

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL MONITOREO Y ASISTENCIA DE AGRICULTURA URBANA BASADO EN EL CONCEPTO DE “FOOD COMPUTER”

**Carolina Gómez Ruiz
Santiago Andrés Barragán Páez**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Director:
Ing. Armando Mateus, MSc.
Codirectora:
Ing. Sindy Amaya, MSc.**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE AQUINO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C.
2019**



AGRADECIMIENTOS

A Dios, la Virgen y a nuestras familias por su ejemplo, apoyo y ayuda incondicional en esta etapa tan importante de nuestras vidas; adicionalmente a nuestros profesores que nos cultivaron grandes conocimientos para asumir la nueva etapa que afrontamos.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. PROBLEMA	8
3. ANTECEDENTES	9
3.1. Agricultura urbana	9
3.1.1. Motivaciones de la agricultura urbana.	9
3.1.2. Iniciativas	10
3.1.3. Experiencias significativas	10
3.2. Food computer	11
3.2.1. Herramientas	11
3.3. Aspecto legal	12
3.4. Smart garden y otras iniciativas.	13
4. JUSTIFICACIÓN	15
5. OBJETIVOS	17
5.1. Objetivo general	17
5.2. Objetivos específicos	17
6. MARCO TEÓRICO	18
6.1. Base de datos	18
6.1.1. Gestor de base de datos	18
6.1.2. Diagrama entidad relación	18
6.1.3. Motores de base de datos.	18
6.1.4. PHPMyAdmin.	19
6.2. Servidor web	19
6.2.1. Django	19
6.2.2. HTTP junto a Django	19
6.3. Open AG	19
6.3.1. Agricultura urbana	20
6.4. Adquisición de datos	20
6.4.1. Muestreo de señales	20
6.4.2. Frecuencia de muestreo de señales	20
6.4.3. Resolución	21
6.4.4. SBC Ordenador Raspberry Pi 3	21

6.4.5. Placa de desarrollo Arduino Mega	21
6.4.6. Sensores y transductores	21
6.4.7. Actuadores	21
6.5. Capacitaciones	22
6.6. Metodología de desarrollo de software	22
6.6.1. Modelo de Cascada	22
6.6.2. Modelo de desarrollo evolutivo (espiral)	23
7. DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN	24
7.1. Diseño metodológico	24
7.1.1. Cultivo	24
7.1.1.1. Tipos de cultivo	24
7.1.1.2. Técnicas de cultivo.	25
7.1.2. Sensores y Actuadores	27
7.2. Desarrollo	27
7.3. Implementación	28
7.3.1. Estructura física	29
7.3.1.1. Actuadores	35
7.3.2. Base de datos	35
7.3.2.1. Usuario	36
7.3.2.2. Mediciones	36
7.3.2.3. Roles	37
7.3.2.4. Planta	37
7.3.2.5. Usuario_Planta	37
7.3.2.6. Logs	37
7.3.2.7. Config_planta	37
7.3.3. Servidor web	37
7.3.3.1. Servidor web de login	38
7.3.3.2. Servidor web de registro	39
7.3.3.3. Servidor web de perfil	40
7.3.3.4. Servidor web principal para los usuarios	42
7.3.4. Despliegue del servidor web	45
8. RESULTADOS	47
8.1. Cultivo Objeto	47
8.2. Estructura	50
8.3. Servidor web	51

8.3.1. Servidor web inicio	51
8.3.2. Servidor web de registro	52
8.3.3. Servidor web de actualización de datos de perfil	52
8.3.4. Servidor web de inicio principal	54
8.4. Acercamiento comunidades	56
9. CONCLUSIONES	61
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
11. REFERENCIAS IMÁGENES	67

GLOSARIO

Food and Agriculture Organization (FAO): La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, mundialmente conocida como FAO, es un organismo especializado de la ONU que dirige las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre.

Fertilizantes químicos: Un fertilizante es un tipo de sustancia o denominados nutrientes, en formas químicas saludables y asimilables por las raíces de las plantas, para mantener y/o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo.

Food computer: También conocida con las siglas PFC (Personal Food Computer) es un ecosistema controlado de forma robótica que permite reproducir diferentes climas, variando aspectos como la humedad, la temperatura o los componentes de la tierra y el aire.

Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT): Universidad privada de Estados Unidos, de principal énfasis en ciencias e ingeniería, además de ser reconocida por su amplio campo en investigación.

Programa Mundial de Alimentos (PMA): Es un programa de la Organización de las Naciones Unidas cuyo objetivo es mejorar la seguridad alimentaria de las personas vulnerables.

Single Board PC (SBC): Es una computadora compactada en una tarjeta de desarrollo la cual cuenta con un microprocesador, puertos de entrada y salida y una memoria.

Sensores: Es todo dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, capaz de cuantificar y manipular.

Smart Garden: Se refiere a menudo a pequeñas unidades interiores que, por diversos medios, determinan cuándo alertar al usuario de agregar nutrientes al cultivo. Estos jardines inteligentes también pueden administrar su propia iluminación.

STEM: Acrónimo de las palabras inglesas “science, technology, engineering and mathematics”.

Teratógenos: Agente que produce malformaciones en el embrión o feto.

RESUMEN

En este documento se describe de manera detallada la construcción de un sistema para monitoreo y asistencia de cultivos de agricultura urbana, partiendo de la consulta de las necesidades de un cultivo, las características y los sensores que pueden facilitar su crecimiento; se realiza una comparación permitiendo obtener un cultivo objetivo.

Posteriormente se desarrolla una construcción basada en el concepto de “Food Computer” de una estructura mecánica, que contenga el cultivo, los sensores para adquisición de datos sobre variables de interés y que permiten al usuario visualizar las variables del mismo, y los suministros que necesita para su crecimiento tales como el agua que requiere el cultivo.

La implementación de los sensores se realiza mediante el desarrollo de una interfaz electrónica para la comunicación directa de datos hacia la SBC (Single Board PC) *Raspberry PI*; el cableado del mismo es implementado siguiendo estándares y recomendaciones técnicas como el uso del sistema de codificación de color de cableado eléctrico y las conexiones basadas en el *gpio* (general purpose input / output) disponible en la *Raspberry PI 3B*.

Finalmente, se aprovechan las ventajas de la computación en la nube (cloud computing) mediante el desarrollo de una interfaz web donde se almacenarán los datos captados por los sensores, estos se visualizarán en el servidor web permitiendo al usuario mostrar las características detalladamente y con esto evaluar el crecimiento del mismo, de forma autónoma y remota.

Palabras claves: *Monitoreo; asistencia; agricultura urbana; “food computer”; sensores; servidor web.*

1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta las variables de crecimiento que afectan un cultivo de agricultura urbana, se decide desarrollar un sistema de monitoreo a un cultivo objetivo (*Coriandrum sativum*) partiendo de que estadísticamente la mayoría de la población que vive en zonas urbanas desconoce de los cuidados que debe tener el cultivo. Así mismo, las variables que son adquiridas por los sensores serán evidenciadas en una interfaz web, donde el usuario puede acceder y verificar si su cultivo está creciendo de forma adecuada.

Se dispone de sensores y actuadores que permitirán el crecimiento del cultivo, todo esto implementado en una estructura, la cual contendrá el cultivo objeto, los sensores y actuadores con su respectiva SBC. La tarjeta de desarrollo es programada para actuar según sea el caso de estudio y contendrá adicionalmente un recipiente con agua o vitaminas diluidas que desee el usuario.

Basados en los principios sociales sobre los cuales está constituida la Universidad Santo Tomás y teniendo en cuenta que este proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”) se encuentra dentro de la línea de acción 3 de la misma (Proyección Social e Investigación pertinentes [1]), para cumplir este objetivo se dispondrá de una comunidad interesada en la cual se realiza un acercamiento con la misma y una encuesta donde se denote la percepción de estas personas para establecer el lazo de trabajo con la Universidad para futuros proyectos de la División de Ingeniería de la Facultad Santo Tomás.

2. PROBLEMA

Las ciudades más grandes en Colombia poseen un serio problema de contaminación que afecta la salud de sus habitantes, como se indica en [2]. La contaminación es un factor que, junto con la desnutrición y deficientes condiciones higiénicas, constituyen condiciones de preocupación social. Así mismo, el uso de pesticidas en los alimentos tiene efectos negativos potenciales para la salud como se indica en [3]. Es importante aclarar que peligro es todo aquello que causa lesión y/o daño en una persona, y el riesgo es la consecuencia de no actuar con el fin de evitar ese peligro; conociendo esto es posible afirmar que gran parte de los peligros en los alimentos se ven reflejados en la contaminación de estos desde que inicia su cultivo hasta que llega a manos del consumidor final. Dados estos factores se busca incentivar la agricultura urbana, la cual es definida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en [4]; la agricultura urbana promueve que cualquier familia sea capaz de cultivar bien sea plantas medicinales y/o comestibles ahorrando tiempo y dinero.

Existe otro problema reflejado en la implementación y desarrollo de diversos sistemas de cultivos de agricultura urbana, donde se muestra que debido a la falta de monitoreo y de una adecuada planeación y asistencia, las personas a cargo pueden no evidenciar el crecimiento de la planta a corto plazo, y cuando no se notan cambios en el cultivo se llega a desistir de la idea del mismo. Esta situación motiva el desarrollo de tecnologías de asistencia para cultivos urbano basadas en la tecnología “Food Computer” [5] y enmarcados dentro del entorno urbano colombiano.

Adicionalmente la preocupación por el desarrollo de esta práctica es afectada por la exposición a la contaminación del aire ó del agua; pero se ha demostrado en [6] que por las condiciones de los cultivos en áreas rurales (poseen mayor tiempo de almacenamiento), y debido a las distancias por el transporte de estos alimentos son más largas y su control para estos recorridos no es riguroso; y especifican que gracias a la manipulación constante del cultivo cuando este llega al mercado están sujetos a mayor contaminación que los productos. También en [6] especifica que la agricultura urbana se ha promovido como una fuente de alimentos mejores que la proporcionada por las agroindustrias.

Pregunta de Investigación

¿Cómo adaptar las características de las tecnologías de “Food Computer” en agricultura urbana en Bogotá?

3. ANTECEDENTES

3.1. AGRICULTURA URBANA

La agricultura urbana es definida como todas las técnicas aplicadas de cultivo de plantas medicinales y/o comestibles en áreas urbanas promoviendo una sostenibilidad ambiental donde se pretende ahorrar costos desarrollando mejores hábitos para el consumo de alimentos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura define la Agricultura Urbana como el cultivo de plantas y la cría de animales en el interior y en los alrededores de las ciudades [4].

La Agricultura Urbana es definida por el Jardín Botánico de Bogotá "José Celestino Mutis", como la práctica agrícola que se realiza en espacios urbanos dentro de la ciudad, utilizando el potencial local, articulando conocimientos técnicos y saberes tradicionales, con el fin de promover la sostenibilidad ambiental y generar productos alimenticios limpios para el autoconsumo y comercialización, fortaleciendo el tejido social [7].

3.1.1. MOTIVACIONES DE LA AGRICULTURA URBANA.

- ❑ *Ahorro económico.* Según el Sebastian Garcia y su equipo los cuales analizaron la encuesta de Ingresos y Gastos 2006-2007 proporcionada por el DANE como se muestra en [8]según referencia los gastos destinados a la alimentación representan el 31,8% de los gastos totales, esto equivale entre 290 mil y 330 mil pesos mensuales.
- ❑ *Alimentación más saludable.* Cultivar nuestra propia comida nos garantiza saber de dónde y cómo se está cultivando puesto que no tiene pesticidas, fertilizantes químicos o semillas genéticamente modificadas.
- ❑ *Revitalización a la comunidad.* Es posible que los lotes vacíos se puedan convertir en huertos comunitarios en donde se puedan recuperar y/o fortalecer los lazos sociales como se muestra en [9].

3.1.2. INICIATIVAS

Las iniciativas planteadas a nivel mundial son una muestra de las prioridades y tendencias que la agricultura urbana ha creado, por eso se exponen casos en América y África en las cuales las comunidades actúan para transformar áreas urbanas en cultivos y solucionar problemáticas propias de sus países, lo cual busca en este proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”) una intención de enriquecimiento de conocimientos para mejorar la agricultura urbana en Colombia.

La Habana, Cuba. Como dice la FAO forzados por el llamado período especial, la crisis económica de 1990 condujo al racionamiento de alimentos, lo que produjo que la agricultura urbana se convirtiera en prioridad nacional en [10].

Ciudad de México, México. Según la FAO, el Gobierno está promoviendo la agricultura sostenible en las zonas rurales y la producción de alimentos en la propia ciudad, como demuestra el programa de la Secretaría de Medio Ambiente ha ayudado a instalar camas de plantas en más de 12.300 m² de azoteas, escuelas, hospitales y museos en [11].

República Democrática del Congo. La FAO trabaja con las autoridades municipales para ayudar a convertir 800 hectáreas de superficie urbana en huertos familiares en ciudades como Kinshasa, Lubumbashi. y Kisangani, con el fin de producir verduras frescas e ingresos extras a cerca de 16.000 familias, unas 80.000 personas en [12].

3.1.3. EXPERIENCIAS SIGNIFICATIVAS

La Alcaldía Mayor de Bogotá afirma en [13] que más de 300 huertas familiares y comunitarias funcionan en Bogotá gracias al programa de Agricultura Urbana del Jardín Botánico José Celestino Mutis en el cual se han capacitado 55.000 personas, se han realizado 40.000 asistencias técnicas, 190 eventos, 19 investigaciones y validaciones. Además la FAO está aplicando un proyecto piloto apoya la producción de sus propias hortalizas por parte de personas que viven en los barrios marginales utilizando botellas de agua reciclada como se evidencia en [13].

