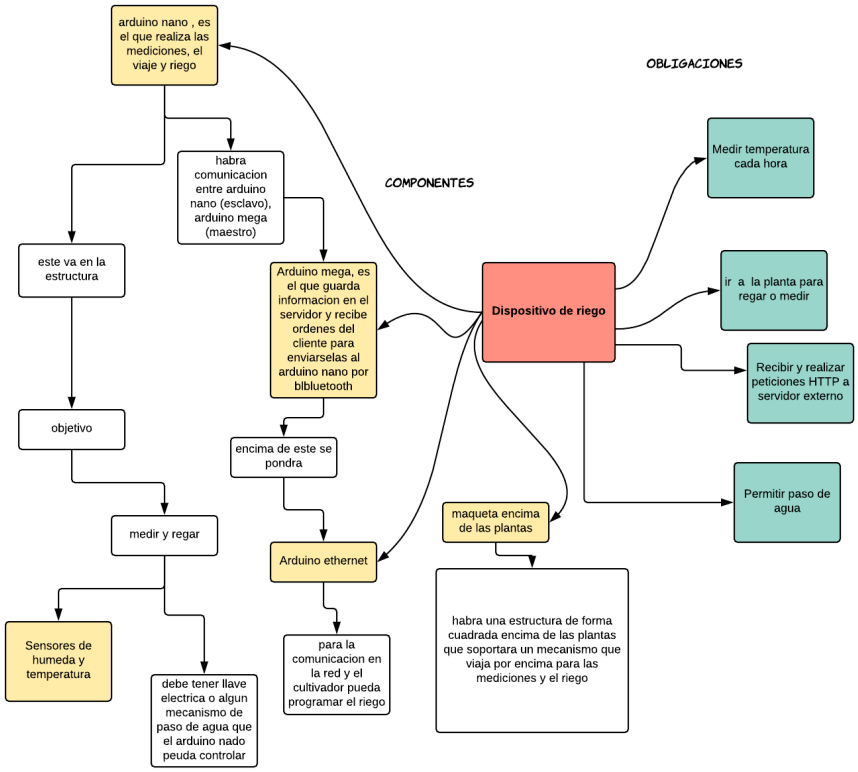

Figura 7.2: Dispositivo electrónico del proyecto.

Con esto sugerimos una plataforma web que se comunique al Arduino mega conectado a internet por medio del Arduino ethernet con esto esté Arduino se convertirá en servidor web local por que suple las peticiones de la página conectado al pc en una estación cerca al cultivo. En la plataforma web se guardará información de la planta, del cultivador, de los riegos para hacer el reporte de gasto de agua, y solicitar a este servidor web local que riegue o que mida la temperatura o humedad, pero este a su vez se comunicara con el Arduino nano que está en el cultivo para que pueda viajar a la planta o a las plantas de la gestión.

7.1.2. Viabilidad tecnica

La viabilidad técnica es la inspección de los recursos necesarios para la elaboración del prototipo, a continuación, mostramos los recursos tecnológicos, físicos y de software necesarios.

7.1.3. Recursos tecnológicos

Estos son los recursos de almacenamiento, equipos para realizar el software, dispositivos electrónicos para el prototipo y servicios para hacer el proyecto.

Tabla 7.1: Recursos tecnológicos a implementar

Recurso	Cantidad	Tipo
servicio de proveedor de servidor web	1	Años
servicio de proveedor de dominio	1	Años
Arduino	2	Dispositivo electrónico
Sensor de humedad	1	Dispositivo electrónico
Sensor de temperatura	1	Dispositivo electrónico
Dispositivo bluetooth	2	Dispositivo electrónico
Arduino Ethernet	1	Dispositivo electrónico

7.1.4. Recursos físicos

Son los que intervienen en el entorno del prototipo para realizar las pruebas necesarias y en el desarrollo del proyecto.

Tabla 7.2: Recursos físicos a usar

Recurso	Cantidad	Tipo
Equipo de computo	2	Computadores
servicio eléctrico	4	Meses
Servicio de internet	4	Meses
Plantas de prueba	14	Plantas
Materas	4	Muebles
Instalación para ejecución de Sprint	1	Inmueble

7.1.5. Viabilidad financiera (Presupuesto y fuentes de financiación)

El presupuesto aparece como ANEXO 2 en el desarrollo del documento.

7.2. Fase de planeación

7.2.1. Crear planes de ejecución (Cronograma).

En este punto se anexa en cronograma (ANEXO 1), que muestra el desarrollo de las actividades de acuerdo a la metodología escogida la cual es Scrum.

7.2.2. Observación de contexto

se realiza un análisis del entorno y del problema a resolver, mediante la metodología de sistemas blandos, que consiste en realizar el estudio del problema para llegar a su solución, observando las actividades humanas que generan inconsistencias.

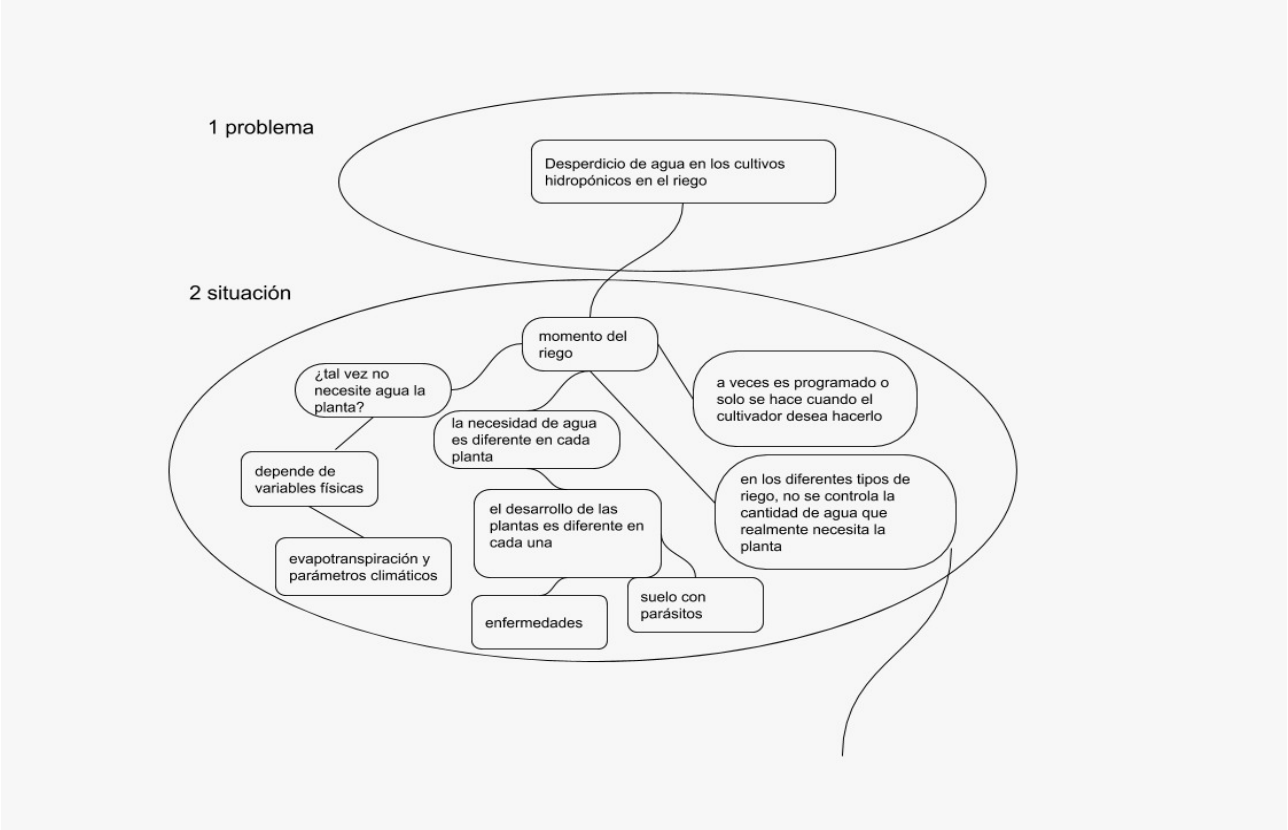

Figura 7.3: Sistema blando parte 1

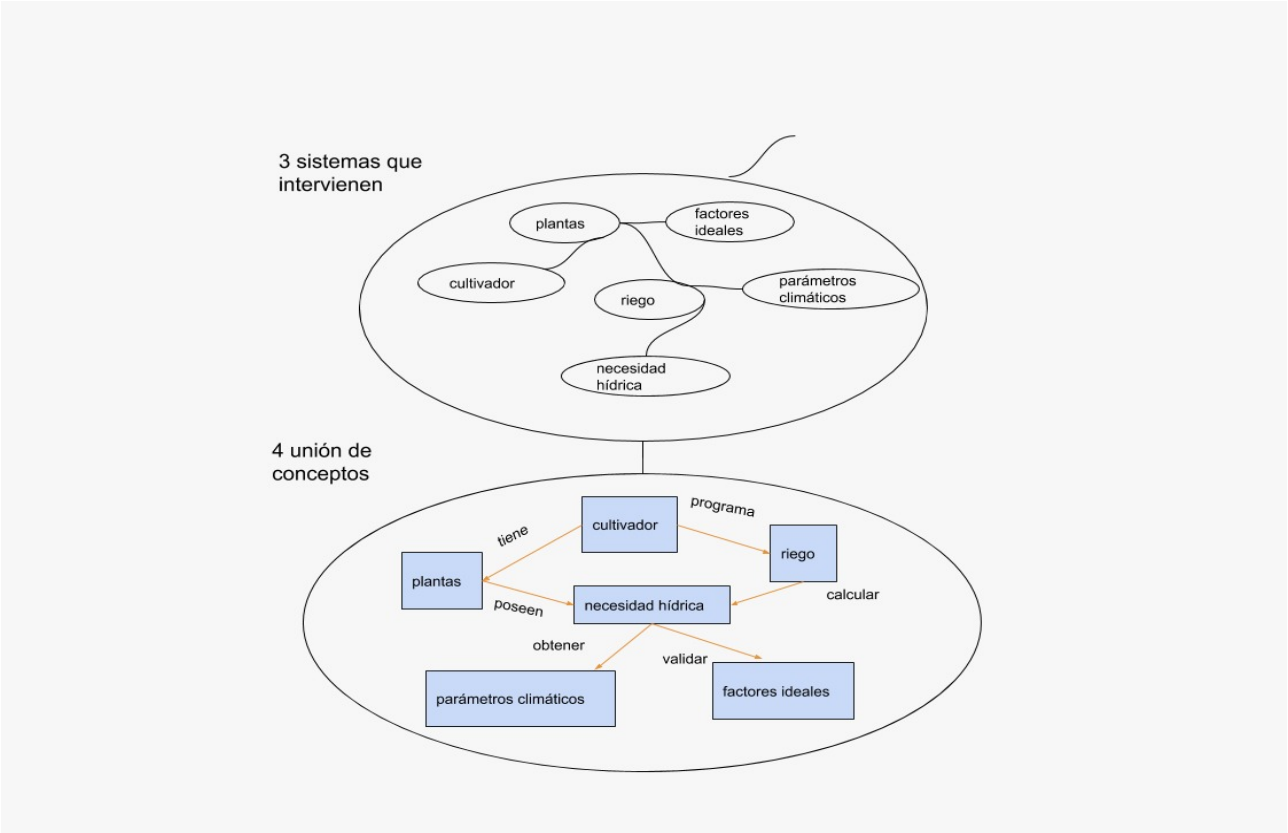

Figura 7.4: Sistema blando parte 2

7.2.3. Modelado de procesos

- Proceso general del programa Es el proceso en el cual se explica de manera global el proceso que se realiza para el cultivo de una planta, donde se explica los estados que pueden tener.

