

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | <p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE INGENIERÍA PARA LA GENTE</p> | Código | FDE 028 |
| | | Versión | 01 |
| | | Fecha | 2015-10-05 |

**DESARROLLO DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGAS
AUTOMATIZADO TIPO FLUJO Y REFLUJO, CON SOLUCIÓN NUTRITIVA Y
UTILIZANDO UN SUSTRATO VEGETAL, EN LA FUNDACIÓN CULTIVOS DE
AMOR UBICADO EN BELÉN SAN BERNARDO MUNICIPIO DE MEDELLÍN.**

Ana Carolina Ortiz Vásquez

Francisco Javier Aguilar Mejía

Leidy Yulieth Pérez Díaz

Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones

Director: Msc. Carlos Osvaldo Velásquez Santos

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
Septiembre 2018**

RESUMEN

El propósito de este trabajo escrito es realizar un cultivo hidropónico de lechugas automatizado, con el cual se benefician a diversas personas que visitan la Fundación Cultivos de Amor y además busca concientizar la importancia de las buenas prácticas medioambientales.

El sistema se automatiza empleando una tarjeta Arduino, esta tarjeta posee conexiones para diferentes tipos de periféricos de entrada y de salida para mediciones de pH, Electro conductividad (EC), temperatura, oxigenación de la sustancia nutritiva con Bomba de recirculación y de generación de burbujas de aire.

Este desarrollo se hará en una fundación llamada FUNDACUDA, en ella se reciben constantes visitas de Colegios, grupos de la tercera edad y PMR (personas con movilidad reducida), permitiendo que todas estas personas tengan contacto directo con esta nueva implementación de cultivos que facilita el aprovechamiento de los recursos y mejora la productividad reduciendo el tiempo de cultivo de las lechugas. La modalidad de trabajo de grado que se eligió para este proyecto fue ingeniería para la gente, con la cual se busca resolver el problema de la falta de cultivos hidropónicos para impactar una comunidad.

Palabras clave: Arduino, Hidropónico, sensor, cultivo, periférico, Electro conductividad.

RECONOCIMIENTOS

Agradecimientos a los docentes del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) por compartir su conocimiento y aportar en nuestra formación profesional y personal durante la carrera realizada.

A la fundación FUNDACUDA por permitirnos el espacio para llevar a cabo el proyecto y brindarnos apoyo directo en diferentes fases del proceso.

Al equipo de investigación del Politécnico JIC, por su contribución con el apoyo en la implementación del software.

A nuestras familias por su apoyo.

ACRÓNIMOS

PMR Persona de movilidad reducida.
PH Muestra el estado de acidez en una solución.
PVC Poli cloruro de vinilo
FC Factor de conductividad.
CE Conductividad Eléctrica.
PLC Controlador Lógico Programable.
FUNDACUDA Fundación Cultivos de Amor.
TDS Solidos disueltos
GND Tierra
VDD Voltaje de alimentación positiva

Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1 Generalidades | 10 |
| 1.2 Objetivo General | 10 |
| 1.3 Objetivos Específicos..... | 11 |
| 1.4 Organización del trabajo | 11 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 12 |
| 2.1 Hidroponía..... | 12 |
| 2.1.1 Historia Hidroponía | 13 |
| 2.2 Beneficios e inconvenientes en cultivos hidropónicos | 13 |
| 2.2.1 Beneficios | 14 |
| 2.2.2 Inconvenientes | 14 |
| 2.3 Técnicas hidropónicas | 14 |
| 2.3.1 Sistema de hidroponía NFT (Nutrient Film Technique)..... | 15 |
| 2.3.2 Sistema de raíz flotante..... | 16 |
| 2.3.3 Sistema Flujo y Reflujo | 17 |
| 2.4 Nutrición del sistema hidropónico..... | 17 |
| 2.4.1 PH..... | 17 |
| 2.4.2 Electroconductividad y Sólidos disueltos (C y TDS)..... | 18 |
| 2.5 Solución nutritiva | 19 |
| 2.5.1 Nutrientes principales (macronutrientes)..... | 21 |
| 2.5.2 Elementos menores (Micronutrientes) | 22 |
| 2.6 Requisitos de la Hidroponía | 24 |
| 2.6.1 Ubicación | 24 |
| 2.6.2 Iluminación | 25 |
| 2.6.3 Germinación y Semillero | 25 |
| 2.6.4 Crecimiento | 26 |
| 2.6.5 Agua..... | 26 |
| 2.6.6 Lechuga..... | 26 |
| 2.7 Fuente de poder | 32 |
| 2.7.1 Etapas voltaje Alterno a Directo..... | 32 |