3.2. FOOD COMPUTER

Como se muestra en la figura 1, existe una “Personal Food Computer” (PFC) que controla variables como el monóxido de carbono, los minerales, la temperatura, la humedad, el PH o el oxígeno en cada una de las plantas, permitiendo crear recetas de “código abierto” para cultivar especies de climas muy diversos. Tal y como explicaba el director del proyecto en MIT (Massachusetts Institute of Technology), Caleb Harper, en una charla TED en [14] dice “puedes obtener el perfil de cada planta, que te dice no solo cuando está lista para recoger, sino cuando alcanza los niveles de nutrición que necesitas, el sabor, o si está teniendo demasiada agua o demasiado sol”.

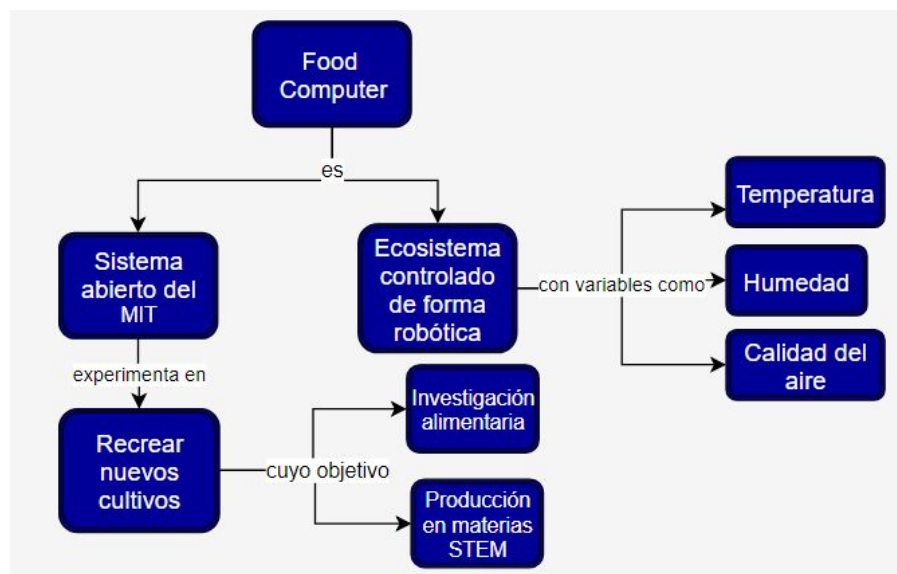


Figura 1. Características “food computer”.

3.2.1. HERRAMIENTAS

Debido a que “food computer” es un recurso abierto, su construcción se puede realizar con guías y herramientas gratuitas del modelo en 3D como se muestra en [15] además en ellas se expone el montaje del panel electrónico, el módulo de luz y la fuente de poder; adicionalmente muestran “¿Cómo se ensamblan todos estos componentes?”, para crear la “food computer”; en la figura 2 se evidencia una máquina del MIT para recrear las mejores condiciones del crecimiento de plantas, donde contiene luces led para aumentar su crecimiento, compostaje y vitaminas en las vasijas roja y azul, y agua en la vasija inferior de la imagen.

A nivel de software, la iniciativa de Open Ag en [16] proporciona diferentes arquitecturas con guías paso a paso para su construcción, y dispone de un panel de control donde se evidencia el crecimiento de la planta, una interfaz del usuario que muestra el comportamiento del sensor y monitoreo del crecimiento de la misma.



Figura 2. OpenAg “Personal Food Computer” (PFC) v2.[1]

3.3. ASPECTO LEGAL

El Proyecto de Ley 103 de 2012 de Cámara de Representantes de Colombia, define la Agricultura Urbana, especifica las ventajas que esta posee y fomenta investigación y la implementación teniendo en cuenta las normas básicas sanitarias para el desarrollo del mismo; así mismo pretende crear capacitación y asistencia técnica por medio de entidades territoriales; finalmente en el Artículo 65 del proyecto en mención establece que “la producción de alimentos gozará de la especial protección del Estado, para lo cual se le otorga prioridad al desarrollo de la actividad agrícola. Igualmente, establece que el Estado se encargará de promover la investigación y transferencia de tecnologías para la producción de alimentos” como muestra en [17].

3.4. SMART GARDEN Y OTRAS INICIATIVAS.

El “smart garden” como se evidencia en el proyecto en “kickstarter” en [18] es una iniciativa principalmente desarrollada por la empresa Click and Grow la cual consisten en la posibilidad de cultivar hierbas, verduras y flores en interiores con cápsulas que contienen la semilla, nutrientes, agua y un tipo especial de tierra los cuales logran mantener los ingredientes nutricionales en un nivel óptimo y permite el crecimiento en interiores sin la necesidad de que el usuario esté añadiendo nutrientes simplemente se necesita prestar atención al nivel de agua.

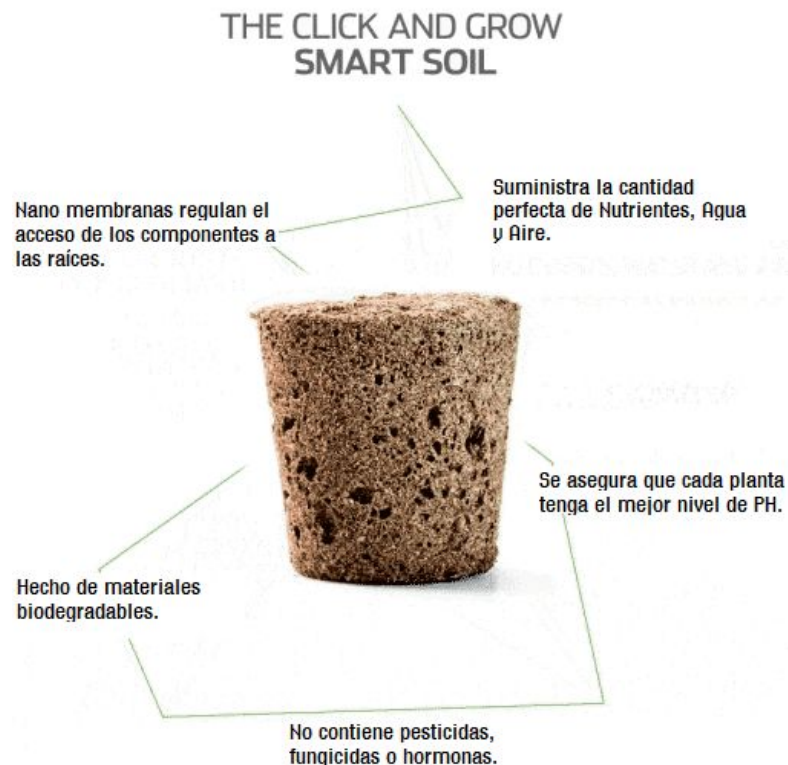


Figura 3. Características de Smart Garden por Click and Grow.[2]

Como se observa en la figura 3 la cápsula está diseñada para garantizar el crecimiento de la planta facilitando a que el usuario no esté constantemente atento a esta, es tan fácil como agregar el pod al Smart Garden y llenarlo de Agua; este producto no es práctico para Colombia puesto que los envíos solo son realizados a Estados Unidos o Canadá además de tener tiempos de entrega entre 3 y 4 semanas.

En la tabla 1 se observan otras tecnologías similares en donde se comparan los precios, la plataforma y la capacidad de adaptarse al ambiente para cultivar; cabe destacar que todas estas tecnologías tienen un enfoque diferente por ejemplo Farm Bot se encarga de sembrar y regar semillas en un huerto mediante el uso de una pinza de unos cabezales intercambiables para cada tarea.

Características	Farmbot	Smart Garden	Leaf	Grove	Personal food computer
Precio (USD)	\$3100	\$99-\$379	\$1.500	\$4.500	\$3000
Plataforma	Abierto	Cerrado	Cerrado	Cerrado	Abierto
Ambiente adaptable	NO	NO	Controlado	No	Controlado
Personalización	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto

Tabla 1. Comparacion de tecnologias similares a una “Food computer”.

4. JUSTIFICACIÓN

La agricultura urbana en Bogotá es una práctica común; en su mayoría son grupos de personas del campo, que se han mudado a la ciudad o conocen de esta gracias a una tradición familiar, quienes realizan la agricultura urbana. Además en este proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”) se fomentará la agricultura urbana como puente entre lo rural y lo urbano, permitiendo ahorrar costos como se evidencia en [19] promoviendo iniciativas de cultivos de agricultura urbana en diferentes localidades de Bogotá; así mismo es una actividad lúdica para las personas que la desarrollan, permitiéndoles un buen uso de su tiempo, mejorando su estado anímico y su forma de alimentación.

La intención de este proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”) apunta a crear tendencia principalmente en los jóvenes, dado que en la mayoría de casos esta población no tiene los conocimientos, ni el tiempo para tener un cultivo a su cuidado; uno de los objetivos propuestos por tanto es la facilidad de uso que el sistema va a brindar, aprovechando como medio el uso de los dispositivos móviles los cuales van a ser el medio de interacción e interfaz del usuario con el sistema. Para esto se crea un plan de monitoreo de las plantas de acuerdo a [20], donde se evidencia la información de la planta, se implementan los indicadores de los atributos de la planta con sus respectivas unidades y se presenta un análisis de crecimiento con base a estudios previos de la planta; esto permite que los usuarios verifiquen su crecimiento a través de los datos mostrados con el fin de facilitar la toma de decisiones.

Dada la fuerte aceptación de la agricultura urbana por parte de las ciudades latinoamericanas; la práctica de la agricultura urbana contribuye a mejorar la calidad nutricional de comunidades en condiciones de pobreza y adicionalmente permite a los grupos socioeconómicos medios incorporar la posibilidad de cultivos recreativos y de autoconsumo, como se explica en [21]. También existe el desarrollo de la práctica de agricultura urbana como medio de operaciones comerciales para microempresas o actividades educativas para fomentar la ecología; por eso en este proyecto.

Finalmente, el proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”) desea crear un impacto en diversas familias, buscando que el desarrollo del sistema pueda ser aplicado por cualquier persona sin la necesidad de poseer conocimientos complejos para su práctica. El diseño tendrá bases de “Food Computer” las cuales se muestran en [15], realizando el sistema con diversas variables para obtener el mejor producto para el consumidor, y con “Open Agriculture” definida en [22] la cual es una iniciativa del MIT que pretende mejorar los

hábitos alimenticios, obteniendo comida más saludable y fresca; estas dos bases son “iniciativas abiertas que permiten reunir a personas de todo el mundo y comparar los resultados para crear sistemas más saludables, económicos, interesantes e ingeniosos”.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “Food Computer” para una comunidad interesada en esta temática estableciendo un lazo de trabajo para futuros proyectos de División de Ingeniería de la Universidad.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Consultar técnicas y procesos de agricultura urbana identificando plantas, características y tipos de cultivo que serán objeto del sistema de monitoreo, introduciendo el concepto de agricultura inteligente.
- Desarrollar un sistema de asistencia al usuario mostrando de manera visual el crecimiento del cultivo, desde un dispositivo conectado a internet teniendo en cuenta las tecnologías de “Food Computer” aplicadas a la agricultura urbana.
- Implementar una estructura física que contenga el cultivo y la instrumentación electrónica necesaria para el monitoreo de las variables que abarcan la agricultura urbana.
- Realizar un acercamiento y una encuesta de satisfacción del proyecto con una comunidad interesada en los temas de agricultura urbana para el establecimiento de nichos de trabajo de futuros proyectos de la División de Ingeniería de la Universidad.

6. MARCO TEÓRICO

El proyecto se enfoca en gran parte a obtener unas mediciones de una planta y de acuerdo a estas mediciones se van a tomar acciones o se dan recomendaciones para que nuestro usuario actúe según sea el caso; por lo cual es necesario implementar una base de datos que se encargue de organizar y gestionar esta información para la aplicación de monitoreo; es importante tener claro los siguientes conceptos:

6.1. BASE DE DATOS

Es información recopilada y asociada a una misma temática, este conjunto de datos se puede establecer de manera virtual en un ordenador y para organizar esta información se suele emplear el uso de campos que corresponde a todas las características y se filtra la información dependiendo del campo.

6.1.1. GESTOR DE BASE DE DATOS

Define que es una base de datos y que es un SGBD (sistema gestor de bases de datos); en esta base de datos se van a almacenar diferentes datos como mediciones, tipo de medición, usuarios, plantas y recomendaciones para estas [23].

6.1.2. DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN

El diagrama de entidad - relación es una herramienta que permite representar las bases de datos de manera visual, en donde se visualiza los ID propios y las características por cada objeto o tabla. En estos modelos también se representan las relaciones que se crean entre tablas y la dependencia o conexiones.

6.1.3. MOTORES DE BASE DE DATOS.

MySQL, es un sistema de gestión de base de datos relacional (RDBMS) de código abierto, basado en lenguaje de consulta estructurado (SQL), el cual se puede ejecutar prácticamente en todas las plataformas; se puede usar en una gran variedad de aplicaciones pero la principal es la asociación con aplicaciones web [24].

DB2, es el motor de base de datos de la empresa International Business Machines (IBM) por lo tanto es una base de datos comercial y privada, es usada en grandes compañías que almacenan gran cantidad de data y pagan por la capacidad y estabilidad del servicio.

Amazon DynamoDB es un servicio de bases de datos NoSQL totalmente administrado que ofrece un desempeño rápido y previsible, así como una escalabilidad óptima. DynamoDB le permite trasladar a AWS las cargas administrativas que supone tener que utilizar y escalar una base de datos distribuida, para que no tenga que preocuparse del aprovisionamiento, la instalación y la configuración del hardware, ni tampoco de las tareas de replicación, revisión del software o escalado de clústeres [25].

6.1.4. PHPMYADMIN.

PHPMyAdmin es una herramienta escrita en PHP con la intención de manejar la administración de MySQL a través de servidores web, utilizando un navegador web, pues agiliza y es más intuitivo realizar los cambios necesarios en una base de datos con unos clicks sin necesidad de ingresar comandos SQL [26].