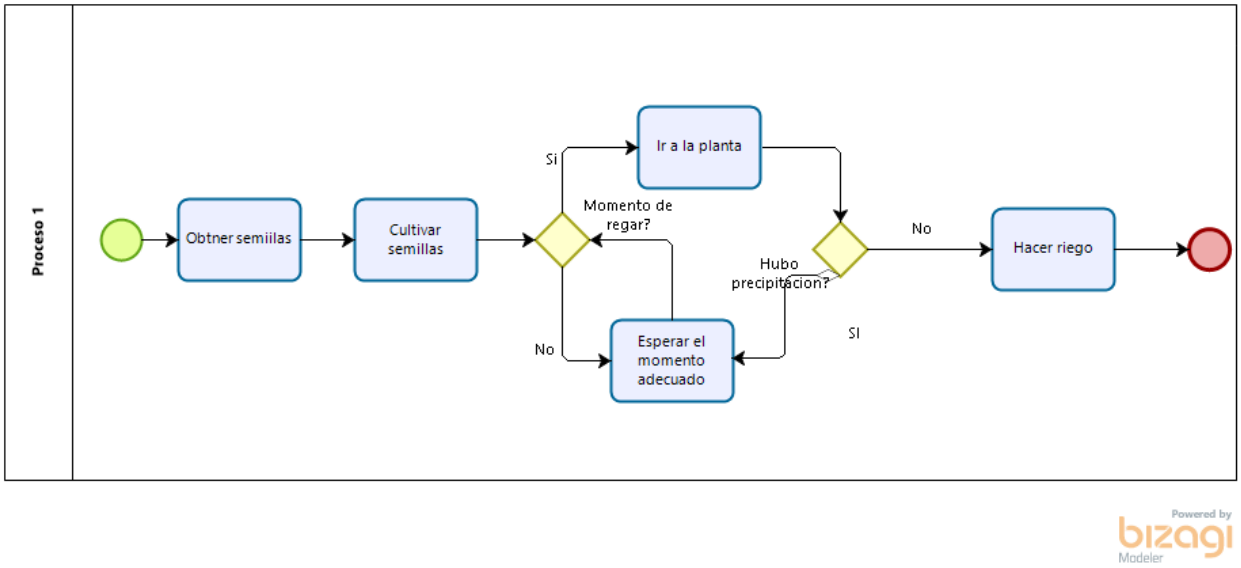

Figura 7.5: Proceso del programa

7.2.4. Diagrama de flujo de solución

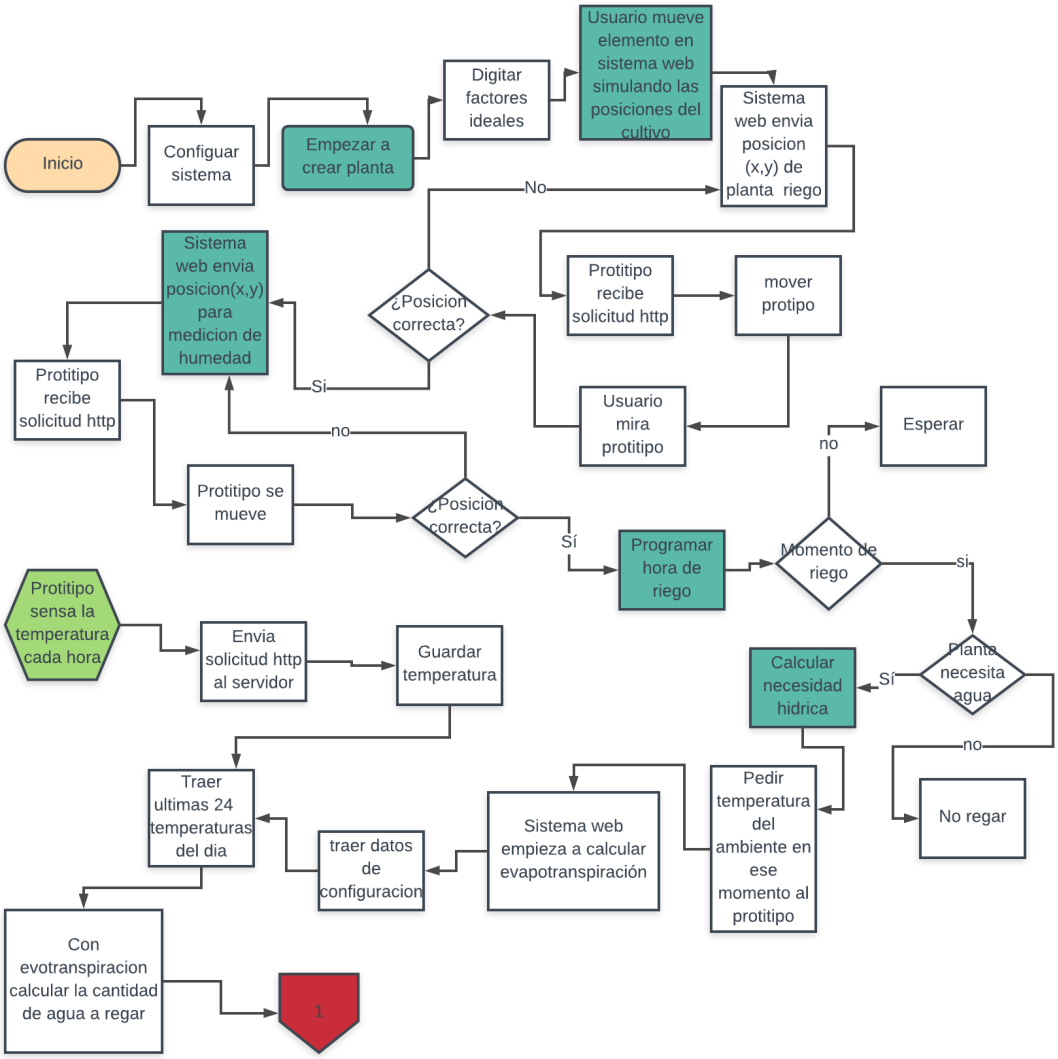

Figura 7.6: Diagrama de flujo proceso del programa

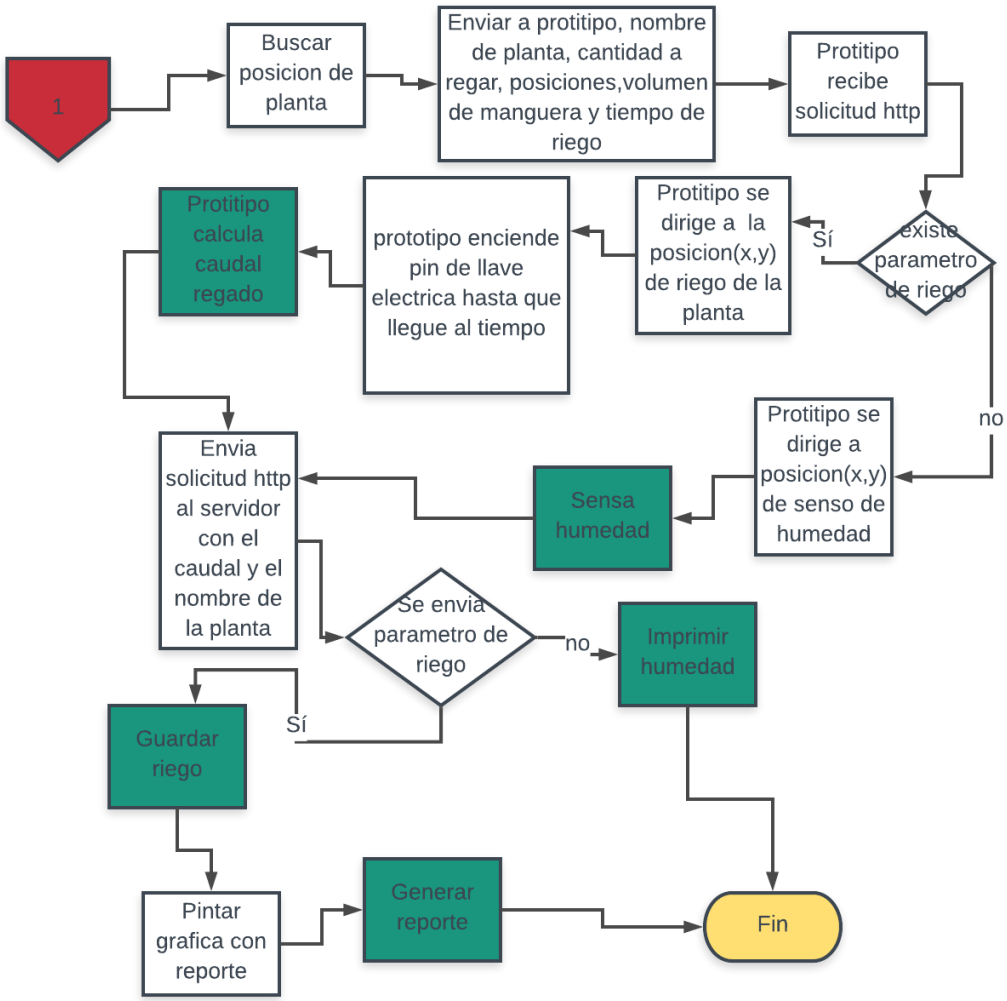

Figura 7.7: Diagrama de flujo proceso del programa

7.2.5. Procesos de negocio

Tabla 7.3: Procesos de negocio

Proceso	Descripción
Registro de cuenta	la persona deberá crear su propia cuenta, esta deberá estar activa si ya el prototipo está instalado.
Acceso al sistema	Al crear la cuenta se crea unas credenciales de acceso al sistema.
Configurar riego	Para poder estimar la cantidad de agua en las plantas, se deberá configurar unas variables.
Gestionar plantas	En esta parte se crean las plantas, se agregan los factores ideales y las posiciones en el cultivo, pero estos datos serán editables o se podrá borrar la planta.
Programar riego de planta	Se debe buscar la planta, y programar el tiempo de riego.
Pedir estado de humedad de planta	El prototipo debe ir a la planta y solo reportar el estado de humedad de la planta
Reportar estado de temperatura ambiente	se permite reportar la temperatura del ambiente
Generar reporte de riesgos	Se genera un reporte los riegos guardados.