| | |
|--|----|
| 2.7.2. Características ATX-750 WATTS | 33 |
| 2.8 SENSORES | 34 |
| 2.8.1 Sensor de PH..... | 34 |
| 2.8.2 Sensor de Electro conductividad | 38 |
| 2.8.3 Sensor de temperatura DS18B20 | 42 |
| 2.9 Actuadores | 46 |
| 2.9.1 Bomba de recirculación | 46 |
| 2.9.2 Bomba de Burbujas (aire) | 49 |
| 2.9.3 Módulo de 4 Relé 5V | 50 |
| 2.9.4 Modulo Dimmer | 51 |
| 2.10 Pantalla LCD 2X16 | 52 |
| 2.11 Arduino..... | 53 |
| 3 METODOLOGÍA | 56 |
| 3.1 Identificación de la necesidad..... | 56 |
| 3.2 Recursos | 56 |
| 3.3 Preparación de la solución nutritiva | 58 |
| 3.4 Semillero..... | 60 |
| 3.5 Verificación de medidas PH, EC y temperatura | 61 |
| 3.6 Ensamble de la estructura y el módulo completo | 64 |
| 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 71 |
| 4.1 Resultados..... | 71 |
| 4.2 Discusión | 75 |
| 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO | 76 |
| 5.1 Conclusiones | 76 |
| 5.2 Recomendaciones | 76 |
| 5.3 Trabajo a futuro | 77 |
| REFERENCIAS | 79 |
| APÉNDICE | 81 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Técnicas hidropónicas | 15 |
| Figura 2. Sistema NFT | 15 |
| Figura 3. Sistema de raíz flotante | 16 |
| Figura 4. Sistema de flujo y reflujo | 17 |
| Figura 5. Valores de pH | 18 |
| Figura 6. Valores solución nutritiva para lechuga | 20 |
| Figura 7. Lechuga acogollada de hojas crujientes | 28 |
| Figura 8. Lechuga Romana | 29 |
| Figura 9. Lechugas crespas verde y morada. | 29 |
| Figura 10. Lechuga acogollada hoja mantecosa. | 30 |
| Figura 11. Fuente ATX | 32 |
| Figura 12. Transformación, filtrado, estabilización | 33 |
| Figura 13. Sensor y módulo de PH | 34 |
| Figura 14. Esquema de los dos electrodos usados para medir pH | 34 |
| Figura 15. Calibración PH offset- corto circuito en conector BNC. | 36 |
| Figura 16. Módulo de PH | 36 |
| Figura 17. Solución Calibración de PH | 37 |
| Figura 18. Valor de PH Vs Salida de voltaje | 37 |
| Figura 19. Gráfica de la ecuación de conversión entre voltaje y PH medido | 38 |
| Figura 20. Sensor de Conductividad | 38 |
| Figura 21. La relación entre la lectura analógica y la CE. | 41 |
| Figura 22. Sensor de temperatura DS18B20 | 42 |
| Figura 23. DS18B20 | 42 |
| Figura 24. Esquema Alimentación del sensor a través del pin de datos | 45 |
| Figura 25. Esquema de alimentación con fuente externa | 45 |
| Figura 26. A: Funcionamiento Bomba de diafragma B: aspirando; C: impulsando | 46 |
| Figura 27. Funcionamiento de una Bomba de diafragma | 47 |
| Figura 28. Bomba de recirculación sumergible | 47 |
| Figura 29. Curva de la bomba recirculación sumergible | 48 |
| Figura 30. Bomba de burbujas | 49 |
| Figura 31. Módulo de Relé | 50 |
| Figura 32. Módulo Dimmer | 51 |
| Figura 33. Pantalla LCD 2X16 | 52 |
| Figura 34. Diagrama de conexión pantalla LCD al Arduino | 53 |
| Figura 35. Arduino uno | 54 |