6.2. SERVIDOR WEB

Según [27] el servidor web es el encargado de servirle al cliente los archivos que este requiera, este servidor será el intermediario entre el cliente y la base de datos; además de ser capaz de procesar la información que se transmite en este.

6.2.1. DJANGO

Django es un Framework para servidores web escrito en python el cual facilita el desarrollo y el diseño pragmático. Se creó en el 2015 y es de código abierto desarrollado por Django Software Foundation utiliza un patrón de diseño conocido como Modelo–vista–template en donde la idea principal es facilitar el trabajo sin necesidad de complicar el diseño del servidor [28].

6.2.2. HTTP JUNTO A DJANGO

Según [29] HTTP es el protocolo de comunicación entre el cliente y el servidor, es importante conocerlo debido a que hay procedimientos en donde la información que se envía debe apuntar a una dirección en el servidor el cual procesa la petición y le responde con los datos que se van a visualizar en el servidor web.

6.3. OPEN AG

Es la iniciativa abierta del MIT, en el cual se crean repositorios abiertos, donde se propone innovación en temas agrícolas; además proponen una computadora de comida como se muestra en [30] entregan una lista de materiales para el hardware y el software necesario para su implementación; para la implementación es necesario tener en cuenta que los implementores del repositorio están dispuestos a cualquier cambio.

6.3.1. AGRICULTURA URBANA

La agricultura urbana es la práctica de cultivo en zonas urbanas y peri-urbanas; adicionalmente el espacio puede ser privado como es el caso de terrazas o jardines privados o puede ser público como las iniciativas planteadas en Bogotá como se muestra en [31] donde además de realizar el cultivo, la asesoría y brindar los espacios necesarios, el jardín botánico de Bogotá posee una cartilla de acceso libre donde ejemplifica de manera gráfica y escrita el proceso de cultivo.

6.4. ADQUISICIÓN DE DATOS

Son productos y/o procesos utilizados para recopilar información para documentar o analizar un fenómeno, como lo describen en [32] existen diversas formas para recopilar datos, como el DIO (Digital Input Output) las cuales son señales que solo entregan valores binarios, o también existen los conversores Análogo digital, en el cual capta todos los datos y los transforma en valores lógicos (señales de 1 o 0), los cuales reconoce el computador, se basan en el teorema de muestreo.

6.4.1. MUESTREO DE SEÑALES

El muestreo de una señal es convertir la adquisición del dato de un tiempo continuo (es toda señal que están definidas para un intervalo continuo de valores de su variable independiente la cual es el tiempo normalmente) a tiempo discreto (es toda señal que están definidas para un intervalo discreto o discontinuo de valores de su variable independiente este puede estar definido en términos de frecuencia o período) de tal manera que se puedan procesar de forma digital; así mismo cuando se realiza procesamiento digital de señales el muestreo es la primera fase del mismo.

6.4.2. FRECUENCIA DE MUESTREO DE SEÑALES

La frecuencia de muestreo es el número de muestras de la variable independiente para adquirir los datos de una señal continua, para asegurar un valor constante en el cual no se pierda información se usa el teorema de Nyquist como muestra en [33] del cual se representa mediante la siguiente ecuación, donde la frecuencia de muestreo debe ser mayor o igual que dos veces su ancho de banda [B] medida en Hertz [Hz]

$$f_m \geq 2 \cdot B$$

6.4.3. RESOLUCIÓN

La resolución es definida como la precisión al momento de mostrar una señal captada, esto quiere decir a mayor resolución mayor exactitud y menos pérdida de información, por ello es dependiente del teorema de Nyquist. La resolución se ve afectada por la lentitud al momento de convertir los datos en análogo a digital, o puede verse afectada en complejidad del circuito si no se cuenta con una placa que contenga el convertidor análogo digital integrado.

6.4.4. SBC ORDENADOR RASPBERRY PI 3

Es un dispositivo capaz de realizar las mismas tareas de un ordenador, pero que también cuenta con un software de recurso abierto y un hardware con arquitectura ARM, este dispositivo además tiene diferentes pines de propósito general, en el cual cuentan con alimentación de 5V y 3.3V, con pines I2C, transmisión de datos TX o RX entre otros; estos pines pueden variar dependiendo de la versión del dispositivo. Es un dispositivo muy completo, diseñado para procesamiento de datos, y su principal característica es el bajo costo.

6.4.5. PLACA DE DESARROLLO ARDUINO MEGA

Es una placa que integra un microcontrolador el cual cuenta con 54 pines de entrada y salida digital, 16 entradas análogos, adicionalmente cuenta con pines de transmisión y recepción de datos, alimentación de 5V y 3.3V, entre otros. Es un dispositivo muy completo y adicionalmente posee el conversor análogo digital. Posee un software propio y de recurso abierto, su principal característica es que es sencillo de programar pero es robusto para hacer cálculos y procesamiento de datos.

6.4.6. SENSORES Y TRANSDUCTORES

Los sensores son todos los dispositivos capaces de captar energía del medio y entregar una señal a la salida; y los transductores son dispositivos capaces de captar energía del medio y entregar señales eléctricas; en este caso se implementaran transductores, debido a que entrega la señal eléctrica para ser procesada y analizada.

6.4.7. ACTUADORES

Son todos los dispositivos que actúan sobre el medio y responden a una fuerza de entrada, esta puede ser por presión tanto hidráulica como mecánica ó por señales motrices eléctricas; en este caso los actuadores más comunes son los de los motores, que responden a impulsos desde tarjetas como raspberry o arduino.

6.5. CAPACITACIONES

Para cumplir el objetivo de proyección social, existe una guía básica que escribió La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), explicada en [34] cuyo enfoque es la capacitación en temas Agrícolas para Agricultores Familiares; a pesar de la temática tienen consideraciones generales, las cuales sirven para cualquier temática; estas temáticas son:

- Antes de iniciar la capacitación, el facilitador/a debe informarse del tipo de participantes y su nivel de escolaridad, esto permitirá preparar el material a utilizar en la capacitación según la formación educativa del grupo.
- Evite dar charlas teóricas demasiado extensas, planificando actividades participativas como trabajos de grupos, visitas a parcelas, etc.
- Evitar la utilización de conceptos demasiados técnicos o científicos que limitan el aprendizaje de los agricultores familiares.
- Para iniciar el taller se sugiere realizar una dinámica de presentación entre los participantes y explorar las expectativas que se tienen del taller, esto facilitará la evaluación del aprendizaje obtenido en la capacitación.
- Para las actividades grupales o visitas a parcelas de campo se sugiere formar grupos con un máximo de 6 participantes, esto con el objetivo de facilitar la participación activa y mejorar el proceso de aprendizaje.

6.6. METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

La metodología de desarrollo de software es una práctica que permite una implementación de un software eficiente así mismo no es una práctica estándar, sino que son guías para adaptar a cada proyecto; el objetivo principal es que sean pasos para el equipo de desarrollo con los cuales pueda iniciar el proyecto y se culmine de manera ágil. Existen diferentes metodologías, los dos modelos más importantes son:

6.6.1. MODELO DE CASCADA

Es un modelo secuencial, en el cual el objetivo es continuar hasta que se culmine la etapa anterior, las ventajas del modelo es la organización al momento de desarrollo pero la desventaja es el tiempo de resolución de una problemática.

6.6.2. MODELO DE DESARROLLO EVOLUTIVO (ESPIRAL)

Es un modelo que consiste en actualizaciones hasta lograr la mejor versión del software a implementar; se plantea un proyecto inicial abierto a comentarios y se actualiza logrando las mejoras del mismo, este modelo tiene una gran ventaja y es que el usuario mismo realiza comentarios para encontrar la mejor versión del proyecto.

7. DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

7.1. DISEÑO METODOLÓGICO

Con la finalidad de cumplir los objetivos se realiza una consulta del modelo de agricultura urbana, aquí se implementa la consulta de técnicas y procesos de agricultura urbana, identificando las plantas y las variables que permiten monitorear el cultivo. Teniendo en cuenta las características del proyecto, la metodología de software que más se acopla al desarrollo del mismo, es el método espiral, esta metodología permite realizar una implementación del cultivo y analizar con base al comportamiento del mismo que mejoras requiere.

7.1.1. CULTIVO

Para el elegir el cultivo, se desarrolla previamente unas tareas en las cuales se despliegan la consulta de técnicas y procesos de agricultura urbana, teniendo en cuenta cuál técnica es la que mejor se adapta al clima de Bogotá y que proceso conviene más para realizar el cultivo. La última tarea es la más importante para ello se identifican las plantas teniendo en cuenta las características y tipos de cultivo.

7.1.1.1. Tipos de cultivo

En primer lugar se identifica el tipo de cultivo por medio de las cartillas; a partir de las variables a analizar del cultivo; el crecimiento en zonas urbanas y su tiempo de cosecha; se determinó que el *Coriandrum sativum* es el mejor cultivo, para esto se realizó la comparación como se muestra en la tabla 2; la demanda del cultivo para su correcto crecimiento ante los sensores ya especificados.

Cultivo	Variables a analizar				Tiempo de cosecha
	Humedad de la Tierra	Luz	Resistencia de Polución	Temperatura	
Raphanus sativus (Rábano)	Alta	40 a 45 lúmenes por litro	N/A	18°C a 20°C	110 a 140 d.d.s

Petroselinum crispum (Perejil)	Media	45 a 50 lúmenes por litro	Baja	16°C a 20°C	90 a 120 d.d.s.**
Pisum sativum (Arveja)	Media/Alta	20 a 45 lúmenes por litro	Media	13°C a 18°C	8 meses
Coriandrum sativum (Cilantro)	Media	45 a 50 lúmenes por litro	N/A	18°C a 20°C	40 – 60 d.d.s.**
Solanum tuberosum (Papa)	Media / Alta	20 a 45 lúmenes por litro	N/A	10°C a 25°C	4 a 6 meses

N/A = No afecta

d.d.s. = Días después de sembrar

Tabla 2. Comparación de cultivos .

7.1.1.2. Técnicas de cultivo.

Posteriormente se analiza el envase en la tabla 3 se muestran las especies más comunes para esta práctica y los envases sugeridos en [35], esta tabla es importante porque el correcto crecimiento del cultivo depende de una elección de envase apropiado.

ESPECIES	ENVASE SUGERIDO	OBSERVACIÓN
Cilantro, espinaca, perejil, rúcula.	Macetas jardineras. Botellas o latas de 800 cm ³	Se siembran a poca profundidad.
Lechuga, acelga, apio, copete, frutilla.	Macetas jardineras. Botellas o latas de 800 cm ³ .	Coloque una planta por envase.

Arvejas, chauchas.	Macetas jardineras.	Al ser trepadoras utilice tutores o una malla plástica como espaldera.
--------------------	---------------------	--

Tabla 3. Técnicas de agricultura urbana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. [32]

A partir de estas consultas, se determina que el envase corresponderá a un envase de plástico, con características que albergue más de una especie del cultivo objeto que corresponde al *Coriandrum sativum*. Para el desarrollo del mismo se planta en una maceta, a poca profundidad como se ejemplifica en la figura 4.



Figura 4. Cultivo, *Coriandrum sativum*, con las características apropiadas.

7.1.2. SENSORES Y ACTUADORES

Para verificar visualmente el crecimiento de la planta, se implementa una cámara la cual se conecta por medio del SBC Ordenador Raspberry Pi 3, así mismo contará con sensores que permitan medir la intensidad lumínica, la temperatura y la polución del ambiente en la cual se encuentra el cultivo y finalmente para actuar se adecua una bomba con su respectivo cableado para esparcir el agua necesaria para el crecimiento de la planta.

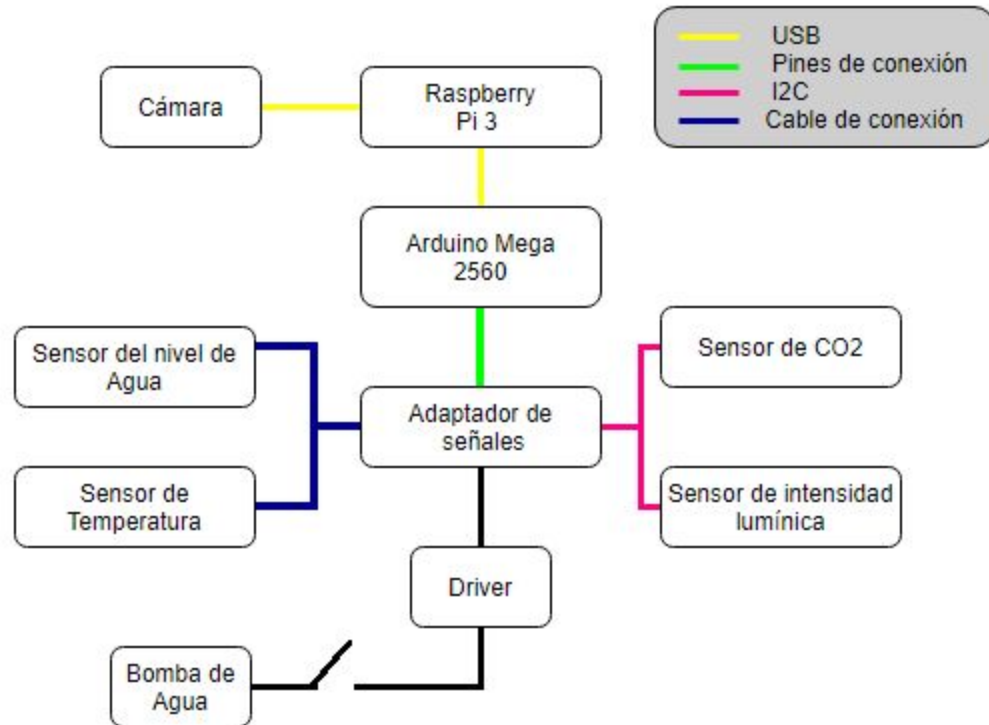


Figura 5. Diagrama de conexiones entre componentes. [3]

7.2. DESARROLLO

Para el desarrollo es primordial identificar las variables del sistema, en esta se representan cuatro (4) importantes.