- Registro de cuenta

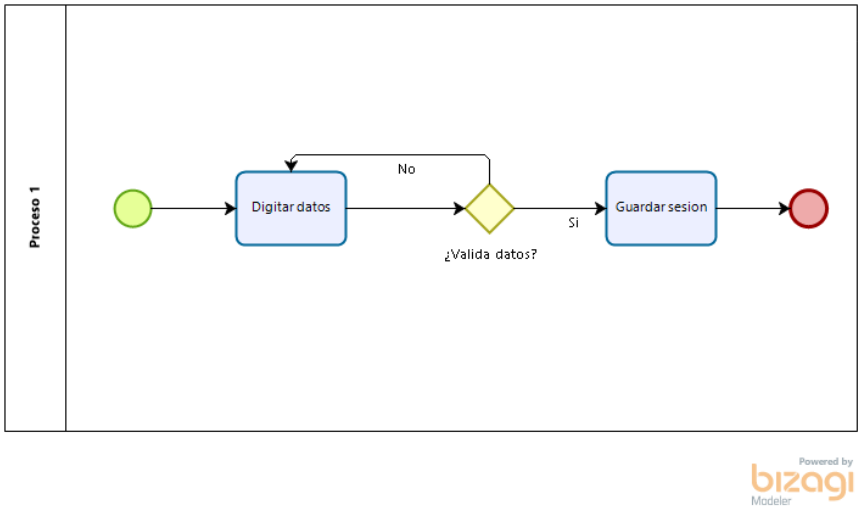

Figura 7.8: Registro del usuario en el sistema

- Acceso al sistema

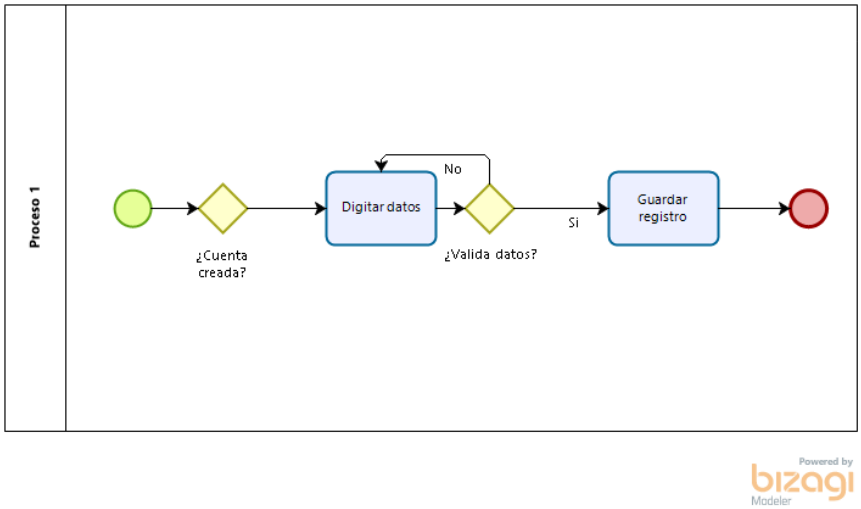

Figura 7.9: Ingreso del usuario en el sistema

- Configurar riego

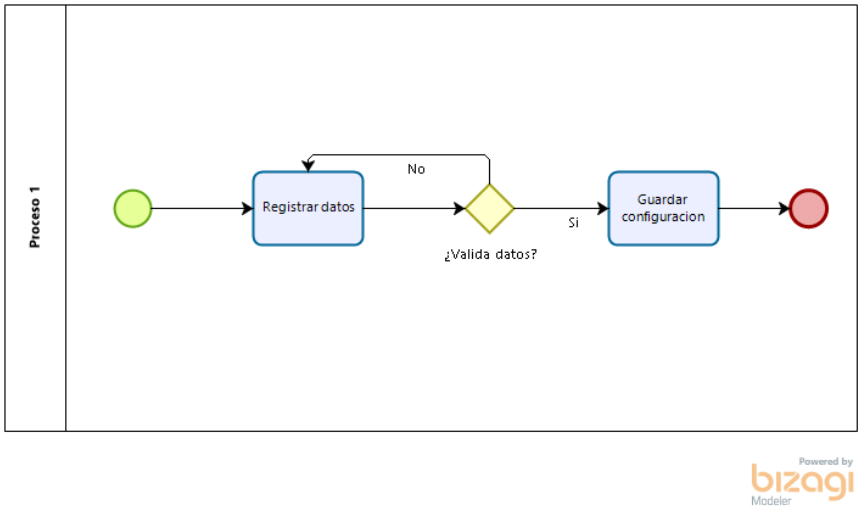

Figura 7.10: Programar riegos

- Gestionar plantas

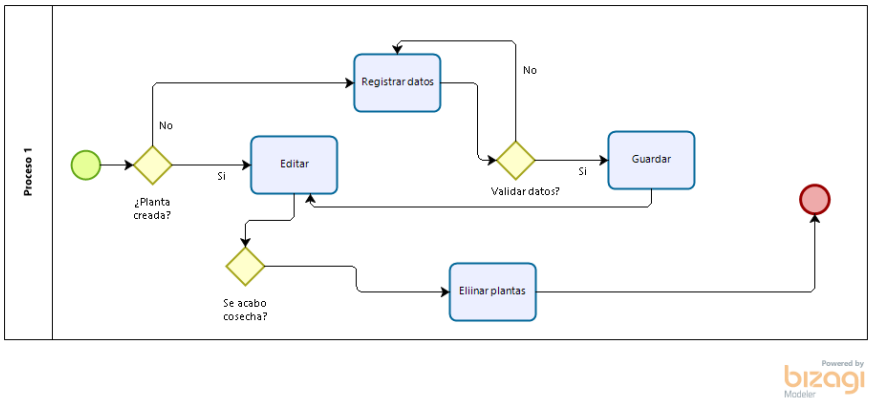

Figura 7.11: Creación de plantas

- Obtener estado de humedad

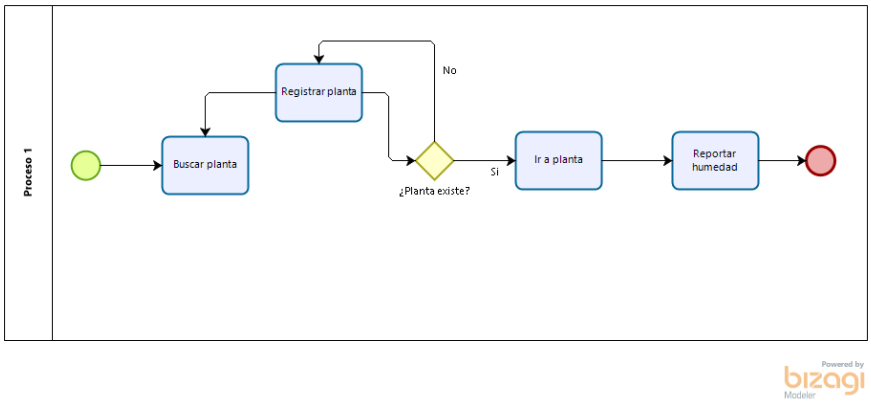

Figura 7.12: Obtener humedad de las plantas

- Obtener estado de temperatura

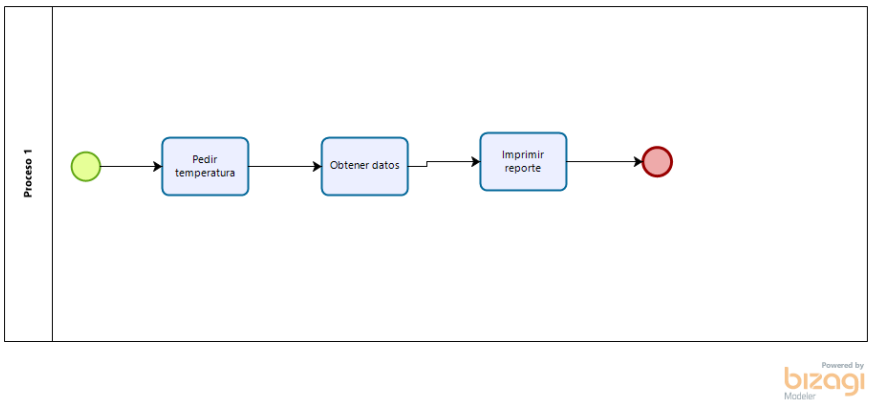

Figura 7.13: Obtener temperatura ambiente

- Reporte de riegos

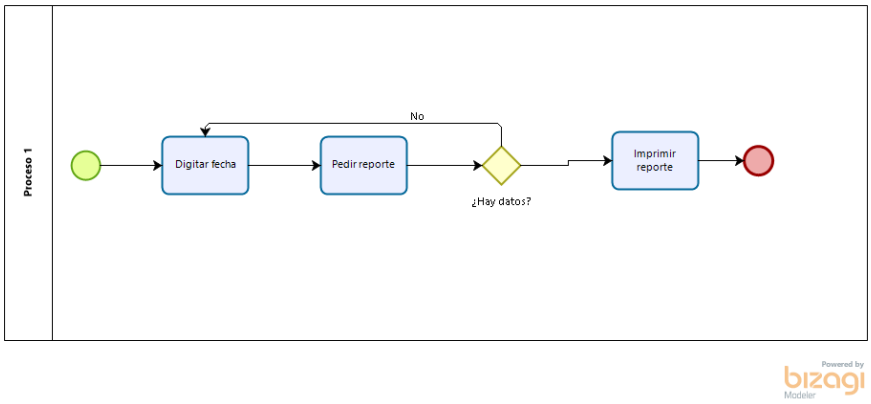

Figura 7.14: Reportar riegos hechos

7.2.6. Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales de un sistema, son aquellos que describen el funcionamiento del software o lo que este mismo realiza.

Tabla 7.4: Requerimientos Funcionales

ID	**RF 01**
Nombre	Registrar Usuario
Descripción	El usuario se registra en el sistema
Actores	Administrador
Observaciones	El usuario de registrarse en el sistema.

ID	**RF 02**
Nombre	Validar usuario
Descripción	Se comprueba que los datos del usuario coincidan con los registrados para el inicio de sesión
Actores	Administrador
Observaciones	Se accede a la interfaz de inicio.