| | |
|---|----|
| Figura 36. Fundación cultivos de amor | 56 |
| Figura 37. Preparación nutriente mayor | 59 |
| Figura 38. Preparación nutriente menor | 60 |
| Figura 39. Semillero con solución nutritiva | 61 |
| Figura 40. Semillero con paca digestora | 61 |
| Figura 41. Medidas en productos | 62 |
| Figura 42. Calibración de sensores EC | 63 |
| Figura 43. Medidas PH, EC y temperatura de solución nutritiva | 64 |
| Figura 44. Invernadero con plástico Israelí | 65 |
| Figura 45. Medidas del módulo | 66 |
| Figura 46. Recipiente superior | 67 |
| Figura 47. Tapa del recipiente superior | 67 |
| Figura 48. Componentes en el recipiente superior | 68 |
| Figura 49. Características recipiente plástico | 68 |
| Figura 50. Componentes en la parte inferior | 69 |
| Figura 51. Laterales del módulo de control | 69 |
| Figura 52. Componentes internos del módulo de control | 70 |
| Figura 53. Pregunta 1 | 71 |
| Figura 54. Pregunta 2 | 71 |
| Figura 55. Pregunta 3 | 72 |
| Figura 56. Pregunta 4 | 72 |
| Figura 57. Pregunta 5 | 73 |
| Figura 58. Pregunta 6 | 73 |
| Figura 59. Pregunta 7 | 73 |
| Figura 60. Pregunta 8 | 74 |
| Figura 61. Pregunta 9 | 74 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Valores de CE durante desarrollo de planta | 19 |
| Tabla 2. Relación unidades CE y ppm | 19 |
| Tabla 3. Importancia económica mundial del cultivo de lechuga | 27 |
| Tabla 4. Valor nutrimental | 31 |
| Tabla 5. Características eléctricas DC | 43 |
| Tabla 6. Características eléctricas AC | 44 |
| Tabla 7. Características técnicas del Arduino uno | 55 |
| Tabla 8. Costo de materiales 1 | 57 |
| Tabla 9. Costo de materiales 2 | 58 |
| Tabla 10. Medidas de EC en Agua y soluciones de calibración | 63 |

1.INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

En la actualidad cada vez más, se ven aplicaciones con tendencias al cuidado ambiental y el aprovechamiento de los espacios con dispositivos automatizados, es allí donde se hace importante la hidroponía urbana acompañando el desarrollo del hombre en la generación de alimentos menos tóxicos, económicos, con mayor rendimiento y calidad.

El cultivo hidropónico consiste en cultivar sin necesidad de suelo, en un espacio pequeño, mediante recipientes con un sustrato base y con una solución compuesta de nutrientes que son esenciales para alimentar las plantas del cultivo.

Dentro de los avances de la hidroponía nos encontramos con métodos como el de flujo y reflujo, que acompañados de tecnología permiten lograr sistemas automatizados en el control y ejecución de tareas antes realizadas totalmente por personas.

Se realizó la automatización de un cultivo de lechugas con la tarjeta Arduino uno, que cuenta con un código abierto, hardware y software fáciles de usar. El Arduino se encarga de acceder a la información de los sensores para el control del display, motor, alertas, entre otros.

Este desarrollo se realizará en FUNDACUDA, fundación que actualmente es una organización ambientalista, con experiencia en la agricultura urbana, dispuesta a innovar y volcarse de lleno al futuro con los cultivos limpios y la utilización de energía renovable. La fundación carece de cultivos hidropónicos. Por lo tanto, se decidió desarrollar este proyecto para dar una solución innovadora en el cultivo de lechuga.

En esta fundación se reciben constantes visitas de Colegios, grupos de la tercera edad, PMR (personas con movilidad reducida) entre otros.

La solución propuesta servirá para permitir que todas estas personas que visiten la fundación tengan contacto directo con esta nueva implementación de hidroponía urbana la cual facilita el aprovechamiento de los recursos y mejora la productividad reduciendo el tiempo de cultivo de las lechugas, convirtiéndose así en un nuevo referente como herramienta para la investigación y la enseñanza.

1.2 Objetivo General

Desarrollar un cultivo de lechugas con hidroponía urbana automatizado tipo flujo y reflujo, con solución nutritiva y utilizando un sustrato vegetal en la Fundación Cultivos de amor ubicado en Belén San Bernardo municipio de Medellín.

1.3 Objetivos Específicos

- Desarrollar un cultivo hidropónico automatizado y económico, sin el uso de maquinaria costosa y fácil de utilizar.
- Automatizar el cultivo hidropónico de lechugas, mediante la plataforma Arduino para el monitoreo de PH, Electro conductividad y temperatura con el fin de reducir la intervención humana y optimizar la producción.
- Realizar un paralelo con un cultivo tradicional, se sembrarán las lechugas abonadas con el producto de la paca digestora, con el fin de establecer diferencias entre ambos tipos de cultivos.

1.4 Organización del trabajo

En el capítulo 2 se encuentra el marco teórico, donde se encuentran las generalidades y consultas para la realización del proyecto, información sobre hidroponía, beneficios e inconvenientes en cultivos hidropónicos, técnicas hidropónicas, nutrición del sistema hidropónico, solución nutritiva, requisitos de la hidropónica, la fuente de poder del sistema de control, Sensores, actuadores, pantalla LCD, Arduino, dentro de este marco teórico se presenta el beneficio que genera el producto.