- Porcentaje de humedad. Representa la cantidad de agua que se almacena en tiempo real sobre la tierra del cultivo, con la finalidad de analizar si el actuador necesita realizar el riego o no.
- Grados centígrados. Representa la temperatura del aire que recibe el cultivo, con la finalidad de visualizar los cambios drásticos y si las condiciones son las necesarias para el crecimiento de la planta.

- Índice de calidad del aire. Representa un valor numérico donde dependiendo del rango se puede apreciar si la calidad del aire es preocupante o no para la salud, esto sirve como indicador para la planta y para el usuario que consumirá los alimentos sembrados.
- Niveles de lux. Este es un valor numérico donde se evidencia la los niveles de luz visible que recibe el cultivo, partiendo que si es de noche no cuenta con luz, por eso mismo se debe apreciar la fecha y hora del dato captado por el sensor.

7.3. IMPLEMENTACIÓN

En la implementación se tiene en cuenta el desarrollo de la estructura física, que contiene los sensores y actuadores, adicionalmente se explica el desarrollo e implementación de la base de datos junto con el servidor web en la cual se visualizan los datos captados por los sensores. Las características propias del sistema se ven reflejadas en la figura 6 donde se ejemplifica que es un sistema que satisface la justificación del proyecto.



Figura 6. Características propias del proyecto.

7.3.1. ESTRUCTURA FÍSICA

La estructura que se va a diseñar para el proyecto se basa en Food computer v2, para esto se obtienen los sensores de una PFC (Personal Food Computer), esta estructura contendrá el tanque de agua, el cultivo, los sensores y cada uno de los dispositivos electrónicos presentes para la adquisición de datos, en la figura 7 se muestra el plano de la estructura física con las respectivas medidas, la superficie que se encuentra en el costado derecho se ubican los sensores y las tarjetas del proyecto; debajo de esa superficie se encuentra el tanque de agua y al costado izquierdo se encuentra el cultivo, las dos barras de la mitad son aquellas que sostendrán la manguera para el riego.

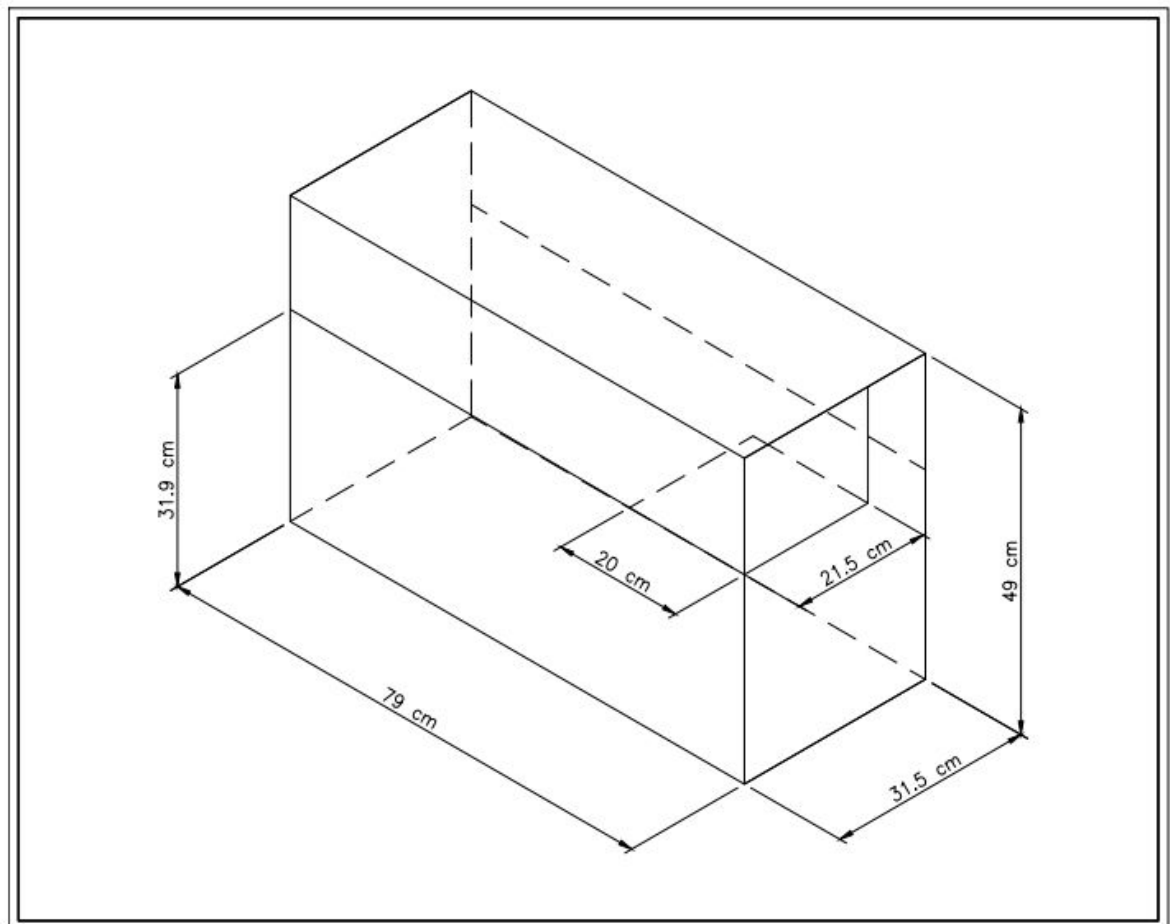


Figura 7. Plano de la estructura física.

7.3.1.1. Sensores y transductores

- Sensor de temperatura (DS18B20): Es un sensor que evidencia si las características del ambiente son las adecuadas para el crecimiento de la planta; para la correcta ejecución de este sensor se realiza un programa donde se adquieren las variables del ambiente teniendo en cuenta que funciona como un termómetro digital conectado en el Pin GPIO 4 de la raspberry PI 3 B+.

Características técnicas
Rango de temperatura: -55 a 125°C. Resolución: 9 a 12 bits (configurable) Interfaz: 1-Wire (Puede funcionar con un solo pin) Precisión: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (de -10°C a $+85^{\circ}\text{C}$) Tiempo de captura: Inferior a 750 ms.



Figura 8. Sensor de temperatura DS18B20. [4]

- Sensor del nivel: Este sensor permite identificar la cantidad de agua que requiere la planta para crecer, en dicha agua se pueden diluir nutrientes los cuales ayudarían al correcto crecimiento del cultivo, el sensor funciona como un switch, un extremo se conecta a pin de tierra GND, y el otro extremo depende si es el indicador de nivel alto, que se conecta al pin GPIO 27 y el indicador de nivel bajo se conecta al pin GPIO 25; por medio de una conexión Pull-up se logra que genere una salida lógica de 3.3V.

Características técnicas
Voltaje Máximo: 100V DC/AC Corriente Máx: 0.5A Carga Máx: 10W

Longitud del Cable: 30 cm



Figura 9. Sensor de nivel de agua vertical. [5]

- Sensor de humedad (sonda YL-69 y módulo YL-38): Es el sensor encargado de verificar la humedad de la tierra con el fin de decidir si se realiza el riego del cultivo; para este sensor se establece una conexión con un pin de tierra y uno de dato, este sensor da una salida analógica y debido a la falta de un conversor se utiliza uno de los puertos analógicos del Arduino (pin A1).

Características técnicas

Medida analógica de la humedad con salida de variación de voltaje (AO)

Señal digital de superación de umbral con salida para el usuario (DO) y LED indicador.

La sensibilidad de disparo se puede ajustar mediante un trimmer incorporado en el módulo. Esta función es provista por un comparador con LM393.

LED indicador de encendido

Voltaje de alimentación: 2 V a 6 V

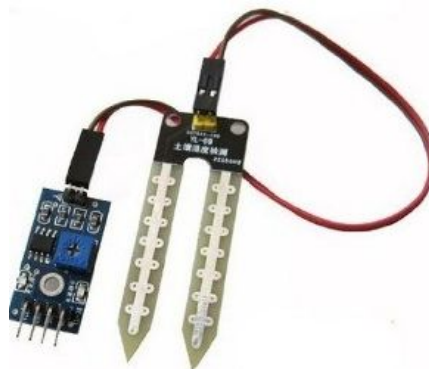


Figura 10. Sensor de humedad de la tierra sonda YL-69 y módulo YL-38. [6]

- Sensor de luz con salida digital (BH1750): Permite registrar la luz ambiente, como es un cultivo de agricultura urbana este sensor permitirá mostrar el nivel de intensidad lumínica del cultivo, el dato de sensor de luz es adquirido por el pin digital de la raspberry GPIO3.

Características técnicas
Voltaje de Operación: 3V – 5V Interfaz: Digital a través de I2C Rango de medición: 1 - 65535 lux Rechazo de ruido: 50/60 Hz Variación entre medidas: (+/- 20%)

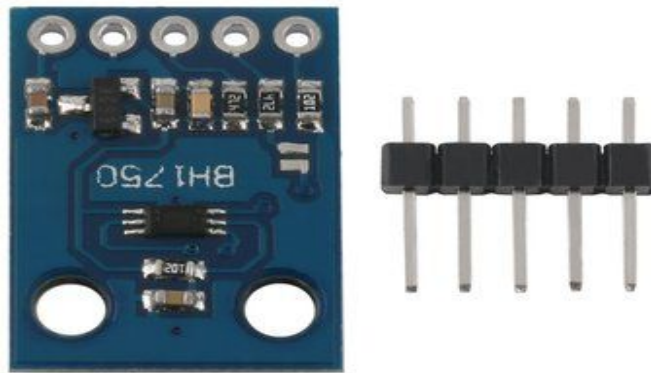


Figura 11. Sensor de luz digital (BH1750). [7]

- Sensor de la calidad de aire (Air Quality Sensor v1.3): Permite al usuario identificar si está bien ubicado el cultivo o requiere algún cambio para su crecimiento todo esto a causa de la polución en el ambiente, el sensor entrega un valor y gracias a una tabla suministrada por el fabricante en la cual se identifica el riesgo que conlleva estar envuelto por esta polución por largos periodos de tiempo. Debido a que el sensor posee una salida análoga, se conecta al Arduino en el pin análogo A0, permitiendo mayor precisión a la hora de leer el valor desde el exterior.

Características técnicas
Detección de gas: Alcohol, Humo de cigarrillo, Gas natural. Rango: 10~1000ppm(Alcohol) Voltaje de operación: 5.0 V o 3.3 V Resistencia de carga: Adjustable



Figura 12. Sensor de la calidad de aire (Air Quality Sensor v1.3).[8]

Teniendo en cuenta que el sensor de polución capta valores se realiza la tabla 4 en la cual se exponen el índice de calidad del aire, y su valor para lograr que el usuario logre comprender el servidor web, esta tabla adicionalmente se presenta como documento de ayuda en el servidor web principal.

Índice de calidad del aire nivel de preocupación para la salud	Valores numéricos	Significado
Bueno	0 a 50	La calidad del aire es considerada satisfactoria y la polución del aire presenta poco o ningún riesgo
Moderado	51 a 100	La calidad del aire es aceptable, pero algunos contaminantes aquí pueden haber un problema de salud moderado para un pequeño número de personas quienes son inusualmente sensibles a la polución del aire.
Nocivo para grupos sensibles	101 a 150	Miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos en la salud. El público en general no es afectado.
Nocivo	151 a 200	Todos pueden sentir efectos en la salud, los miembros de los grupos sensibles pueden experimentar efectos más serios en la salud.

Muy nocivo	201 a 300	Alerta de salud, todos experimentan efectos más serios en la salud.
Peligroso	301 a 500	Advertencias sanitarias de condiciones de emergencia. Toda la población está afectada.

Tabla 4. Los valores de clasificación del sensor, traducido y copiado de [36]

- Cámara Web Logitech (C920): Es un dispositivo que permite captar las imágenes en vivo del crecimiento del cultivo con el fin de transmitir las y ser visualizadas en el servidor web; para este dispositivo se utiliza el puerto usb incorporado en la raspberry.

Características técnicas
Resolución: Full HD 1080p (hasta 1920 x 1080 píxeles) Corrección automática de iluminación: Escasa Clip universal: Compatible con trípodes para monitores LCD, CRT o laptops Funcionamiento: Puerto USB Micrófono integrado: Estéreo Enfoque: Automático



Figura 13. Cámara Web Logitech (C920).[9]

7.3.1.1. Actuadores

- Bomba de agua (R385): Es el único actuador presente en el diseño de la estructura, este depende de los valores de los sensores y actuadores anteriores, es importante porque del agua y su riego depende en gran parte el crecimiento del cultivo.

Características técnicas
Voltaje de funcionamiento: 6-12V DC (recomendado 12V-1A o 9V-1A) Energía de trabajo: 6W/H Corriente de funcionamiento: 0.5 - 0.7A Caudal: 1,5 - 2L/Min (aproximadamente) Máxima aspiración: 2 metros Vida útil: Hasta 2500H Temperatura soportada del agua: 15°C - 80°C



Figura 14. Mini Bomba de agua (R385). [10]

7.3.2. BASE DE DATOS

En la base de datos se encuentra ubicada toda la información del sistema, se desarrolló en MySQL) por su gran portabilidad entre diferentes sistemas operativos, como se muestra

en la figura 15; donde se ejemplifica de manera visual el contenido del programa, donde en azul está el nombre de la tabla y dentro están todos los campos que la contienen.