ID	**RF 03**
Nombre	Crear planta
Descripción	Se crea el tipo de planta, la especie y sus factores ideales
Actores	Usuario
Observaciones	Se muestra la planta creada con las características.

ID	**RF 04**

Nombre	Verificar posición
Descripción	El usuario simula por medio del sistema web las posiciones de cada planta en el cultivo.
Actores	Usuario
Observaciones	Se pinta la posición de cada planta en el sistema web.

ID	**RF 05**
Nombre	Guardar Posición
Descripción	Se guardan las posiciones correctas de donde se encuentra cada planta.
Actores	Usuario
Observaciones	Se muestra las plantas en el sistema web, ya cada una en la posición correcta.

ID	**RF 06**
Nombre	Medir factores ideales
Descripción	El prototipo mide los factores como la temperatura y la humedad.
Actores	Prototipo
Observaciones	El sistema guarda la información obtenida

ID	**RF 07**
Nombre	Calcular necesidades hídricas
Descripción	El prototipo calcula las necesidades hídricas de cada planta
Actores	Prototipo, ApiRest
Observaciones	El sistema calcula la cantidad agua que necesita la planta

ID	**RF 08**
Nombre	Programar riego
Descripción	Se programa el riego con la cantidad de agua necesaria a cada planta.
Actores	Usuario
Observaciones	Se riega la planta con la cantidad de agua necesaria

ID	**RF 09**
Nombre	Generar reportes
Descripción	El sistema genera reportes de la humedad, temperatura y el riego.
Actores	ApiRest
Observaciones	Muestra el reporte generado

7.2.7. Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son aquellos que imponen restricciones al diseño. son atributos que el sistema debe tener.

Tabla 7.5: Requerimientos No Funcionales

ID	**RNF 01**
Nombre	El cultivo debe contar con internet
Descripción	Se debe tener acceso a internet para que las mediciones y el riego se pueda hacer a través de la red.
Observaciones	El internet es base fundamental del proyecto.

ID	**RNF 02**
Nombre	El aplicativo web debe tener un diseño responsivo.
Descripción	Debe ser responsivo para que se pueda visualizar de forma adecuada en otros dispositivos.

ID	**RNF 03**
Nombre	El sistema debe generar mensajes informativos que orienten al usuario.
Descripción	Con el fin del que usuario pueda manejar de manera adecuada el sistema.

ID	**RNF 04**
Nombre	El tiempo de respuesta debe ser inmediato
Descripción	El tiempo de respuesta debe ser inmediato para la satisfacción del usuario y hacer eficiente los procesos.

ID	**RF 05**
Nombre	El dispositivo debe ser cuidado y estar en constante revisión
Descripción	El dispositivo de medición y riego siempre se debe encontrar en las mejores condiciones, para que trabaje de igual manera.
Observaciones	Uso adecuado del dispositivo hará que este funcione con efectividad.

7.2.8. Modelado de casos de uso

Muestra los agentes que harán parte del ApiRest y sus funciones en este.

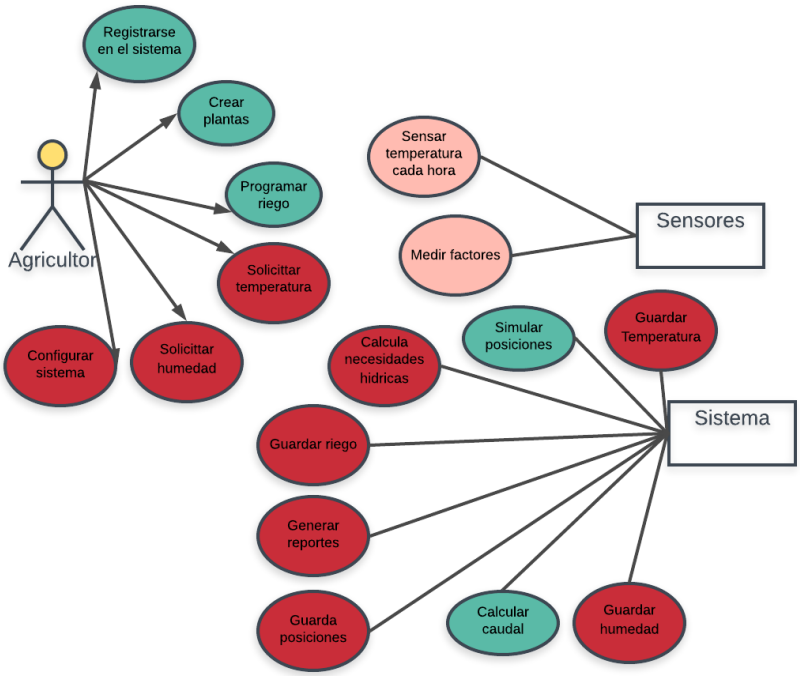

Figura 7.15: Casos de uso

7.3. Fase de análisis

7.3.1. Integración de componentes

Lo primero es analizar el comportamiento y la conexión entre los componentes en el sistema para ello realizamos un diagrama de contexto

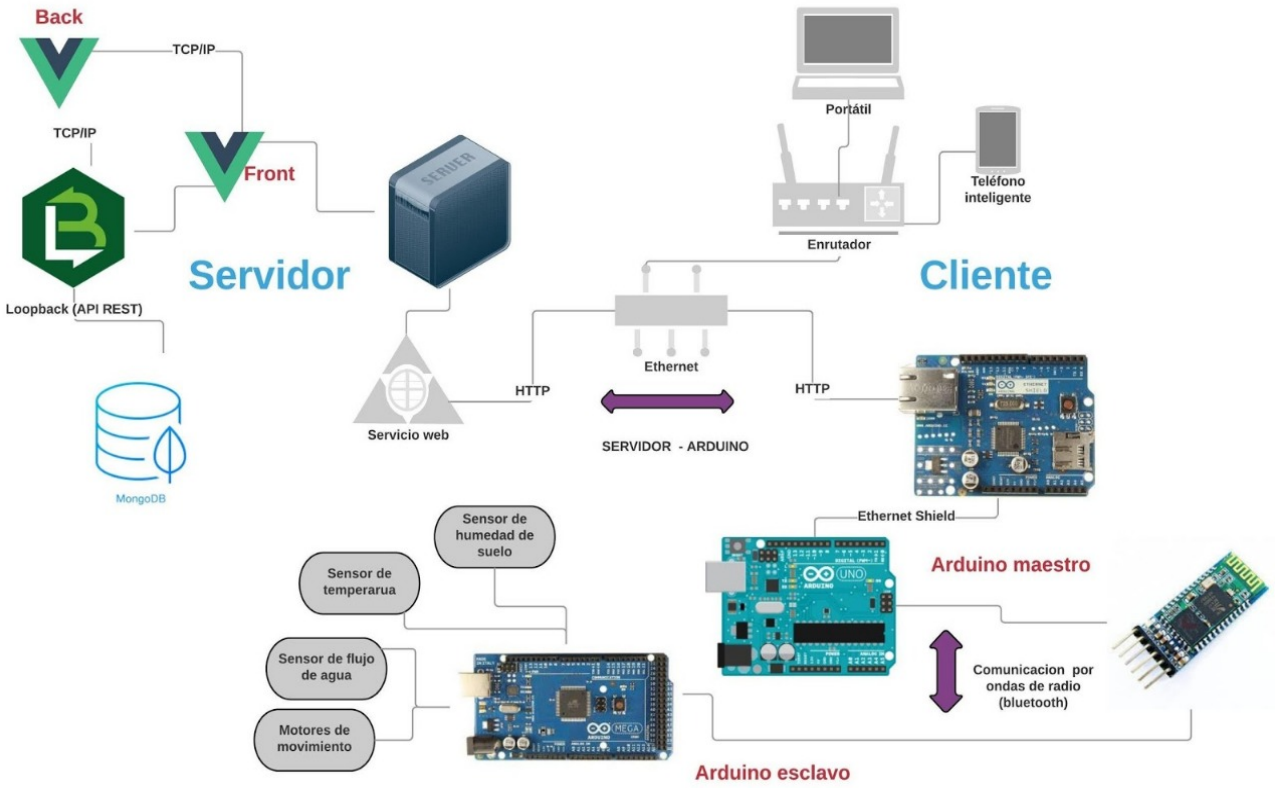

Figura 7.16: Contexto componentes.

7.3.2. Integración de componentes hardware y software

Hace referencia a los protocolos de comunicación de los que se hará uso para el desarrollo de la ApiRest y el prototipo con arduino. El siguiente diagrama es la integración de los principales componentes electrónicos y de sistemas generando una arquitectura cliente servidor entre el cliente del cultivo y el servidor. figura(7.14)

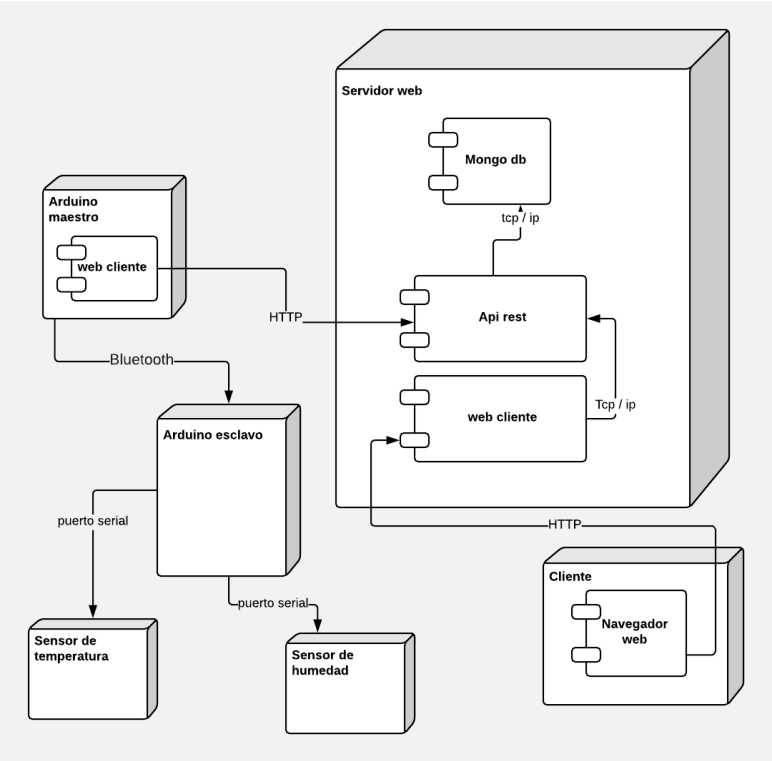

Figura 7.17: Diagrama de despliegue, protocolos de conexión

7.3.3. Diagrama de componentes

Se define como el diagrama que nos mostrara que elementos se utilizaron para el desarrollo de la ApiRest y el prototipo