En el capítulo 3, se presenta una metodología descriptiva que evidencia las diferentes fases durante el desarrollo del producto.

En el capítulo 4 se encuentran los resultados obtenidos con la instalación del proyecto en la Fundación.

En el capítulo 5, se presentan conclusiones según las metas trazadas, también se mencionan posibles trabajos futuros con el resultado final del proyecto.

2.MARCO TEÓRICO

2.1 Hidroponía

“La hidroponía (hidros = agua y ponos = trabajo o actividad) es traducido literalmente como trabajo del agua y es una técnica de producción de cultivos sin suelo. El suelo es reemplazado por el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella. Las plantas toman sus alimentos minerales de las soluciones nutritivas, adecuadamente preparadas; y sus alimentos orgánicos los elaboran autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis. La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad y asegurar un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área son altos, por la mayor densidad y elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas por año (Malca, GO. 2001. Seminario de agro negocios, lechugas hidropónicas (en línea). Lima, Perú, Universidad del Pacífico. 96 p. Consultado 17 marzo. 2002. Disponible en www.upbusiness.net.)”

El cultivo hidropónico se ha incrementado a través de los años ya que al no necesitar el suelo se puede incrementar la producción en áreas urbanas con espacios reducidos como en el techo, balcón, terraza. La producción se incrementa, más limpia y sana con menor tiempo en el desarrollo de la planta. Se incrementa la calidad, lechugas más bonitas. Se pueden cosechar lechugas en 21 días con el uso de lámparas que simulan la radiación solar.

El cultivo sin suelo es muy utilizado en la producción de hortalizas, verduras y otras plantas.

“Se estima más de 50.000 hectáreas se dedican a la producción hidropónica en el mundo. El sistema mayormente utilizado es el sistema de riego por goteo (90%) empleando como sustrato lana de roca (60%) y sustratos inorgánicos (20%) y orgánicos (10%). Sistemas en agua NFT (Nutrient Film Technique) (7%) y raíz flotante (3%). (Libro de cátedra CULTIVO EN HIDROPONÍA José Beltrano Daniel O. Gimenez (coordinadores) Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales)”

Los cultivos hidropónicos que tienen más rentabilidad son: la lechuga, frutilla, espinaca, flores y tomate. La hidroponía es cuando hay contacto en la raíz con solución nutritiva.

El precio de estos cultivos es más costoso porque se puede obtener plantas con buen color y más limpias. El cultivo hidropónico se ha realizado en espacios reducidos ya que lo importante es que las plantas tomen una buena nutrición con la solución nutritiva, luz y temperatura.

2.1.1 Historia Hidroponía

600 años antes de Cristo ya se utilizaba el cultivo hidropónico en los jardines colgantes de Babilonia. El método que se empleó en los jardines colgantes, consistía en que las plantas recibían agua en las raíces mediante canales con tierra. Este es el uso más antiguo de riego para edificios.

En el año 1860 el científico alemán, Julius Von Sachs y Knop formularon la solución nutritiva disuelta en agua, se ejecutaron pruebas cultivos de agua por prueba y error, añadiendo o retirando elementos que se encontraban en la solución nutritiva, de esta manera se dieron cuenta cuales elementos eran necesarios para el crecimiento vegetal.

1940 – 1944: Se aumentó el uso de cultivo hidropónico en las Islas del Pacífico, el ejército de los Estados Unidos alimentó a muchos soldados. El terreno en las islas era rocoso, saturado de sal y el agua escasa, por lo tanto, implementaron cultivos hidropónicos. Continuó el ejército con la implementación de estos cultivos después de la guerra y en los años 50. El sistema fue desarrollado por Robert y Alice Withrow llamado “Nutricultura”, vasado en “inundación y drenaje” o flujo y reflujo, el sistema fue a gran escala. Los lechos tenían grava que se llenaba con la solución nutritiva y luego se secaba lentamente.

Desde 1995 se han realizado cultivos hidropónicos de manera comercial e industrial en compañías como General Hydroponics y Nutriculture con sucursal en Europa. Este cultivo ha beneficiado los cuidados en el medio ambiente e incremento de rentabilidad en las plantas. También se empezó a cultivar en interiores como en las casas, balcones, terrazas, entre otros. La tecnología hidropónica empezó a crecer en cada país como Francia, España, Italia, Portugal, y se va incrementando esta industria. Se generó orgullo y placer por consumir alimentos producidos por ellos mismos.