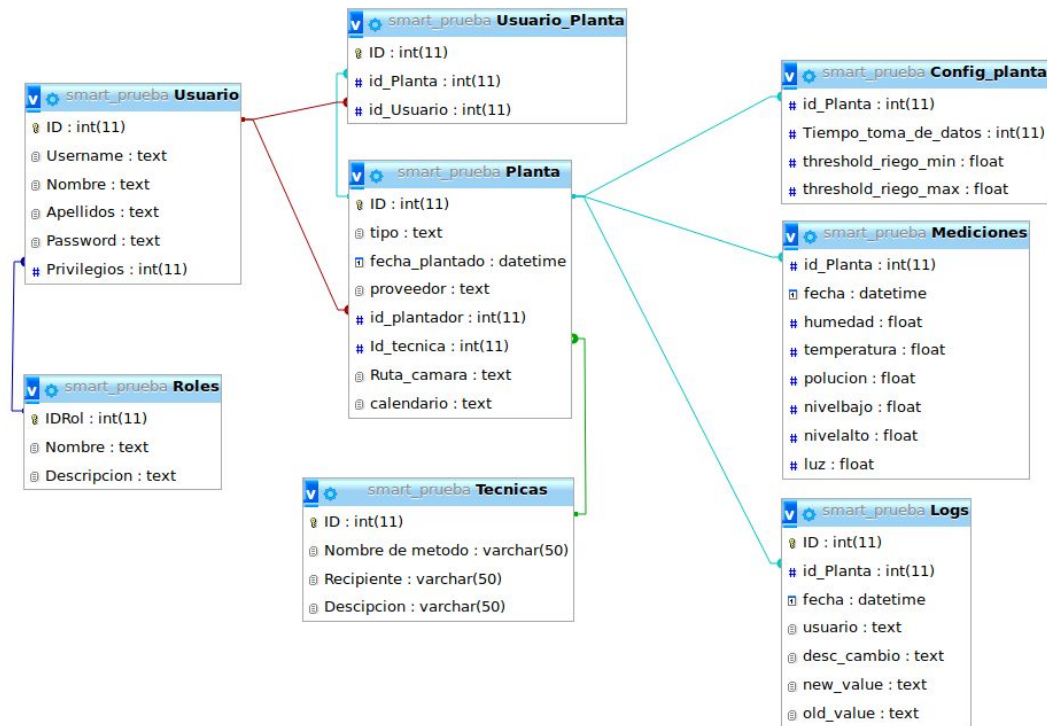


Figura 15. Modelo entidad - relación de la base de datos.

7.3.2.1. Usuario

Esta tabla relaciona todos los campos necesarios para la autenticación (al momento de ingresar al servidor web principal) y la creación del usuario (al momento de registrarse) junto con los privilegios que se le asignan por defecto todo usuario que se cree tendrá privilegios de usuario.

7.3.2.2. Mediciones

Esta tabla incluye todos los valores en la toma de datos por parte de los sensores, y los ordena en su respectiva columna y según el id de la planta que esté registrando los datos, la medición se realiza cada 15 minutos permitiendo al usuario evidenciar un histórico y un cambio secuencial día a día; esta es la tabla que más datos va a contener.

7.3.2.3. Roles

Se crea una tabla de roles en la cual se va a almacenar 3 roles (Administrador, Usuario e invitado) estos roles tienen una descripción en donde se describe brevemente cual es la diferencia entre cada uno.

7.3.2.4. Planta

En la tabla se almacenan datos característicos de la planta como la fecha de plantado además de la información única como el calendario y la URL en la cual se transmite la imagen en vivo.

7.3.2.5. Usuario_Planta

Es la tabla que va a permitir relacionar varios usuarios a una planta con el fin de poder ver la misma planta con diferentes perfiles, contiene relaciones muchos a muchos.

7.3.2.6. Logs

Se va a almacenar los cambios que se realicen en la página como el registro, cambio de configuraciones o permisos además de almacenar eventos que se envíen desde la planta por ejemplo la fecha en que se inició el riego; también se almacena cambios de datos en los usuarios como lo son el nombre, la contraseña o cambio en las relaciones de la planta con los usuarios.

7.3.2.7. Config_planta

Se pueden realizar modificaciones en el modo en cómo se va a regar la planta con el fin de regular que tanto se quiere que se riegue, también se permite modificar el tiempo entre muestras pues puede que 15 min no sea suficiente.

7.3.3. SERVIDOR WEB

En el servidor web se encuentra la interfaz gráfica con la cual el usuario va a interactuar la mayor parte del tiempo puesto que desde acá se podrá observar variables, el estado de la planta, avisos relacionados a esta, una imagen en vivo etc; el servidor web está diseñado de forma que cada componente que se muestra es un archivo escrito en python con Django y al pedir el servidor web, se ordena cada archivo para mostrar la totalidad del servidor web.

7.3.3.1. Servidor web de login

Este será el servidor web principal y desde acá se va a autenticar cada usuario; podemos observar en la Figura 16 el ingreso al login. Adicionalmente si el usuario no se encuentra registrado cuenta con un link que permite realizar el registro.



Figura 16. Servidor Web - Login.

Campo	Tipo	Descripción	Comentarios
Logo	Image	Logo del proyecto	
Username	Texto - Input	Campo de ingreso del username, este permite cualquier carácter y no tiene límites.	
Password	Password - Input	Campo de ingreso de la contraseña, no tiene límites.	No se debe visualizar el texto.
Login	Botón	Al dar click si los campos de username o password están vacíos o son erróneos se da una alerta; de lo contrario se redirige al servidor web de inicio	Además del click, se activa el evento con la tecla Enter.
Registrarse	Hyperlink	Enlace al el servidor web de registro	

Tabla 5. Descripción de campos servidor web de Login.

7.3.3.2. Servidor web de registro

Este servidor web corresponde al registro del usuario denotando que debe ingresar los campos de nombre, apellido, username y contraseña para poder hacer válida la cuenta; como se muestra a continuación:

FORMULARIO DE REGISTRO

NOMBRE APELLIDO

USERNAME

CREAR CONTRASEÑA

REPETIR CONTRASEÑA

CREAR CUENTA

LOGIN

Figura 17. Servidor Web - servidor web de registro.

Campo	Tipo	Descripción	Comentarios
Nombre	Texto	Nombre que se va mostrar en el servidor web.	Obligatorio.
Apellido	Texto	Apellido que se va a ingresar en el servidor web.	No debe ser obligatorio.
Username	Texto - Input	Campo de ingreso del username, este permite cualquier carácter y no tiene límites.	Debe ser único.
Crear contraseña	Password - Input	Campo de ingreso de la contraseña, no tiene límites.	No se debe visualizar el texto.
Repetir contraseña	Password - Input	Campo de ingreso para la confirmación de la contraseña.	Debe ser el mismo del campo crear contraseña.

Registrarse	Botón	Enlace al el servidor web de registro.	Si el usuario existe se muestra una alerta si no se redirecciona al el servidor web de login
Login	Hyperlink	Redirecciona al el servidor web de login, por si el usuario ya tiene cuenta.	

Tabla 6. Descripción de campos servidor web de Registro.

7.3.3.3. Servidor web de perfil

Esta es la sección del sitio en donde se podrá realizar cambios respecto a la información del perfil con el que se ingrese; además si el perfil es de tipo administrador se muestra un segmento adicional en donde se puede cambiar el privilegio del usuario.

FORMULARIO DE DATOS

Figura 18. Servidor Web - servidor web de perfil.

Campo	Tipo	Descripción	Comentarios
Nombre	Texto	Nombre que se va mostrar en el servidor web.	Se muestra el nombre guardado en el campo.
Apellido	Texto	Apellido que se va a ingresar en el servidor web.	No debe ser obligatorio.
Username	Texto - Input	Campo de ingreso del username solo lectura.	
Crear nueva contraseña	Texto - Input	Campo de ingreso de la contraseña, no tiene límites; se muestra la contraseña actual.	
Repetir contraseña	Password - Input	Campo de ingreso para la confirmación de la contraseña.	Debe ser el mismo del campo crear contraseña.
Guardar cambios	Botón	Guarda los cambios en la base de datos.	Al dar click en el botón se actualiza el servidor web con la nueva contraseña
Cambio de privilegios	Botón	Busca el usuario que se encuentra en el campo username a actualizar.	Al dar click se va a visualizar el campo de username a actualizar.
Username a actualizar	Texto - Input	Se ingresa el username a modificar.	
Privilegios	Combobox	Privilegio que se va a modificar.	
Guardar cambios	Botón	Enlace al este servidor web de registro.	

Tabla 7. Descripción de campos servidor web de Actualización de Datos del Perfil.

7.3.3.4. Servidor web principal para los usuarios

Este servidor web resalta los aspectos más importantes como lo son la imagen en vivo de la planta, una sección en la cual se puede observar los datos registrados a través del tiempo las cuales se pueden filtrar por fechas, las últimas medidas de los sensores, las alertas a los usuarios, links en donde se puede encontrar documentación de ayuda adicionales además de un calendario con los eventos a realizar; como se muestra en la Figura 19.

The interface is titled "FECHA ÚLTIMA MEDIDA" at the top. It features four main data display boxes: "VALOR HUMEDAD", "VALOR TEMPERATURA", "VALOR POLUCIÓN", and "VALOR LUMINOCIDAD". Below these, there are two primary sections. The left section, labeled "Medidas", includes input fields for "Fecha inicio" and "Fecha fin", a "Graficar" button, a "Tipo de Medida" dropdown menu, and a line graph icon. The right section, labeled "Imagen en vivo", contains a "Nombre de planta" input field, a plant icon, and a "Fecha de plantado" input field. At the bottom, there are three more components: "Alertas" with a warning icon, "Documentos de ayuda" with a "Lista de textos" link, and a "Calendario" showing "October 2014" with a grid of dates where the 24th is highlighted.

Figura 19. Servidor Web - servidor web principal de inicio.

Campo	Tipo	Descripción	Comentarios
Fecha última Medida	Fecha - Solo lectura	Se muestra la última fecha (aaaa/mm/dd hh:mm:ss) en la que se ha realizado una medición	
Valor	Texto - Sólo	Valor de humedad sentido	

Humedad	lectura		
Valor Temperatura	Texto - Sólo lectura	Valor de Temperatura sensado	Se mide en grados centígrados
Valor Polución	Texto - Sólo lectura	Valor de Polución sensado	
Valor Luminosidad	Texto - Sólo lectura	Valor de Luminosidad sensado	Se mide en lux
Fecha Inicio	Calendario	Fecha inicio desde la que se va a hacer la consulta de mediciones.	No se puede visualizar el calendario fin cuando se muestra el calendario de inicio, al elegir la fecha se oculta el calendario, el valor por defecto es el día anterior al día actual además de no poder seleccionar una fecha superior a esta.
Fecha Fin	Calendario	Fecha Fin Hasta la que se va a hacer la consulta de mediciones.	No se puede visualizar el calendario inicio cuando se muestra el calendario de fin, al elegir la fecha se oculta el calendario, el valor por defecto es el día actual además de no poder seleccionar una fecha superior a esta.
Graficar	Botón	Activa el evento de consulta para mostrar los datos de las medida	Al no encontrar datos en el rango

		en los intervalos seleccionados.	de días se muestra una alerta.
Tipo de medida	Combobox	Al seleccionar se despliega una lista con el tipo de medición, además de tener una opción en la cual se muestran todos los tipos de medición.	Al cambiar entre los tipos de gráfica se ocultan todas excepto la seleccionada
Gráfica de medida	Canvas	Campo en donde se muestra un histórico de las medidas ordenadas por fecha.	Al desplazar el ratón por el campo se va a mostrar un cuadro en el cual se ve en mayor detalle el dato medido.
Nombre de planta	Texto	Campo en donde se muestra el nombre de la planta.	
Imagen de planta	Imagen	Imagen en tiempo real de la planta.	
Fecha de plantado	Texto	Fecha y hora en la que se registró la planta en la base de datos.	
Calendario	Calendario	Calendario en el cual se puede ver los tiempos de riego de la planta.	Calendario de google el cual se puede agregar a la cuenta personal del usuario
Lista de textos	Hyperlink	Textos de ayuda.	Al dar click se debe redireccionar en otra pestaña al documento seleccionado.
Alertas	Texto	Se muestran alertas de acuerdo a los últimos niveles censados	Hay 3 tipos de alerta: peligro(rojo), advertencia(amarillo) y verde (normal)

Tabla 8. Descripción de campos servidor web principal de los usuarios.

7.3.4. DESPLIEGUE DEL SERVIDOR WEB

Para el desarrollo del servidor web se desea alojar en heroku porque es un servidor de hosting el cual es compatible con django además permite un uso gratuito, en donde se limita la velocidad del servidor y las conexiones simultáneas que se pueden manejar, esto se puede mejorar comprando una suscripción pero en este proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”) el plan gratuito es suficiente por el número de conexiones.

En RemoteMysql.com se puede alojar la base de datos debido a que el servidor ofrece un máximo de 3 bases de datos las cuales se pueden manejar con Phpmyadmin, El acceso a las bases de datos generan usuarios y claves aleatorios por ello es conveniente guardar las credenciales previamente pues si se olvidan hay que crearlos nuevamente, debido a que es un alojamiento gratuito la conexión es algo inestable, sin embargo esto no es un problema crítico para este proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”).

Para la transmisión del video de la planta en tiempo real se encontró un problema debido a que no se podía entregar el video fuera de una red local lo cual limitaba el funcionamiento del servidor a una red local, se halló una solución a esto gracias al uso de ngrok; el cual es un programa que permite compartir servidores locales evitando firewalls y NATs de la red local, esto se logra estableciendo una conexión entre el servidor ngrok, un puerto local y el usuario que se conecta al servicio web, en la figura 20 podemos observar el esquema de funcionamiento en el cual se explica de manera sencilla el método de conexión del cliente al servidor al que se intenta apuntar.