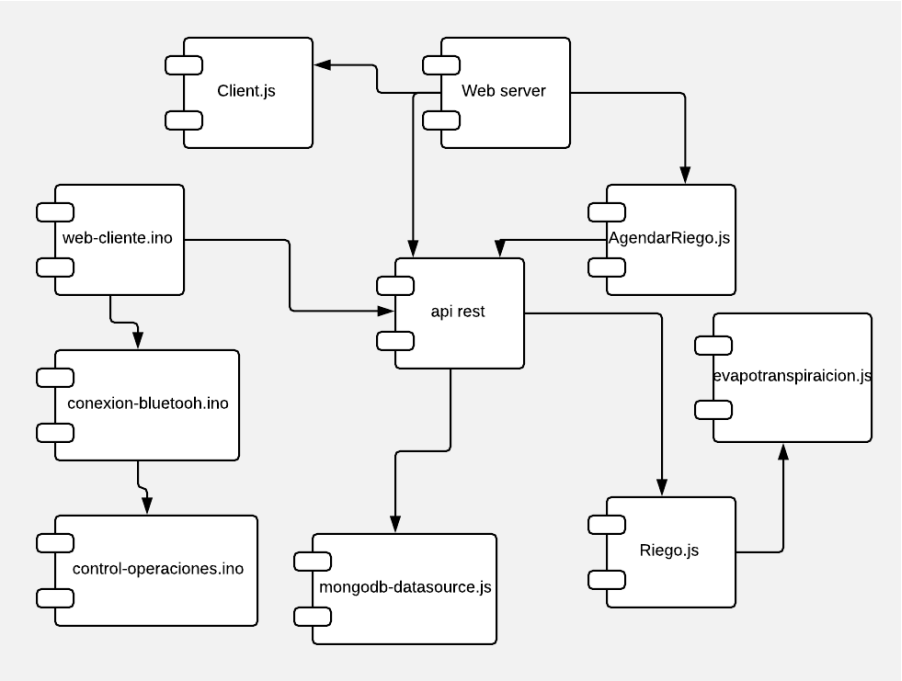

Figura 7.18: Diagrama de componentes

7.4. Fase de diseño

7.4.1. Modelado de clases

Esta parte se divide en dos, pues la programación se realiza en dos componentes el servidor y el prototipo, para la parte del prototipo se realiza de la siguiente manera: Prototipo esclavo (Arduino 1), es el que recibe órdenes y envía un estado si realiza la orden de un Arduino que estará como maestro conectado a internet.figura(7.19)

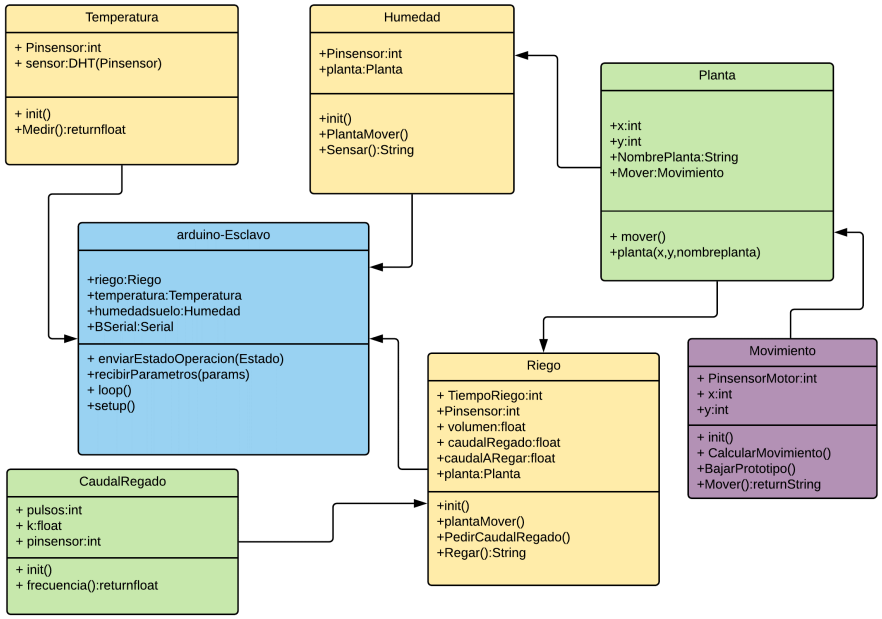

Figura 7.19: Modelado de clases, Arduino maestro

Prototipo maestro (Arduino 2), se encarga de recibir las peticiones del servidor y de reenviar estas órdenes al prototipo que está en el cultivo, después de ello envía los datos al servidor para que este los gestione.figura(7.20)

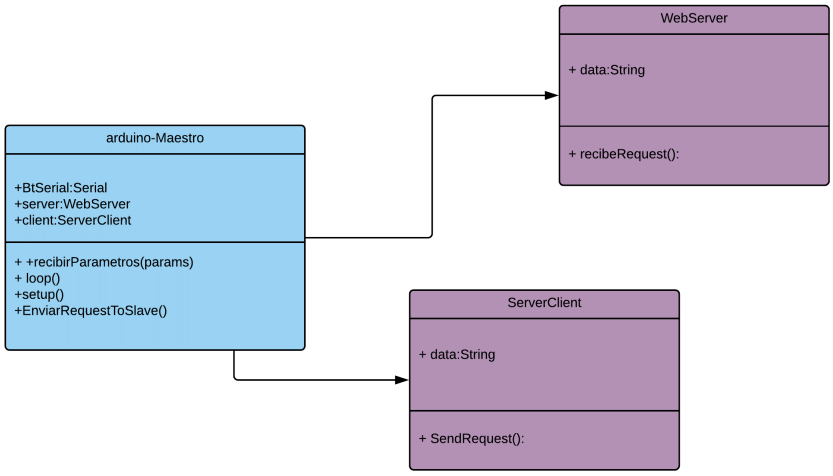

Figura 7.20: Modelado de clases, Arduino esclavo

Otro componente de sistema, es el servidor web.

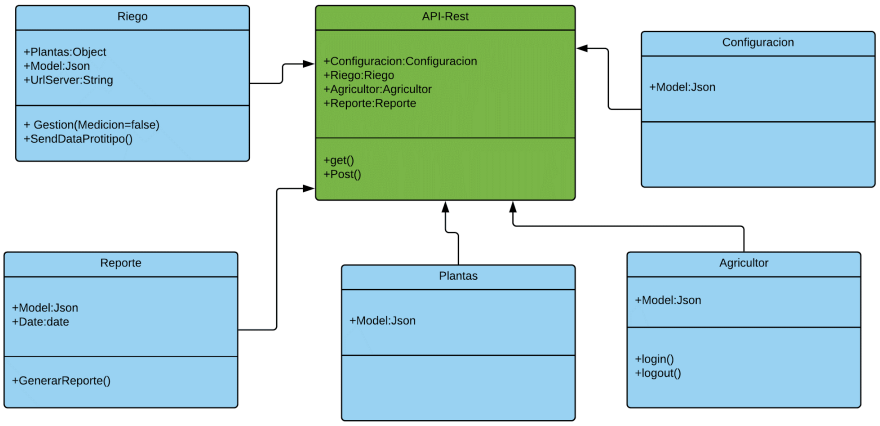

Figura 7.21: Servidor web

7.4.2. Modelado de documentos

Se muestra un breve ejemplo del código con el cual se crean los documentos de MongoDB a partir de colecciones. La base de datos sera conformada en base a estas colecciones y así sera estructura en un formato JSON.

Tabla 7.6: Formato JSON de la base de datos

JSON	Coleccion MongoDB	Insert MongoDB	Descripcion
Çultivo”:{ ”Nombre”: .Abc” },	db. createCollection (“Cultivo”)	db.cultivo.insert (”Nombre”:.Abc”)	Será la colección que almacene los datos del cultivo
.Agricultor”: { ïd_agricultor”: , ”Nmbre_agricultor”: ” ”, Çorreo” : ”1”, ”Teléfono” : ”1231”, Çodigo de activacion”: ”1028” },	db.createCollection (“Agricultor”)	db.Agricultor.insert (ïd_agricultor” : , ”Nombre_agricultor”: ” , Çorreo ”: ”1 ”, ”Teléfono ”:”1231 ”, Çodigo de activacion ”:”1028 ”)	Es la colección que guarda todos los datos relacionados con el agricultor

”Prototipo”:{
 	
Çódigo Prot”: ,
 	
.Estado Prot”: ”sí / no”
}
	db.createCollection. (”Prototipo”)	db.Prototipo.insert (
		
		Çódigo Prot”: ,
		
		.Estado Prot”: ”sí / no”
		
		)
			Es la colección que almacena la inform ación del prototipo

Riego": { Ïd_riego" : "1", Id_agricultor" : , "Nom_planta _riego" : , Çantidad_agua _aplicada": "8mm", Çantidad_agua _necesaria": "8mm", "Humedad_medida" : "30", "Temperatura _medida": "35", .Evapotranspiracion _medida": , "Fecha": },	db.createCollection ("Riego")	db.Riego.insert (Ïd_riego" : "1", Ïd_agricultor" : , "Nom_planta _riego" : , Çantidad_agua _aplicada": "8mm", Çantidad_agua _necesaria": "8mm", "Humedad_medida" : "30 ", "Temperatura _medida ": "35 ", .Evapotranspiracion _medida ": , "Fecha ":)	Es la colección que se almacena toda la información de cada uno plantas.