En los últimos años se ha implementado hidroponía en el diseño de las casas, edificios, apartamentos etc. innovando en la decoración interior en fachadas, techos. Las plantas al crecer en el frente o techo de la casa pueden disminuir el CO₂. En el interior se pueden cultivar plantas para eliminar contaminantes y plantas comestibles para el hogar.

2.2 Beneficios e inconvenientes en cultivos hidropónicos

2.2.1 Beneficios

- Se disminuyen las horas de trabajo y es más liviano, los sistemas hidropónicos necesitan poca inversión en tiempo por parte del agricultor en comparación a los sistemas tradicionales. La tarea resulta más liviana y genera reducción en mano de obra y costos en producción
- No se realiza rotación de cultivos, se elimina esterilización del suelo ya que se cambia la absorción de todos los nutrientes.
- Las plantas en el cultivo hidropónico no necesitan competir por los nutrientes.
- El crecimiento de las raíces en cultivos hidropónicos es mejor que en el sistema tradicional del suelo, ya que se pueden presentar problemas por pérdida de volumen en el suelo, baja infiltración y anaerobiosis en las raíces.
- Reducción en gastos de agua ya que con el control se riega la cantidad necesaria de nutrientes en las raíces.
- Se minimiza la aparición de malezas.
- Reducción de la aplicación de Agroquímicos.
- No depende de las estaciones climáticas ya que los cultivos hidropónicos se pueden construir en un invernadero.
- No es importante la propiedad del suelo y área geográfica.
- Para este tipo de cultivo no se necesitan máquinas para recoger la cosecha.
- El cálculo de económico y el margen de error es más fácil de contabilizar que el cultivo por suelo.
- Se puede implementar los cultivos en la ciudad sin necesidad de poseer fincas o terrenos.
- No se necesitan lotes para la implementación del sistema hidropónico
- Se pueden aumentar beneficios financieros y calidad en los cultivos ya que no depende de la temporada climática.
- Se obtiene mejor cuidado y limpieza del cultivo desde el inicio hasta el final de la producción.

2.2.2 Inconvenientes

- El capital necesario para el inicio en la construcción del sistema (materiales)
- Se requiere buen conocimiento sobre el funcionamiento y nutrición del cultivo; tener en cuenta cambios en medidas de PH, EC, temperatura, ventilación, entre otros.

2.3 Técnicas hidropónicas

A medida de los años y las investigaciones se han evidenciado varias técnicas de implementación de sistemas hidropónicos ampliamente usados.

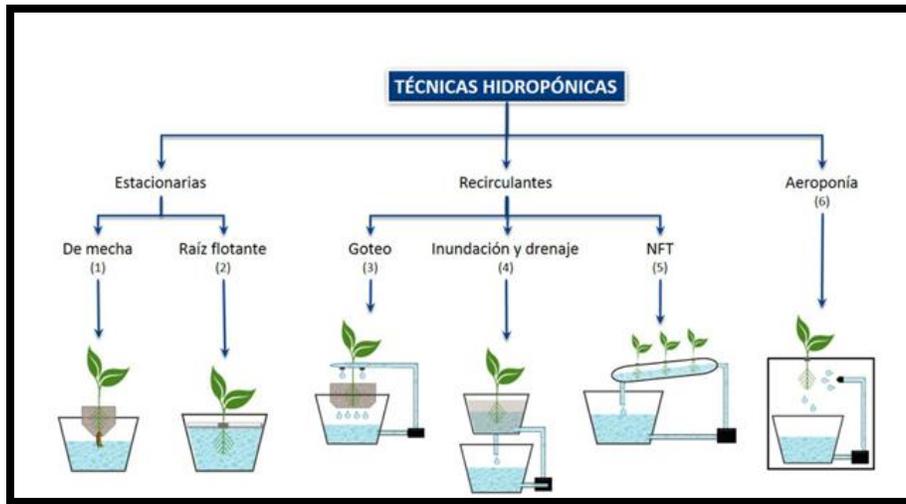


Figura 1. Técnicas hidropónicas

Tomado de: <https://hidroponiaalcubo.wordpress.com/tecnicas/>

2.3.1 Sistema de hidroponía NFT (Nutrient Film Technique)

En sistema hidropónico NFT se construye con tubos PVC que contiene orificios para sostener las plantas. Una bomba hace circular de solución nutritiva a las raíces por medio de tuberías, permitiendo la nutrición del cultivo.