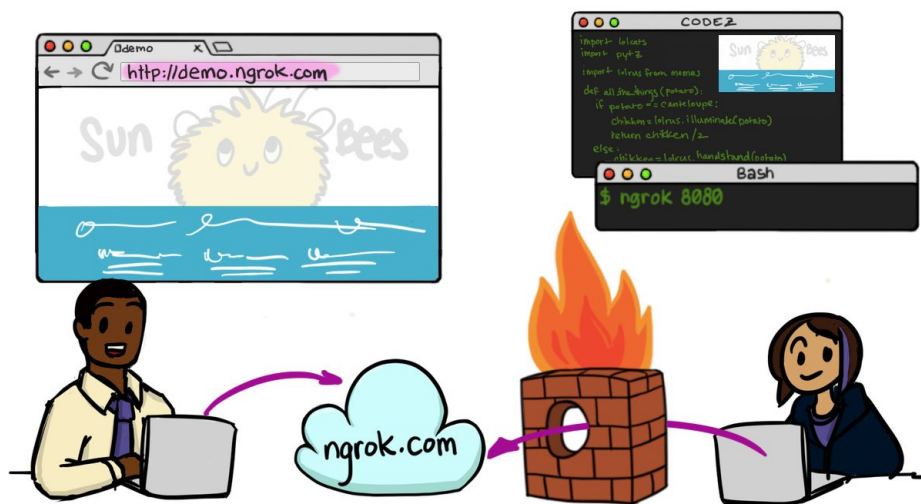


Figura 20. Esquema ngrok - Funcionamiento. [11]

La configuración de este servicio es sencilla ya que se configura gracias a una aplicación que provee la página en donde solo se necesitan unas credenciales, todo esto es posible gracias a un concepto conocido como Web Tunneling.

Por medio de un servidor web local en la raspberry pi se transmite el video en un servidor web HTTP; Ngrok tiene un plan gratuito en el cual al establecer una conexión con los servidores se genera un link aleatorio, dicho link se tiene que almacenar en la base de datos para que el servidor web pueda transmitir la imagen en vivo de la planta.

A continuación se tiene un esquema de cómo se comunican todos estos elementos:

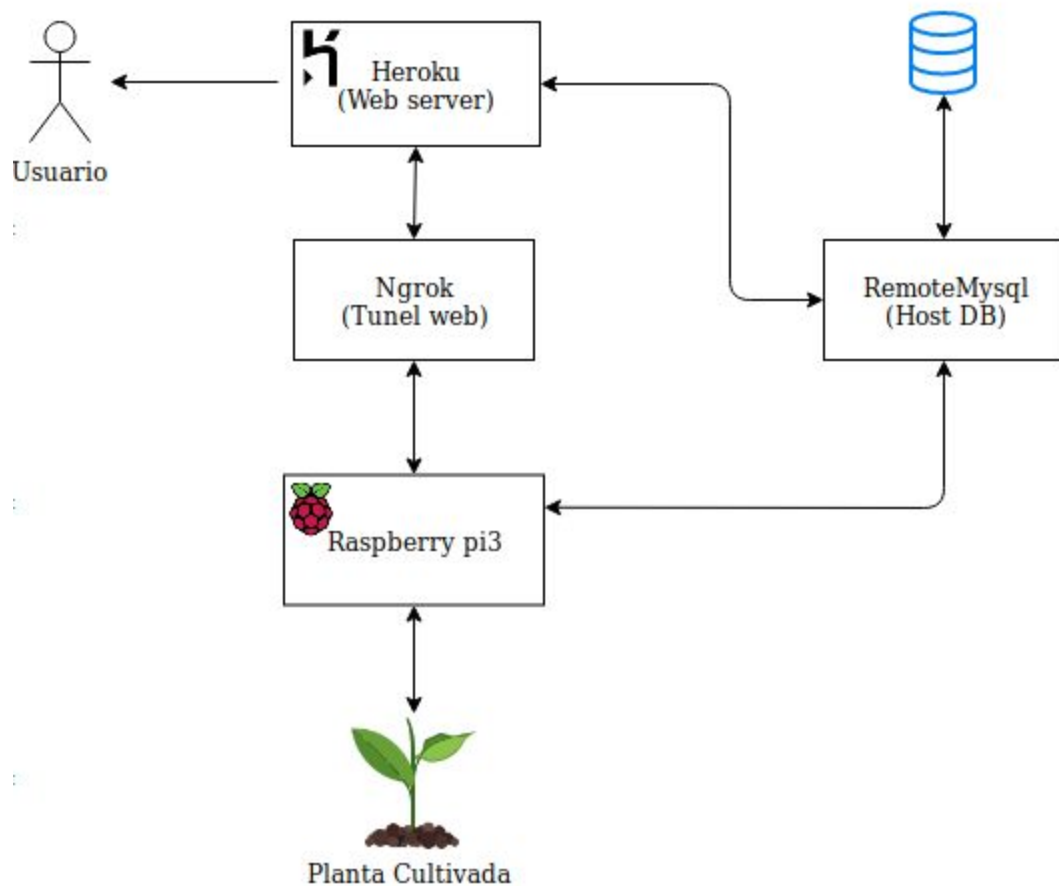


Figura 21. Diagrama de Conexión web.

8. RESULTADOS

8.1. CULTIVO OBJETO

Teniendo en cuenta la tabla 2, en la comparación de cultivos se establece la columna del “tiempo de cosecha” como la más destacada para elegir el cultivo objeto. Posteriormente se realiza la siembra de cada una de las semillas con tiempo de cosecha más rápido con la finalidad de observar su crecimiento y la facilidad de cultivo, como se muestra en la tabla 9; los tres (3) fueron sembrados en el mismo recipiente el mismo día para analizar su crecimiento.

Semana	Cilantro	Rábano	Apio
0			

2	
4	
5	

Tabla 9. Tabla de comparación para determinar cultivo objetivo.

Como se observa en la tabla 9, el crecimiento del rábano y del cilantro son los cultivos de crecimiento más rápido, mientras el apio se tarda 3 semanas para mostrar algo de germinación. Por ello se empieza a analizar desde la semana 4 más a fondo los cultivos de cilantro y rábano con la finalidad de extraer un cultivo objeto del proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”).

Como se observa el crecimiento del cilantro fue más robusto y se mantuvo en perfectas condiciones las siguientes semanas, por ello se crea un cultivo de agricultura urbana sembrando cilantro, todo esto teniendo en cuenta la tabla 3 el campo “envase” donde se recomiendan botellas.



Figura 22. Proceso de crecimiento del sembrado de agricultura urbana del cultivo objeto.

El cultivo objeto tiene un riego dependiente de la humedad de la tierra para ello se analiza las variables del sensor de humedad de la tierra (sonda YL-69 y módulo YL-38) tal y como se muestra en la figura 10.

8.2. ESTRUCTURA

Teniendo en cuenta la justificación del proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”) el diseño del sistema cuenta con bases de “Food computer” y “Open Agriculture” por ende es oportuno observar la tabla 10 en cual se muestra el costo total del proyecto el cual es COP 840.000 aproximadamente; este costo incluye toda la estructura, los actuadores y sensores integrados, adicionalmente la cámara y la cantidad de semillas y suministros para el cultivo objeto *Coriandrum sativum* de aproximadamente 4 cosechas.

Ítem		Ref	Cantidad	Costo por unidad	Total
	Sensor de humedad y temperatura	[34]	1	COP 95.000,00	COP 95.000,00
	Sensor del nivel de agua vertical	[35]	2	COP 21.000,00	COP 42.000,00
	Sensor de humedad de la tierra	[36]	1	COP 5.000,00	COP 5.000,00
	Sensor de intensidad lumínica	[37]	1	COP 13.000,00	COP 13.000,00
	Sensor de la calidad de aire	[38]	1	COP 33.000,00	COP 33.000,00
Sensores electrónicos.			6		COP 188.000,00
	Cámara (CWLC922)	[39]	1	COP 260.000,00	COP 260.000,00
	Tarjeta Raspberry PI 3B.	[40]	1	COP 160.000,00	COP 160.000,00
	Entorno de desarrollo Ubuntu Linux 16.04.		1	COP 0,00	COP 0,00
Componentes electrónicos.			3		COP 420.000,00
	Tierra	[41]	5	COP 5.000,00	COP 25.000,00
	Semillas varias.		10	COP 3.000,00	COP 30.000,00
Componentes agricultura urbana			15		COP 55.000,00
Estructura			1	COP 200.000,00	COP 200.000,00
Total					COP 838.000,00

Tabla 10. Descripción detallada del costo del proyecto.



Figura 23. Desarrollo de la estructura física.

8.3. SERVIDOR WEB

El servidor web se encuentra alojado en heroku (smartcilantro.herokuapp.com) como ya se había mencionado es un servidor de hosting compatible con django, la base de datos finalmente fue alojada en RemoteMysql.com gracias a que el servidor ofrece un máximo de tres (3) bases de datos las cuales se pueden manejar con Phpmyadmin y finalmente ngrok, el cual es el programa que permite realizar la transmisión de video de la cámara. Teniendo en cuenta las anteriores premisas los resultados de la interfaz web son los siguientes:

8.3.1. SERVIDOR WEB INICIO

De acuerdo a la Figura 16 se tiene como resultado la figura 24 en donde se implementan cambios con respecto al estilo del servidor web y se diseña un logo para el proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”).

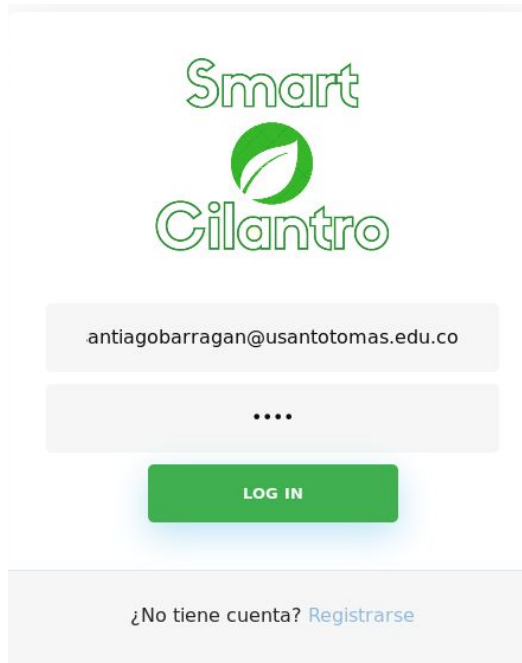


Figura 24. Resultado servidor web de login.

8.3.2. SERVIDOR WEB DE REGISTRO

De acuerdo a la Figura 17 se tiene como resultado la figura 25, en la cual si no se ingresa ningún Apellido en la base de datos este campo por defecto será NULL, y cumple con los requerimientos de la tabla 6.



Formulario de registro

Crear Cuenta

¿Ya tiene cuenta? [Log In](#)

Universidad Santo Tomás © 2019 Todos los derechos reservados
Desarrollado por: Carolina Gómez - Santiago Barragán

Figura 25. Resultado servidor web de registro.

8.3.3. SERVIDOR WEB DE ACTUALIZACIÓN DE DATOS DE PERFIL

De acuerdo a la Figura 17 se tiene como resultado las figuras 26 y 27, en las cuales si no se ingresa ningún Apellido en la base de datos este campo por defecto será NULL.

Los demás roles que no son administradores podrán realizar cambios en su cuenta como nombre, apellido o contraseña tal y como muestra la figura 26 donde el único campo inaccesible es el de username.


Inicio Perfil
Hola Carolina [Salir](#)

Formulario de datos

Guardar Cambios

Universidad Santo Tomás © 2019 Todos los derechos reservados
Desarrollado por: Carolina Gómez - Santiago Barragán

Figura 26. Resultado servidor web de perfil vista usuario no administrador.

Y si el usuario es de tipo administrador se va a mostrar una sección adicional en donde se podrá cambiar los permisos de cualquier usuario y adicionalmente unas configuraciones en la toma de datos como se muestra en la figura 27, el administrador puede realizar el cambio de nombre, apellido, privilegio ó relacionar una planta a cualquier usuario si lo desea.


[Inicio](#)
[Perfil](#)

Hola Santiago
 [Salir](#)

Formulario de datos

Santiago

Barragan Paez

pabnas

071930

Repetir contraseña

Guardar Cambios

Configuraciones

Tiempo para la toma de datos 900

Limite para empezar a regar 30

Limite para parar a regar 60

Reestablecer

Guardar

Cambio de privilegios

Username	Nombre	Apellidos	Privilegios	Planta	Acciones
pabnas	Santiago	Barragan Paez	Administrador	1. Cilantro	Cambiar
cgomez	Carolina	Gomez	Administrador	1. Cilantro	Cambiar
Alison_Ruiz	Alison	Ruiz	Usuario		Cambiar
guest	invitado	None	Invitado	1. Cilantro	Cambiar

Universidad Santo Tomás © 2019 Todos los derechos reservados
 Desarrollado por: Carolina Gómez - Santiago Barragán

Figura 27. Resultado servidor web de perfil vista usuario administrador.

8.3.4. SERVIDOR WEB DE INICIO PRINCIPAL

De acuerdo a la Figura 18, se visualizan los valores de los sensores, se observa la transmisión en vivo del crecimiento de la planta, el usuario puede cambiar el rango de fechas y graficar la medida que desee, además el servidor web posee el calendario que muestra el día de riego (por defecto es el viernes), cuenta con las alertas clasificadas según los requerimientos de la tabla 8 (rojo, amarillo y verde) y este servidor web contiene los documentos de ayuda para el usuario.