7.4.3. Wireframes o esquema web del ApiRest.

En esta sección se trata de representar los objetos más relevantes y las vistas del sistema web que pretendemos realizar, están organizadas de manera secuencial

- Inicio Es la página principal del sitio, donde el usuario podrá registrarse e ingresar al sistema, tendrá una imagen principal y un menú que se podrá expandir, para ver las políticas o registrarse:

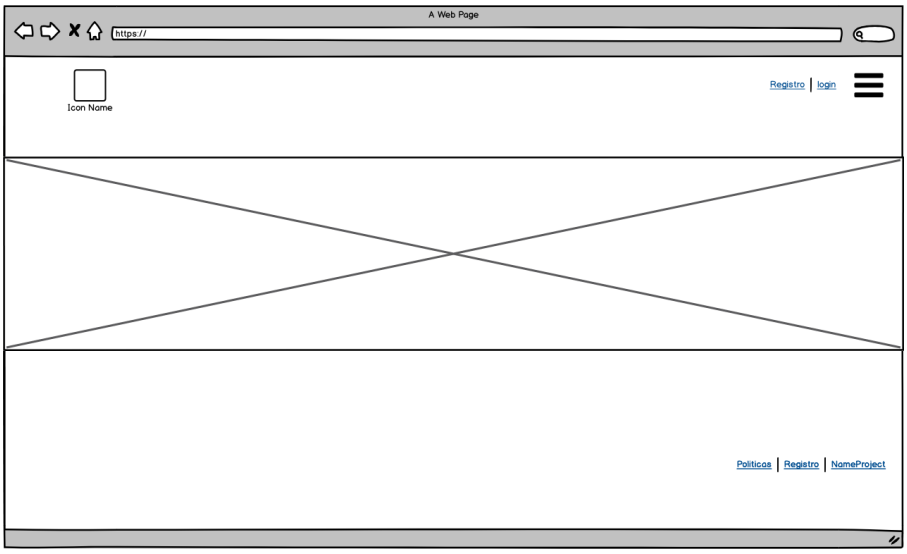

Figura 7.22: Pagina de inicio

- Registro de cuenta Vista donde las personas se podrán registrar, pero solo se activará el administrador si tienen el prototipo

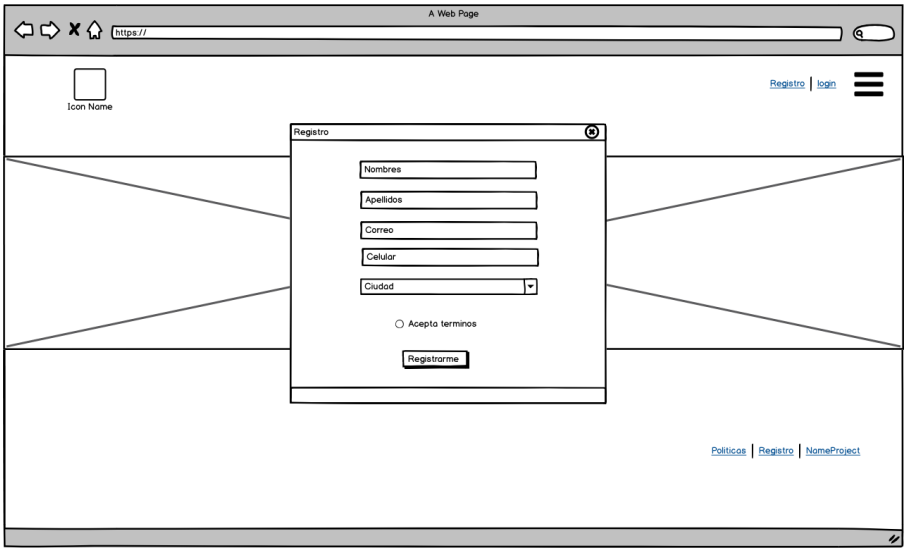

Figura 7.23: Wireframe de registro de usuario

- Login vista para el ingreso de los usuarios

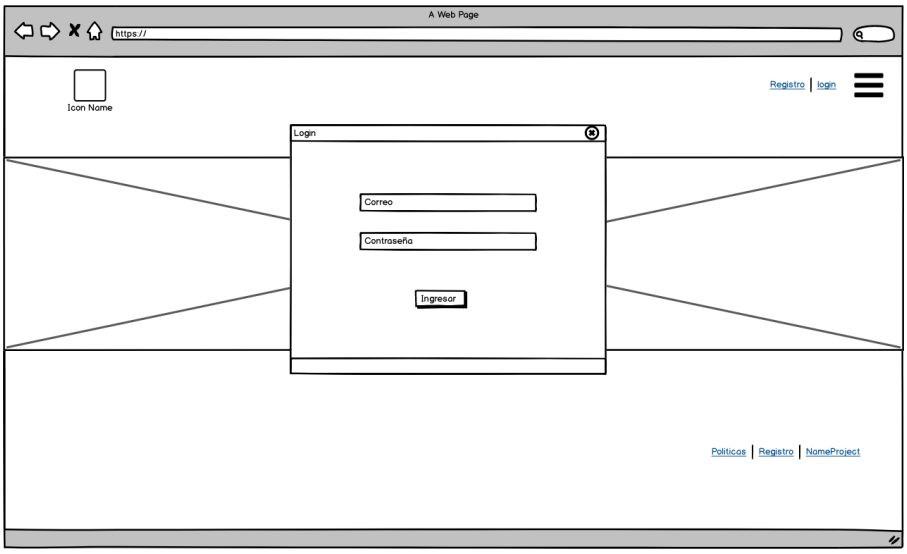

Figura 7.24: Wireframe login

- Administrador Vista de reporte de los riegos a las plantas se realiza el reporte de las plantas que se han regado en el día, con su cantidad de agua y el reporte de gasto de agua mensual por plantas

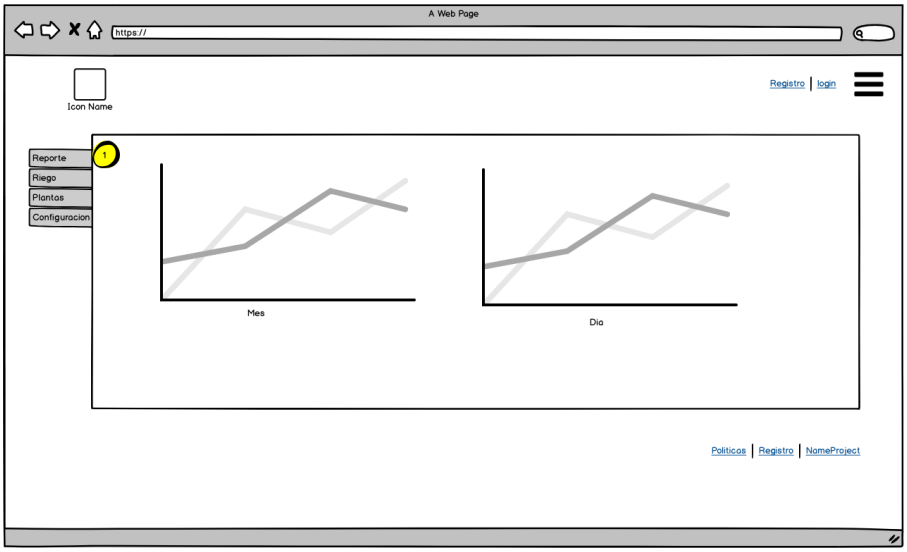

Figura 7.25: Wireframe Administra

- Control Riego En esta vista aparecen todas las plantas del sistema, se puede seleccionar todas las plantas o buscar las plantas deseadas para elegir una opción, que es regar o medir, en la parte de abajo se visualizará el riego del día o la medición de humedad de la planta.

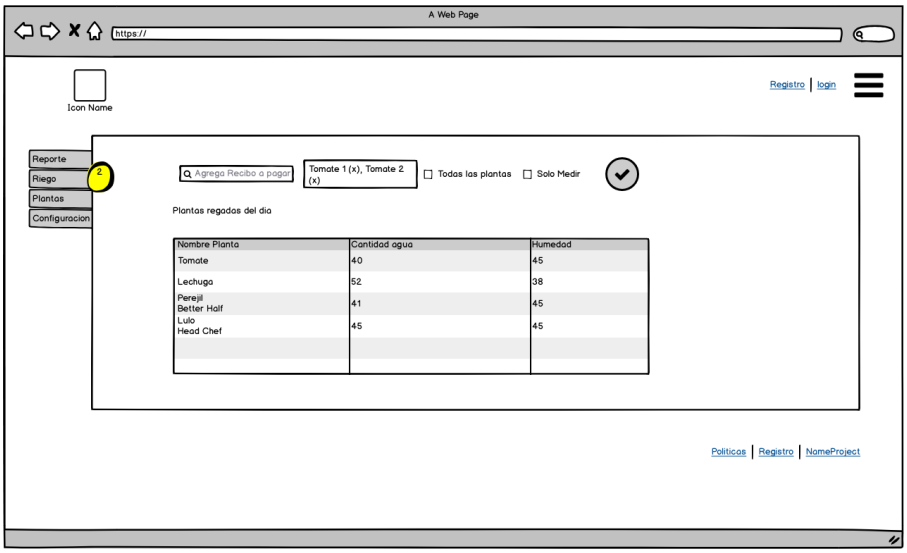

Figura 7.26: Wireframe control de riego

- Plantas en el sistema Se muestra todas las plantas en una tabla, los datos que se muestran se pueden editar en esta o si se va a cambiar de posición existe un link que se abre y aparece la misma vista de creación de planta que servirá para la edición (los valores salen en los campos)

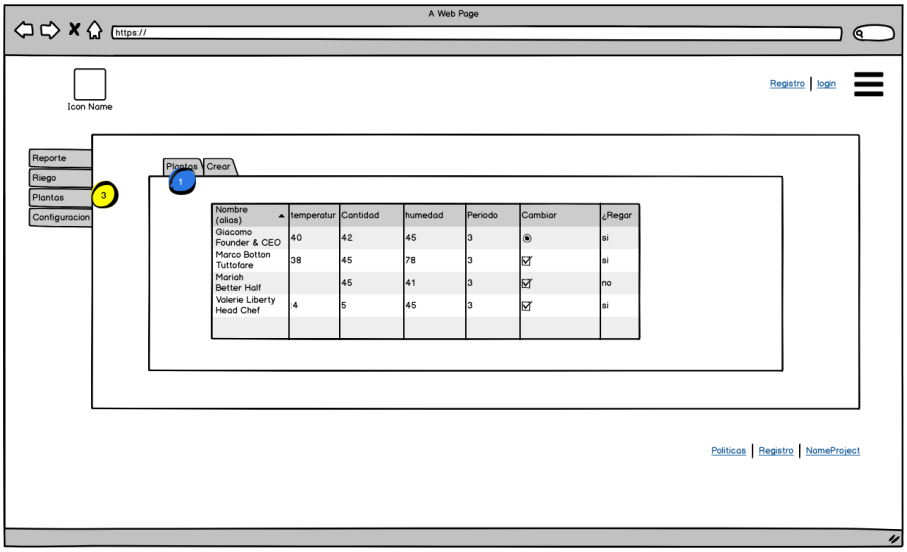

Figura 7.27: Wireframe plantas que se encuentran en el sistema

- Configuración Vista que después de escoger la cantidad de plantas, la pagina entra a un bucle para crear planta por planta, pero se puede ir editando los elementos por cada planta.