Figura 2. Sistema NFT

Tomado de: <https://www.hydroenv.com.mx>

“Sistema de hidroponía NFT El sistema de recirculación de solución nutritiva NFT (Nutrient Film Technique), se desarrolló en el Glasshouse Crop Research Institute, Inglaterra, en la década de los sesenta. El principio de este sistema hidropónico consiste

en la circulación constante de una lámina fina de solución nutritiva que pasa a través de las raíces del cultivo, sin pérdida o salida al exterior de la solución nutritiva, por lo que se constituye como un sistema cerrado. La densidad de plantas en el caso de cultivo de lechuga, bajo este sistema es de 22 a 24 plantas por metro cuadrado según el cultivar. El tiempo aproximado de trasplante a cosecha es de 25 a 40 días. La solución nutritiva se debe tener en un rango de conductividad de 1.5 a 2.5 mS cm^{-2} y un pH de 5.5 a 6, siendo el consumo de solución de aproximadamente 0.25 litros/planta. En este cultivo el canal es de porte bajo y con un ancho de 6 cm (Carrasco, 2004)”

2.3.2 Sistema de raíz flotante

En este sistema las raíces flotan dentro de una solución nutritiva. Las plantas están sostenidas sobre una lámina con orificios permitiendo que las raíces tengan contacto con la solución nutritiva. La solución nutritiva debe estar en movimiento por medio de bombas que generen oxígeno a la raíz.

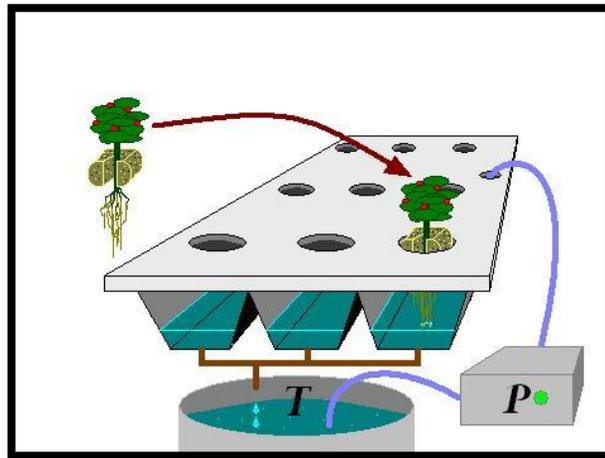


Figura 3. Sistema de raíz flotante

<https://www.guiadejardineria.com/como-hacer-un-cultivo-hidroponico-de-raiz-flotante/>

“Existe el riesgo de desarrollar problemas fitosanitarios que es necesario controlar para lo cual se utilizan mecanismos de esterilización a base de ozono y luz ultravioleta que eliminan hongos y bacterias que pueden dañar la planta a nivel de raíz. El sistema de mesas flotantes es uno de los más empleados para la producción de lechuga tipo mantequilla que garantiza mayor rendimiento (Carrasco, 2004).”

2.3.3 Sistema Flujo y Reflujo

El sistema hidropónico flujo y reflujo consiste en bombear la solución nutritiva del recipiente A hacia el recipiente B que contiene las plántulas. El movimiento por medio de la bomba del recipiente A para llenar con solución nutritiva el recipiente B se debe hacer para alimentar las raíces en intervalos de tiempo. El movimiento de la solución nutritiva aporta oxígeno a las raíces.

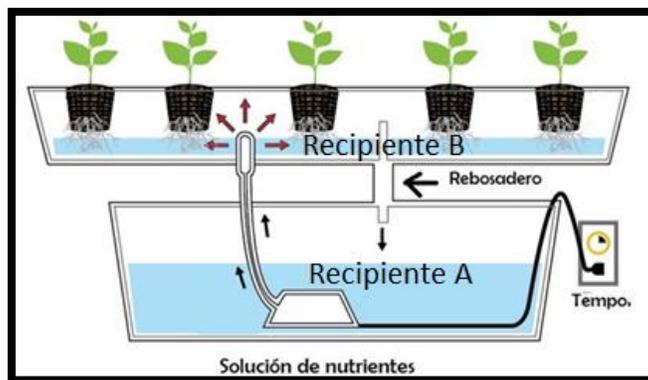


Figura 4. Sistema de flujo y reflujo

Tomado de: <http://www.cosmohidroponia.com.ar/html/sistemas%20flujo.html>

2.4 Nutrición del sistema hidropónico

La nutrición en un sistema hidropónico se hace directamente al pasar la solución nutritiva en las raíces de cada planta. Para cosechar plantas de buena calidad, se debe tener en cuenta la cantidad de nutrientes, medida de PH, conductividad y temperatura.

Los nutrientes serán añadidos al agua destilada, así se puede adecuar la solución nutritiva a partir de productos comercializados.