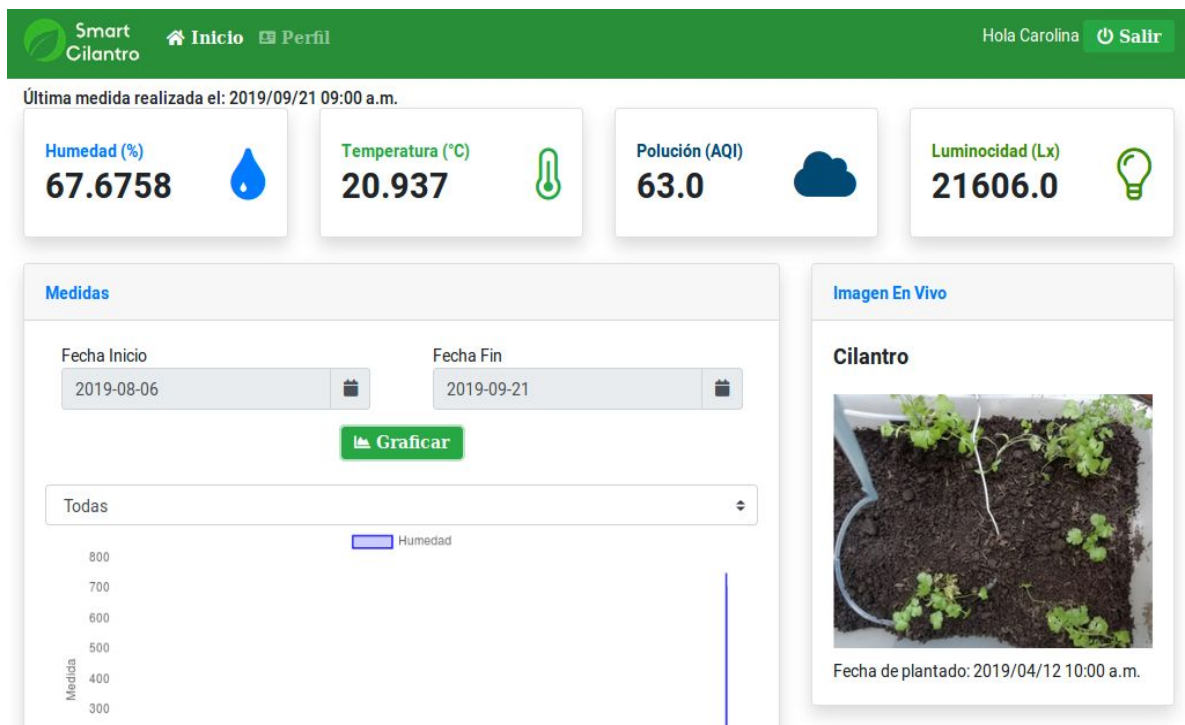


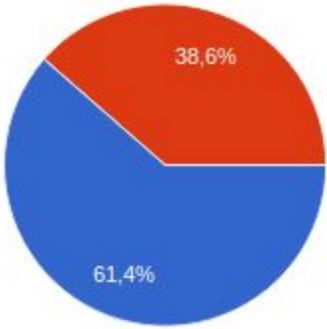
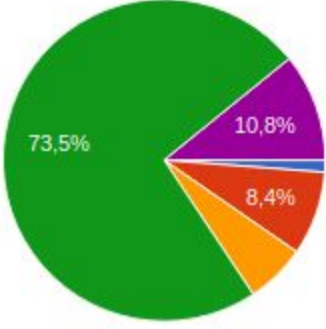


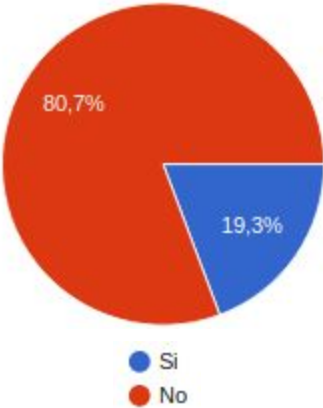
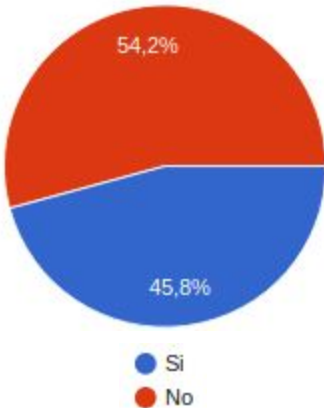
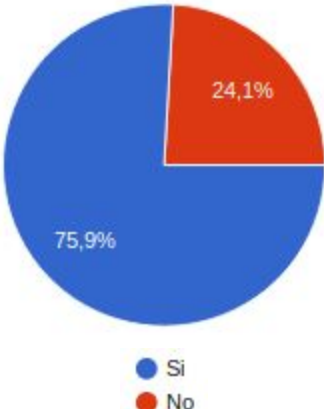
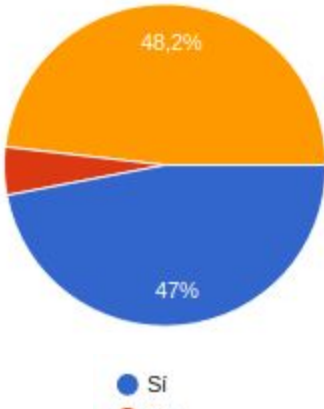
Figura 28. Resultado servidor web principal de inicio.

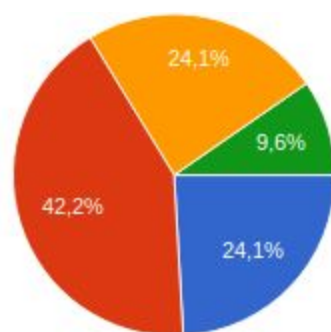
8.4. ACERCAMIENTO COMUNIDADES

Con la finalidad de evidenciar las características del proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”) se realizó un registro videográfico, en el cual se muestra el uso del servidor web y adicionalmente se realiza un sondeo de 10 preguntas obligatorias y una pregunta opcional a las personas que lo vieron.

Las 10 (diez) preguntas obligatorias arrojaron los siguientes resultados mostrados en la tabla :

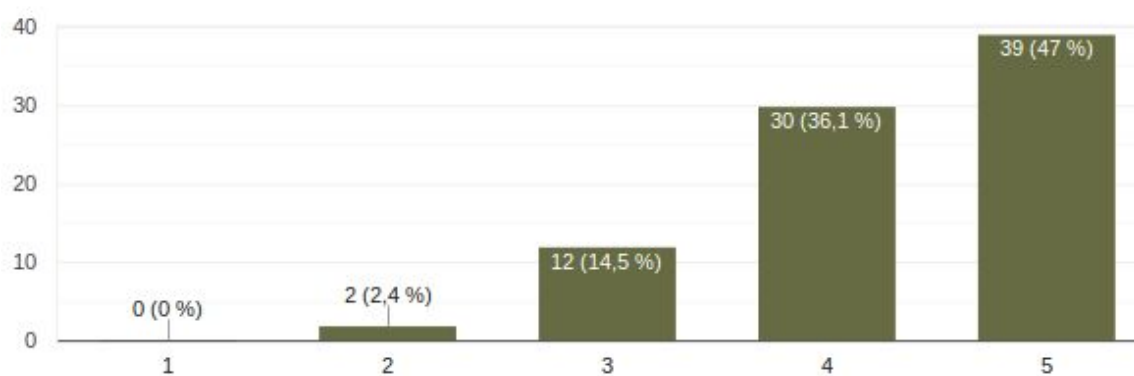
Confirma tu género.	Nivel de educación
 61,4% 38,6% ● Mujer ● Hombre	 73,5% 10,8% 8,4% ● Educación básica primaria ● Educación básica secundaria ● Educación tecnológica profesional y tecnológica ● Educación universitaria ● Postgrado
¿Sabes qué son las computadoras de comida?	¿Sabes sembrar un cultivo?

 19,3% 80,7% ● Si ● No	 54,2% 45,8% ● Si ● No
¿Estarías interesado en adquirir un sistema de monitoreo y asistencia de un cultivo de agricultura urbana?	Pagarías por automatizar la siembra de un cultivo
 75,9% 24,1% ● Si ● No	 48,2% 47% ● Si ● No ● Tal vez
¿Cuánto dinero estaría dispuesto a pagar por un sistema de monitoreo totalmente automatizado ?	

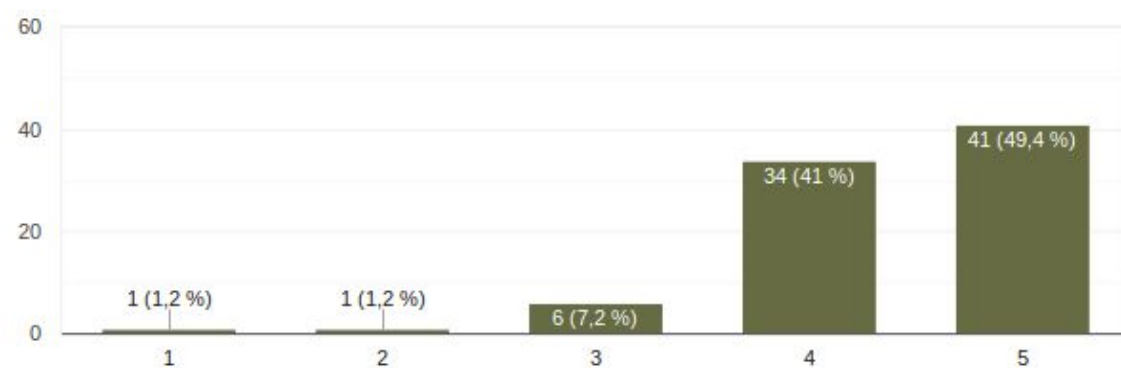


- Entre 50.000 COP y 100.000 COP
- Entre 100.000 COP y 300.000 COP
- Mas de 300.000 COP
- Menos de 50.000 COP

¿Qué tan satisfecho estaría con adquirir el sistema de SMART CILANTRO?



Calificación de las páginas web del proyecto



Calificación de la iniciativa del proyecto

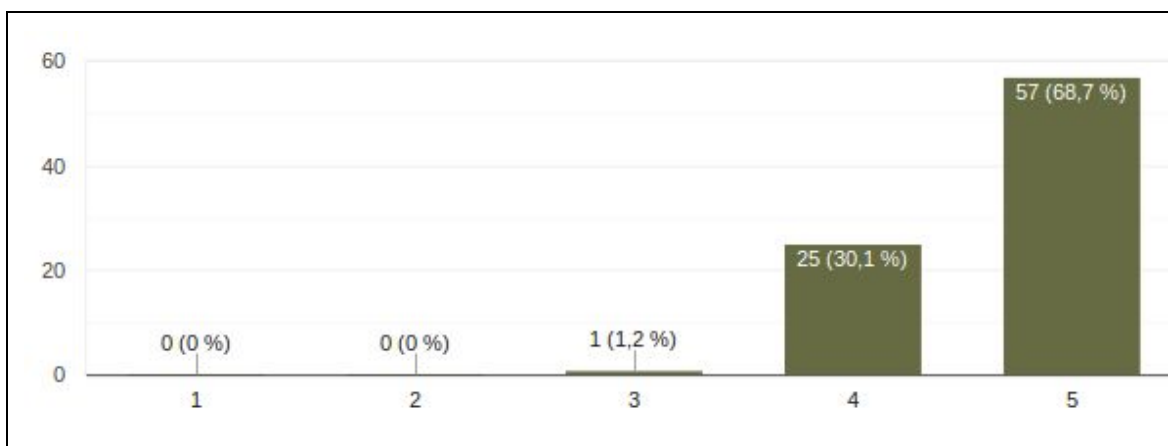


Tabla 11. Resultados sondeo.

El sondeo demuestra que la mayoría de personas están interesadas en adquirir el sistema de "Smart Cilantro" por dos razones, la primera de ellas es el tiempo y la segunda es el desconocimiento de la siembra y monitoreo de un cultivo. Así mismo demuestran desconocimiento por prácticas como agricultura urbana o tendencias como food computer, lo cual impulsa a la innovación en Colombia, además que apoyan la iniciativa del proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de "food computer"); y el costo para adquirirlo oscila entre los 100.000 COP y los 300.000 COP.

La pregunta opcional fue una opinión personal del proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de "food computer"), la mayoría de encuestados no respondieron y las respuestas más relevantes fueron las siguientes:

"Pienso que es muy útil para las personas que tienen sus cultivos ya que les permite lograr un buen resultado y solo deben hacer una inversión inicial."

"Es una ayuda inmensa para la comunidad que le gusta el cultivo y no sabe cómo, una buena manera de ayudar a la alimentación saludable en casa."

"Se ve la dedicación, esfuerzos y conocimiento adquirido... muy buen proyecto aunque es mejor implementarlo hacia un producto más rentable."

"Me encanta que podamos retomar la agricultura y así comer sano eso ayudaría a mejorar nuestra Salud, Excelente proyecto."

"La página web tiene información muy útil, de pronto debería tener un poco más de ayuda sobre cómo debería ser el valor de esas variables dependiendo de lo que se quiere sembrar, es decir, cómo debería ser la humedad o cómo debería ser la temperatura,"

entre otros.”

“Buena propuesta para supervisar y controlar un cultivo, podría ahorrar tiempo y dinero de alguien que se dedique a hacer varios cultivos.”

Estos comentarios demuestran el interés de los encuestados, así como ejemplifican que la propuesta de agricultura urbana inteligente es de gran ayuda para todos; porque la tendencia de la mayoría de personas es tener total acceso y control desde un dispositivo conectado a internet.

9. CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema que emplea el concepto “Food computer” para agricultura urbana en Bogotá. De esta forma, a través de la integración de SBC y servicios Web se garantiza el monitoreo y asistencia para el proceso de cultivo de la especie [*Coriandrum sativum*] durante las diferentes fases: siembra, germinación, crecimiento, etc.
- El establecimiento de los requerimientos de monitoreo y la definición de la asistencia se realizó un proceso de consulta basado en documentación de expertos en agricultura urbana (cartillas de expertos en tecnologías agropecuarias); esto se logró mediante el proceso de identificación de plantas y técnicas de cultivo (como se muestra en el ítem 7.1 Cultivo), proceso que permitió la experimentación con diversos cultivos dando como resultado el cultivo objeto (*Coriandrum sativum* - Cilantro) por las características de crecimiento y facilidad en la implementación del sistema de monitoreo de agricultura inteligente.
- El desarrollo del sistema de asistencia al usuario se realizó una solución implementada con base al despliegue de un sistema de información orientado a Web. De esta forma, la solución es fácilmente escalable, existiendo posibilidades de inclusión de nuevas funcionalidades (por ejemplo una APK); esto requiere principalmente, que se haga necesario garantizar la disponibilidad tanto del servidor de bases de datos como del servidor Web.
- Se diseñó una estructura con dimensiones (79 cm x 31.5 cm x 49 cm) las cuales permite que el crecimiento de la planta no se vea afectado, con la finalidad de que no existan obstáculos que impidan el desarrollo de la misma; adicionalmente se incluye un espacio en la estructura donde se ubica la instrumentación electrónica junto con un tanque de agua para el riego del cultivo.
- Se desarrolla un acercamiento de manera virtual mediante un video a las personas interesados en temáticas de siembra de un cultivo y crecimiento inteligente, para ello se realizó el sondeo dando como resultado un interés particular para adquirir estas tecnologías (cautivados totalmente por el diseño de los servidores web) y así mismo mostrando total atracción por el beneficio tanto económico como saludable del proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”).
- Como el proyecto (Implementación de un sistema para el monitoreo y asistencia de agricultura urbana basado en el concepto de “food computer”) se encuentra en plataformas gratuitas, la conexión es inestable y así mismo si se conectan

bastantes usuarios al tiempo, estos poseerán lentitud al navegar en los diferentes servidores web.

- Se ha desarrollado e implementado una herramienta para agricultura urbana inteligente basados en el concepto de “food computer” el cual ha sido elaborado a pequeña escala; para realizar un despliegue mayor de esta herramienta no implica un desarrollo adicional sino el aumento de recursos que permitan hacer uso de servidores web y otros servicios totalmente dedicados y de mayor estabilidad.
- El desarrollo del cultivo fue específico dadas las condiciones del cilantro y su rápido crecimiento como se muestra en la tabla 9, pero el sistema es adaptable totalmente adicionalmente el costo de “smart cilantro” no supera los 260 dólares ubicándolo en uno de los más económicos como se muestra en la tabla 1, la ventaja del proyecto es la escalabilidad y facilidad de cultivo, porque no depende de ninguna cápsula ni contenedor específico, basta con adquirir cualquier semilla y consultar en la cartilla el tiempo de riego y analizar las variables para el crecimiento de cualquier cultivo.
- El proyecto depende principalmente de una conexión a internet por lo que se plantea un modo offline en el cual se guarden las mediciones con el objetivo de que al volver la conexión los datos se registren en el sistema, teniendo en cuenta que después de pasar un tiempo si no se registra actividad se muestre la alerta correspondiente.
- Para hacer este proyecto más rentable y más atractivo a un público se plantea diseñar una versión más diminuta y liviana en donde se plante menos pues el prototipo que se presentó por la cantidad de tierra y el tamaño hace que sea molesto de mover.
- El trabajo futuro se desarrolla principalmente en escalar “smart cilantro” teniendo en cuenta que existen diferentes usuarios y cada usuario puede tener más de una planta, así mismo se debe tener en cuenta el rol que desempeñan. El escalamiento se puede desarrollar a una base de datos más grande donde se fortalezca una comunidad en la cual se brindan recursos abiertos como es el caso de “Food Computer”

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Universidad Santo Tomás. (2019, 21 Septiembre). Dirección Nacional de Planeación - Líneas de acción PIM. [Online]. Disponible en: <https://planeacion.usta.edu.co/index.php/planeacion-en-la-usta/planeacion-integral-multicampus-pim-2016-2017/lineas-de-accion>
- [2] Secretaria de salud. (2018, 20 Junio) ¿Qué efectos en la salud produce la contaminación del aire en Bogotá?. Observatorio Salud Ambiental de Bogotá. [Online]. Disponible en <http://biblioteca.saludcapital.gov.co/ambiental/index.shtml?apc=g1f1--0797b8798cdbcab dce9a20d86405c4e6&x=5748&s=g&m=g&nocache=1>
- [3] Organización Mundial de la Salud. (2018, 20 Junio). ¿Residuos de plaguicidas en los alimentos?. Organización Mundial de la Salud. [Online]. Disponible en <http://www.who.int/features/qa/87/es/>
- [4] FAO. (2018, 18 Junio). Agricultura urbana. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [Online]. Disponible en <http://www.fao.org/urban-agriculture/es/>
- [5] OpenAg MIT Media Lab. (2018, 19 Junio). Personal Food Computers. MIT Media Lab Recuperado de <https://www.media.mit.edu/projects/personal-food-computer/overview/>
- [6] Portafolio. (2018, 18 Junio). La agricultura moderna, una buena forma de vivir . Revista Portafolio [Online]. Disponible en <http://www.portafolio.co/economia/infraestructura/la-agricultura-moderna-una-buena-forma-de-vivir-499107>
- [7] Cartilla técnica de agricultura urbana. (2018, 29 Mayo). Jardín Botánico de Bogotá. Recuperado de http://www.jbb.gov.co/documentos/tecnica/2018/cartilla_tecnica_agricultura_urbana.pdf
- [8] Sebastián García González. (2018, 14 Agosto). Consumo de los hogares colombianos en función de su nivel de ingreso. Revista Ploutos 7. [Online]. Disponible en <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/plou/article/download/1871/1722>.
- [9] Banco Interamericano de Desarrollo. (2018, 8 Agosto). Agricultura Urbana: ¿La ciudad como área de cultivo?. Ciudades Sostenibles. [Online]. Disponible en <https://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2013/08/22/agricultura-urbana/>.
- [10] J. Cortes (2018, 1 Agosto). Más de 300 huertas familiares y comunitarias funcionan en

Bogotá. Alcaldía Mayor de Bogotá Secretaría General [Online]. Disponible en <http://www.bogota.gov.co/article/temas-de-ciudad/ambiente/desarrollo-economico/300-huertas-familiares-funcionan-en-bogota>.

[11] FAO. (2018, 8 Agosto). Agricultura urbana y periurbana en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [Online]. Disponible en <http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/es/CMVALC/index.html>.

[12] FAO y PMA. (2018, 8 Agosto). Análisis de la incidencia de la cooperación entre la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (fao) y el programa mundial de alimentos (pma) en la lucha contra el hambre en india. periodo de estudio 2003 - 2007. [Online]. Disponible en www.un.org/spanish/news/fullstorynews.asp?NewsID=8731.

[13] José Gómez. (2018, 8 Agosto). Agricultura Urbana en América Latina y Colombia: perspectivas y elementos agronómicos diferenciadores. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Programa Agronomía Medellín. [Online]. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2749/1/15385851.pdf>.

[14] Caleb Harper. (2018, 8 Agosto). Esta computadora cultivará comida en el futuro. TED. [Online]. Disponible en https://www.ted.com/talks/caleb_harper_this_computer_will_grow_your_food_in_the_future?language=es.

[15] Github. OpenAg MIT Media Lab. (2018, 8 Agosto). Build instructions. MIT Media Lab Recuperado de https://github.com/OpenAgInitiative/openag_pfc2/blob/master/instructions.md.

[16] OpenAg MIT Media Lab. (2018, 8 Agosto). How to Build and Run PFC. MIT Media Lab Recuperado de https://wiki.openag.media.mit.edu/pfc_resources.

[17] Representantes Francisco Pareja y otros. (2018, 15 Agosto). Proyecto de Ley 103 de 2012 Cámara [Online]. Disponible en http://www.imprenta.gov.co/gacetap/gaceta.mostrar_documento?p_tipo=05&p_numero=103&p_consec=33763

[18] Kickstarter. (2018, 8 Agosto). Smart garden por Click and Grow. [Online]. Disponible en <https://www.kickstarter.com/projects/mattiaslepp/the-smart-garden-your-solution-for-better-food?lang=es>.

- [19] Diego Rodríguez. (2018, 19 Junio). Agricultura urbana en Bogotá: aporte para el cambio cultural. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales. [Online]. Disponible en <http://bdigital.unal.edu.co/56389/1/80226761.2017.pdf>.
- [20] Cristina López, Grupo de Investigación EECO, Universidad de Antioquia. (2018, 10 Junio) Monitoreo de poblaciones de plantas para conservación. Ecología evolutiva y conservación [Online]. Disponible en <http://grupoeeco.org/gallery/lopez-gallego,c.%202015%20-%20manual%20-%20monitoreo%20de%20poblaciones%20de%20plantas%20para%20conservacion.pdf>
- [21] Portafolio. (2018, 3 Agosto). Agricultura inteligente. Portafolio. [Online]. Disponible en <http://www.portafolio.co/opinion/manuel-jose-cardenas/agricultura-inteligente-42978>.
- [22] OpenAg MIT Media Lab. (2018, 19 Junio). Open Agriculture Initiative. MIT Media Lab Recuperado de <https://www.media.mit.edu/groups/open-agriculture-openag/overview/>
- [23] Korth, Henry F. "Fundamentos de bases de datos 4 edicion". McGraw-Hill, 1987 [Online]. Disponible en http://artemisa.unicauca.edu.co/~cardila/Libro_Silberschatz.pdf.
- [24] Margaret Rouse (2015, enero). ¿Qué es MySQL? [Online]. Disponible en <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/MySQL>.
- [25] Amazon. (2019, noviembre). Servicio de base de datos NoSQL rápido y flexible para cualquier escala. [Online]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/dynamodb/>.
- [26] Official page phpmyadmin (2019, 1 Abril). About phpmyadmin [Online]. Disponible en <https://www.phpmyadmin.net/>.
- [27] Margaret Rouse (2016, diciembre). ¿Qué es Servidor Web? [Online]. Disponible en <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Servidor-Web>.
- [28] Official page Django (2019, 20 Junio). About the Django Software Foundation [Online]. Disponible en <https://www.djangoproject.com/>.
- [29] MDN web docs (2019, 1 Abril). HTTP [Online]. Disponible en <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTTP>.
- [30] MIT(2019, 1 Abril). Build a personal food computer. [Online]. Disponible en: <https://www.media.mit.edu/posts/build-a-food-computer/>.
- [31] Jardín Botánico Bogotá. (2019, Abril). Agricultura Urbana. [Online]. Disponible en: <http://www.jbb.gov.co/index.php/agricultura-urbana>.

[32] Omega ENGINEERING™ (2019, Abril). Sistema de adquisición de Datos. [Online]. Disponible en: <https://es.omega.com/prodinfo/adquisicion-de-datos.html>

[33] Cortés Jimmy; Cano Hugo; Chaves José. (2019, Noviembre). Fundamentos y aplicación del muestreo en señales ubicadas en las bandas altas del espectro. Scientia Et Technica ISSN. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920503008.pdf>.

[34] La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (2019, 1 Abril). Guía de Capacitación en temas agrícolas para Agricultores Familiares. [Online]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5249s.pdf>

[35] Janine Schonwald Francisco Pescio. (2018, 15 Agosto). Mi casa, mi huerta Técnicas de agricultura urbana [Online]. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_mi_casa-_mi_huerta.pdf.

[36] SciJinks (2018, 14 Septiembre). How is air quality measured? [Online]. Disponible en <https://scijinks.gov/air-quality/>.

11. REFERENCIAS IMÁGENES

- [1] OpenAg MIT Media Lab. (2018). Ilustración de OpenAg “Personal Food Computer”. [Figura 2]. Recuperado de https://wiki.openag.media.mit.edu/pfc_resources.
- [2] Kickstarter. (2018). Ilustración de las características de Smart Garden por Click and Grow. [Figura 3]. Recuperado de <https://www.kickstarter.com/projects/mattiaslepp/the-smart-garden-your-solution-for-better-food?lang=es>.
- [3] OpenAg MIT Media Lab. (2018). How to Build and Run PFC. MIT Media Lab Recuperado de https://wiki.openag.media.mit.edu/pfc_resources.
- [4] Naylampmechatronics. (2019). Ilustración del sensor de temperatura del aire. [Figura 8]. Recuperado de https://naylampmechatronics.com/759-thickbox_default/sensor-de-temperatura-digital-ds18b20.jpg
- [5] Shopify. (2019). Ilustración del sensor de nivel de agua vertical. [Figura 8]. Recuperado de https://cdn.shopify.com/s/files/1/0557/2945/products/Sensor_Nivel_Agua_Vertical_-_ElectroCrea_x700.png?v=1546435656
- [6] Electronicastore (2019). Ilustración del sensor de humedad de la tierra. [Figura 9]. Recuperado de <https://electronicastore.net/wp-content/uploads/2016/11/Sensor-de-humedad-del-suelo.jpg>
- [7] Linio México (2019). Ilustración del sensor de intensidad lumínica [Figura 10]. Recuperado de <https://i.linio.com/p/6f86b44efc54094153e008c977b48815-product.jpg>
- [8] Github (2019). Ilustración del sensor de calidad del aire [Figura 11]. Recuperado de https://raw.githubusercontent.com/SeeedDocument/Grove_Air_Quality_Sensor_v1.3/master/img/Grove%20Air%20Quality%20Sensor_big.jpg
- [9] Accesorios para computadores Colombia (2019). Ilustración del sensor de la cámara web usada en el proyecto [Figura 12]. Recuperado de http://www.accesoriosparacomputadores.co/726-large_default/camara-web-logitec-hp-pro-usb.jpg

[10] Mactronica (2019). Ilustración de la mini bomba de agua. [Figura 13]. Recuperado de https://static.mercadoshops.com/mini-bomba-de-agua-12v_iZ1003032307XvZgrandeXpZ1XfZ81411643-482974933-1XsZ81411643xIM.jpg

[11] Ngrok (2019). Ilustración del funcionamiento de la transmisión de video. [Figura 20]. Recuperado de <https://ngrok.com/>