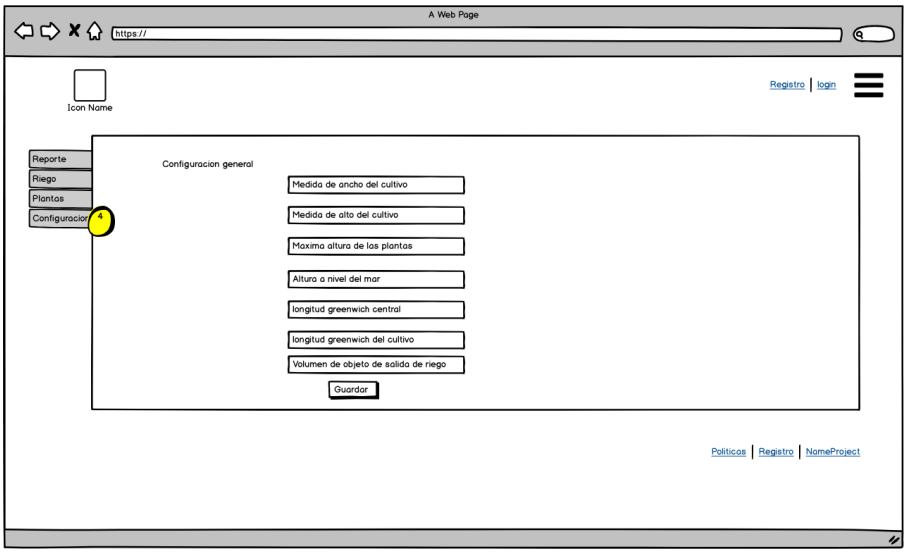

Figura 7.28: Wireframe Configuracion del sistema

- Simulación del cultivo

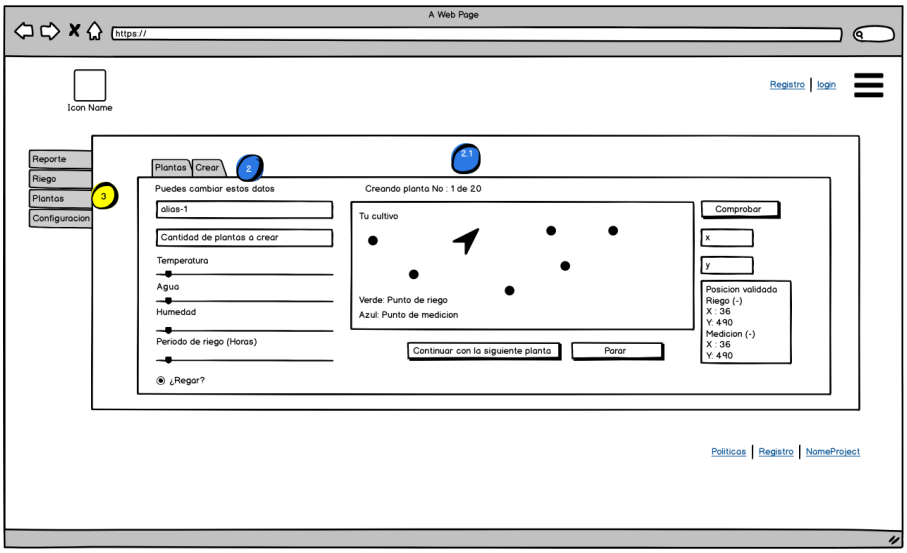

Figura 7.29: Wireframe plantas simuladas en el sistema

7.5. Fase de ejecución

- Inicio de aplicativo vista para el ingreso de los usuarios

Figura 7.30: home

- Registro

  En esta sección los usuarios pueden registrarse en el sistema.

- Login o ingreso de los agricultores vista para el ingreso de los usuarios

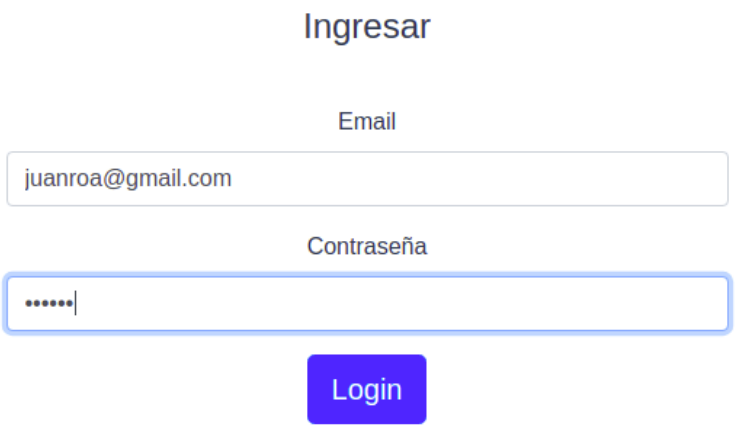

Figura 7.32: Ingreso usuarios

- Agricultor - reporte Es el reporte por mes y por día de los riegos de las plantas.

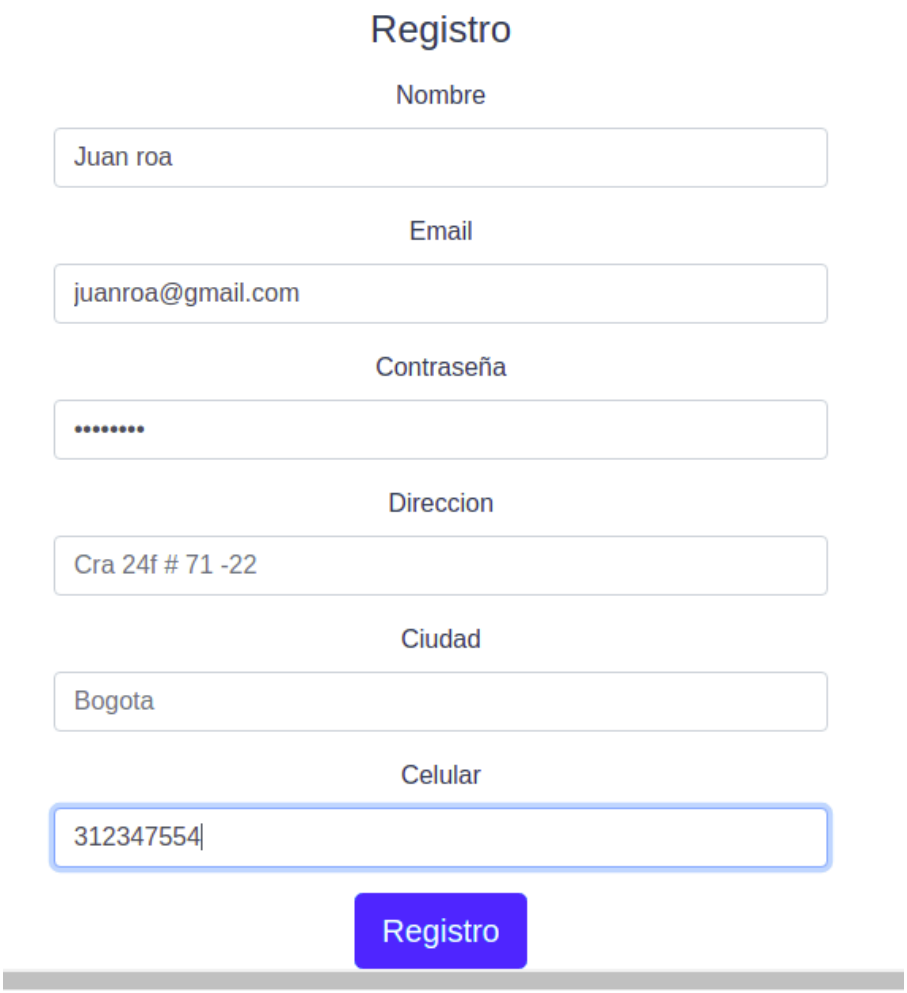

Figura 7.31: Registro agricultores

Figura 7.33: Reporte de riego

- Configuración del sistema

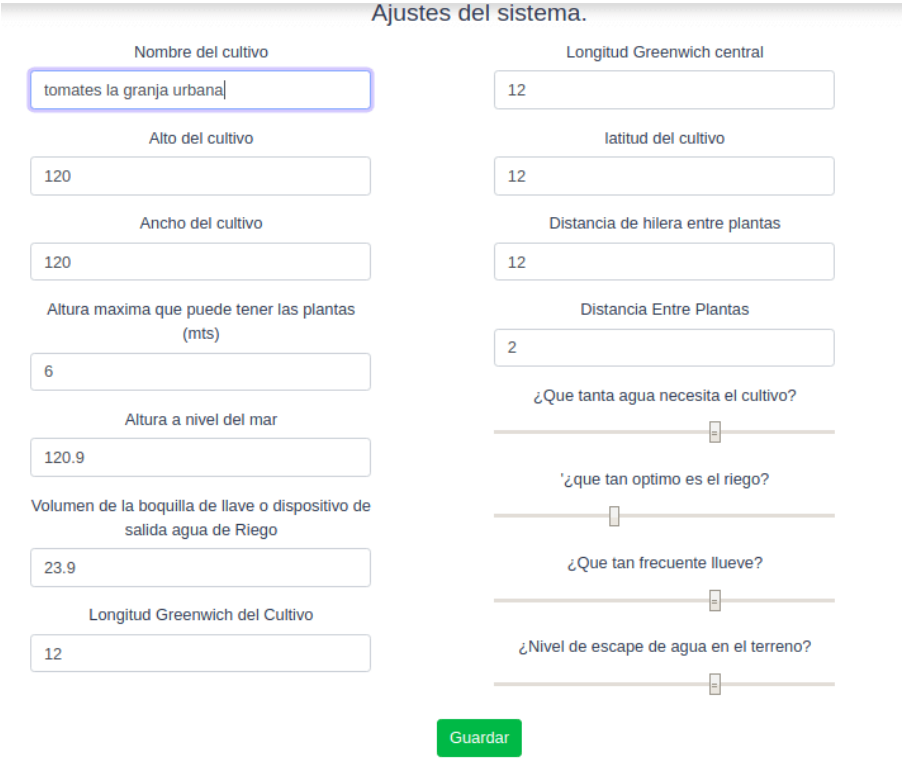

Figura 7.34: configuración del sistema

- Planta - listado

Figura 7.35: plantas

- Planta - Formulario La primera parte, son los datos generales (factores ideales de las plantas)

Figura 7.36: Formulario plantas parte 1.

- Planta - Formulario Esta segunda parte, son las posiciones de riego y humedad.

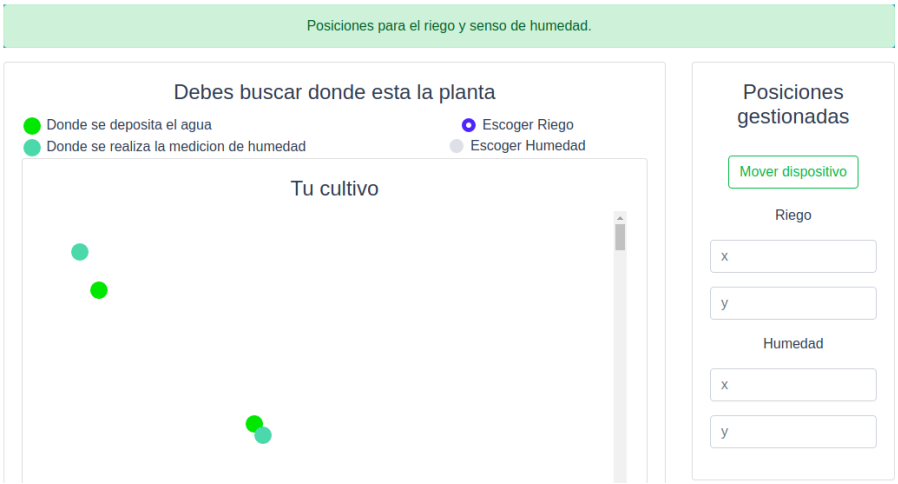

Figura 7.37: Formulario plantas parte 2.