2.4.1 PH

“El pH es la acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H₃O]⁺ presentes en determinadas disoluciones. (Tomado de López, Raymond Chang, Kenneth A. Goldsby ; revisión técnica, Rodolfo Álvarez Manzo, Silvia Ponce (2013). *Química* (11a. ed. edición). México; Madrid [etc.]: MacGraw-Hill.) “

El PH se mide en escala desde cero hasta catorce, Si pH=7 neutro; Si un pH es menor a 7= solución ácida, y un pH mayor a 7 significa una solución alcalina.

Las plantas pueden sobrevivir con medida de ph desde 5 hasta 7.5; Se debe tener en cuenta que el valor del PH puede variar durante el crecimiento, maduración y tipo de planta. Se puede precipitar algunos nutrientes y ocasionar que las raíces no puedan tomar de una manera adecuada sus nutrientes.

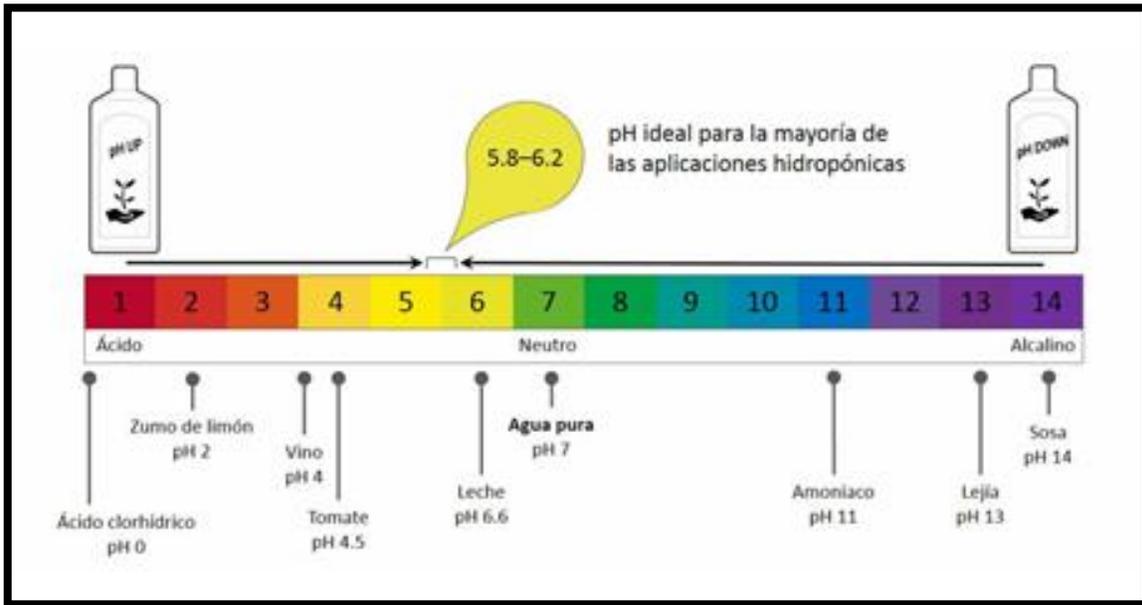


Figura 5. Valores de pH

Tomado de: <https://hidroponiaalcubo.wordpress.com/ph/>

La solución debe estar controlada en su pH antes de alimentar a las plantas ya que de esto depende una buena absorción de los nutrientes

2.4.2 Electroconductividad y Sólidos disueltos (C y TDS)

En una solución nutritiva está asociado con las sales que determinan la cantidad de corriente eléctrica que puede mover a través de la misma, en el cultivo hidropónico estas medidas son importantes ya que nos da una idea del nivel de nutrientes que hay en la solución nutritiva.

La unidad de conductividad es mili Siemens/centímetro cuadrado (mS/cm²).

La unidad de Sólidos disueltos en partes por millón es ppm.

Se debe tener en cuenta que no crecen las plantas cuando hay mala absorción o mucha absorción de nutrientes.