- Agendar Riego de la planta

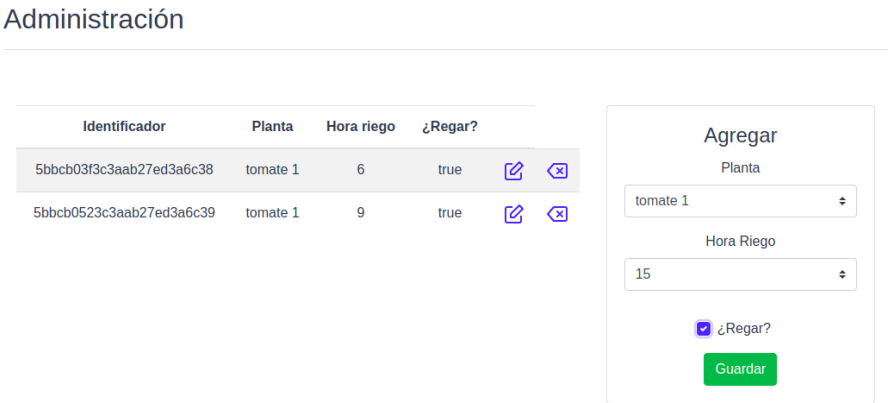

Figura 7.38: Agendar Riego

Capítulo 8

Conclusiones

8.1. Conclusiones Sociales

- El agua es un factor muy importante para la vida, La mayoría d los procesos hacen uso de ella, por ende es pertinente interactuar tecnológicamente para contribuir en el ahorro del agua.
- En Colombia se debería haber mas ayuda agraria, pues no hay mucho desarrollo industrial o los artefactos son importados de otros países y los agricultores no pueden adquirirlos.

8.2. Conclusiones conceptuales

- Los factores ideales de una planta (humedad, temperatura) no determinan la cantidad de agua a regar, además de estos interviene el suelo que es el que retiene el agua y depende de este para poder calcular la estimación de agua.
- Dependiendo de la planta se genera un factor de necesidad de agua y el tiempo de riego en cada una es diferente.
- La evapotranspiración en las plantas es muy importante pues es el principal componente que se debe calcular para obtener la necesidad hídrica.

8.3. Conclusiones Tecnológicas

- La agricultura de precisión brinda la oportunidad de optimizar los procesos en la agricultura sin dejar de un lado los conceptos experimentales de los agricultores.
- La implementación de un api rest brinda la escalabilidad grafica del proyecto pues se puede generar varios clientes o sistas multiplataforma que consuman los servicios del api.

Bibliografía

[1] Conoce hidroponía [en línea], 3 marzo 2016 [revisado 6 junio 2018]. Disponible en internet:http://hidroponia.mx/que-es-la-agricultura-de-precision/

[2] Agricultura de precisión (AP) [en línea], 28 mayo 2018[revisado 15 julio 2018]. Disponible en internet:http://www.cenicana.org/web/programas-de-investigacion/agronomia/geomatica/

[3] García, Emiliano y Flego, Fernando. Agricultura de precisión [en línea], [revisado 18 junio 2016]. Disponible en internet:https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf

[4] Cosmoagro. Principales aspectos de la Agricultura de Precisión [en línea], 2018 [revisado 3 junio 2018]. Disponible en internet:https://www.cosmoagro.com/principales-aspectos-de-la-agricultura/

[5] Álvaro. Que es un huerto hidropónico [en línea], 14 febrero 2017 [3 junio 2018]. Disponible en internet:https://twenergy.com/a/que-es-un-huerto-hidroponico-2503

[6] Que es y definición. Cultivo hidropónico [en línea], 2017 [revisado 5 junio 2018]. Disponible en internet:https://definicionyque.es/cultivo-hidroponico/

[7] Joann Peery. ¿Cómo influye la humedad en la calidad de los cultivos? [en línea], 12 septiembre 2017 [revisado 10 junio 2018]. Disponible:https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/como-influye-la-humedad-en-la-calidad-de-los-cultivos/

[8] Canna. Influencia de la temperatura ambiental en las plantas [en línea], 2017 [revisado 10 junio 2018]. Disponible en internet:http://www.canna.es/influencia_temperatura_ambiental_en_las_plantas

[9] Fao. Factores ambientales [en línea], [revisado 10 junio 2018]. Disponible en internet: http://www.fao.org/docrep/006/x8234s/x8234s08.html

[10] Arduino. Primeros pasos con Arduino Ethernet Shield y Ethernet Shield 2 [en línea] 25 enero 2017 [revisado 15 junio 2018]. Disponible en internet:https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoEthernetShield

[11] Arduino. Arduino mega 2560 rev 3 [en línea] 2018 [revisado 15 junio 2018]. Disponible en internet:https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3

[12] Arduino. Que es Arduino [en línea] 2018 [revisado 15 junio 2018]. Disponible en internet:https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction

[13] Web-robótica. Como funciona el módulo Arduino Ethernet Shield [en línea] 2018 [revisado 15 junio 2018]. Disponible en internet:https://www.web-robotica.com/arduino/como-funciona-el-modulo

[14] María. Sensores [en línea] 2018 [revisado 18 junio 2018]. Disponible en internet:http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf

[15] Opiron. Que es un protocolo de comunicación [en línea] 2018 [revisado 20 junio 2018]. Disponible en internet:https://www.opiron.com/2017/08/27/que-es-un-protocolo-de-comunicacion/

[16] IBM. Protocolos TCP/IP [en línea] 2018 [revisado 20 junio 2018]. Disponible en internet:https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/ssw_aix_72/com.ibm.aix.networkcomm

[17] Capitulo 5: Protocolo HTTP [en línea] 2018 [revisado 20 junio 2018]. Disponible en internet:http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11214/fichero/TOMO+I.pdf

[18] Javier. Metodos GET vs POST del HTTP [en línea] 2018 [revisado 20 junio 2018]. Disponible en internet:http://www.javier8a.com/itc/bd2/post20y20get.pdf

[19] Marina Palomares, David Covarrubias, John Dayyat. Protocolo HTTP y Protocolo HTTPs [en línea] 2018 [revisado 20 junio 2018]. Disponible en internet:https://sites.google.com/site/sriasir20152016/servidor-web/protocolo-http-y-https

[20] Arduino. Arduino uno R3 [en línea] 2018 [revisado 18 junio 2018]. Disponible en internet: http://arduino.cl/arduino-uno/ [21] Liliana Teresa Salazar. Implementación de un servidor en Linux [en línea], 2018 [revisado 25 junio 2018]. Disponible en internet:http://www.fce.unal.edu.co/media/files/UIFCE/Otros/Implementacionde_un_Servidor_Linux.pdf

[22] Rafael Palacios, Cristina Puente. Desarrollo de aplicaciones web [en línea], 2018 [revisado 25 junio 2018]. Disponible en internet: https://www.iit.comillas.edu/palacios/cursoAppWeb/cap01.pdf

[23] Agencia Estatal de Metereologia. Metodología para estimar la humedad del suelo mediante un balance hídrico exponencial diario [en línea], 2018 [revisado 10 julio 2018]. Disponible en internet:https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/balance_hidrico

[24] Manuel Muncharaz. Las necesidades de agua en jardinería. [en línea], 2018 [revisado 10 julio 2018]. Disponible en internet:http://www.horticom.com/pd/imagenes/65/686/65686.pdf

[25] factores que influyen en la determinación del coeficiente del cultivo. [en línea], 2018 [revisado 15 julio 2018]. Disponible en internet:http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3022/10/tesis.pdf

[26] José Alejandro, Javier Toro, Liven Fernando. Los balances hídricos agrícolas en modelos de simulación agroclimáticos. Una revisión analítica [en línea], 2018 [revisado 18 julio 2018]. Disponible en internet:http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v10n1/v10n1a14.pdf

[27] Tierra Latinoamericana. Tijerina Chávez, Leonardo [en línea], 2018 [revisado 18 julio 2018]. Disponible en internet:http://www.redalyc.org/pdf/573/57317308.pdf

[28] Ramon Mauricio Sánchez. Estimación de los requerimientos hídricos de los principales cultivos en el valle bonaerense del rio colorado [en línea], 2018 [revisado 18 julio 2018]. Disponible en internet:https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-ascasubi-requerimientos_hdricos_en_el_vbrc.pdf

[29] Estimación de la demanda de agua [en línea], 2018 [revisado 25 julio 2018]. Disponible en internet:http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf

[30] "Martin de santa Olalla, López Fuster, Calera Belmonte." Agua y agronomía. Editoriales mundi empresa. Madrid-Barcelona-México. 603 pág.

8.4. Presupuesto

8.4.1. Presupuesto de desarrollo

El presupuesto utilizado para la ejecución del proyecto se explica en la siguiente tabla, pero antes se explica el gasto de algunos recursos, con un periodo de 3 meses.

- Desarrolladores, se trabajará por tres meses y en los días laborables (5 por semana) se trabaja 5 horas diarias, cada hora por programador tiene el costo de $40.000.
- Director, es el scrummaster y es externo al proyecto se cuenta con 5 horas por mes, la hora tiene un costo de $80.000

Tabla 8.1: Costo de Recursos

Recurso	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Total
Desarrolladores	$ 8'000.000	$ 8'000.000	$ 8'000.000	$24.000.000
Directores	$ 400.000	$ 400.000	$ 400.000	$1.200.000
Préstamo de computadores	$ 250.000	$ 250.000	$ 250.000	$750.000
Transporte y viáticos	$ 300.000	$ 300.000	$ 300.000	$900.000
Papeleria	$45.000	$ 45.000	$ 45.000	$110.000
Arriendo de instalaciones	$ 450.000	$ 450.000	$ 450.000	$1'350.000
Varios e imprevistos	$ 500.000	$ 500.000	$ 500.000	$2'700.000

- Subtotal de presupuesto $31.010.000

El presupuesto final es de $31.345.000 para los tres meses, con un presupuesto mensual que no pasa más de $10'200.000 contando con un porcentaje más o menos de 9 % para el gasto de imprevistos en la ejecución del proyecto.