La conductividad es mejor cuando es mayor la salinidad.

| | CE |
|--------------------------|---------|
| Plántulas/esquejes | 0.6–1.2 |
| Crecimiento vegetativo | 1.2–1.6 |
| Floración/fructificación | 1.6–2.4 |

Tabla 1. Valores de CE durante desarrollo de planta

Tomado de: <https://hidroponiaalcubo.wordpress.com/conductividad-electrica/>

| CE (mS/cm) | CF | TDS (ppm) | | |
|------------|-----------|------------|------------|------------|
| | | Truncheon | Hanna | Eutech |
| 0.2 | 2 | 140 | 100 | 128 |
| 0.4 | 4 | 280 | 200 | 256 |
| 0.6 | 6 | 420 | 300 | 384 |
| 0.8 | 8 | 560 | 400 | 512 |
| 1 | 10 | 700 | 500 | 640 |
| 1.2 | 12 | 840 | 600 | 768 |
| 1.4 | 14 | 980 | 700 | 896 |
| 1.6 | 16 | 1120 | 800 | 1024 |
| 1.8 | 18 | 1260 | 900 | 1152 |
| 2 | 20 | 1400 | 1000 | 1280 |
| 2.2 | 22 | 1540 | 1100 | 1408 |
| 2.4 | 24 | 1680 | 1200 | 1536 |
| 2.6 | 26 | 1820 | 1300 | 1664 |
| 2.8 | 28 | 1960 | 1400 | 1792 |
| 3 | 30 | 2100 | 1500 | 1920 |
| 3.2 | 32 | 2240 | 1600 | 2048 |
| 3.4 | 34 | 2380 | 1700 | 2176 |
| 3.6 | 36 | 2520 | 1800 | 2304 |
| 3.8 | 38 | 2660 | 1900 | 2432 |
| 4 | 40 | 2800 | 2000 | 2560 |

Tabla 2. Relación unidades CE y ppm

Tomado de: <https://hidroponiaalcubo.wordpress.com/conductividad-electrica/>

2.5 Solución nutritiva

La solución nutritiva es fundamental para las plantas, debe contener “elementos mayores” como son N, P, K, S, Ca, Mg, así mismo “elementos menores” como son Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo, Cl.

Lo más importante en un cultivo hidropónico es la calidad de nutrición en las raíces de las plantas con la utilización de una buena solución nutritiva según la especie y su desarrollo.

Se debe tener en cuenta la calidad del agua usada, si es apta para consumo humano, servirá para el cultivo hidropónico.

“El contenido original de la solución de N y K disminuye en un cultivo de rápido crecimiento en un 25-50% la primera semana; mientras que la concentración de P lo hace en un 15-25% en el mismo período. Es necesario complementar el contenido de las soluciones por medio del aporte de las sales correspondientes solamente cuando un 50% aproximado del contenido original haya sido consumido (Montero, 2002).”

| Nutrimiento (mg·L ⁻¹) | Shippers, <i>et al.</i> , 1980 | Ananda, <i>et al.</i> , 2000 | Premuzic <i>et al.</i> , 2006 | Valverde <i>et al.</i> , 2009 | Scuderi, <i>et al.</i> , 2009 |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| N | 205 | 198 | 252 | 190 | 212 |
| NO ³⁻ | 195 | 135 | - | 130 | 198 |
| NH ⁴⁺ | 10 | 63 | - | 60 | 14 |
| P | 50 | 70 | 54 | 35 | 57 |
| K | 210 | 228 | 312 | 210 | 234 |
| Ca | 190 | 143 | 169 | 150 | 170 |
| Mg | 30 | 30 | 48 | 45 | 40 |
| S | 39 | 117 | 65 | 70 | 48 |
| Fe | 3 | 1.5 | 0.35 | 1 | - |
| Cu | 0.06 | 0.03 | 0.32 | 0.1 | - |
| Mn | 0.5 | 0.3 | 0.78 | 0.5 | - |
| Mo | 0.1 | 0.005 | 0.35 | - | - |
| Zn | 0.08 | 0.03 | 0.48 | 1.15 | - |

Figura 6. Valores solución nutritiva para lechuga

Montero, 2002

La etiqueta de las soluciones nutritivas está marcada NPK en porcentajes de concentración de cada nutriente, es decir 5-6-3, es decir:

5: 5% de Nitrógeno

6: 6% de Fosforo

3: 3% de Potasio

Los parámetros a tener monitoreados y controlados para mejorar la producción son la concentración de nutrientes también, así como el pH, la oxigenación y la temperatura del agua.

2.5.1 Nutrientes principales (macronutrientes)

Necesarios en cantidades mayores por la planta usadas para construir todas sus estructuras moleculares

Nitrógeno (N) Actúa para las plantas como $(NO_3)^-$ y $(NH_4)^+$

- Característica: Este da el color verde a las plantas, acelera el crecimiento, aumento en la producción de hojas, mejor calidad de las hortalizas, incrementa la proteína en los cultivos de alimentos y hierbas.
- Deficiencia de N: Semblante decaído en la planta, colores verde-amarillento por pérdida de clorofila, desarrollándose lentamente, secado de las hojas desde la base de la planta.
- Toxicidad: En cantidades no balanceadas la planta produce más follaje verde oscuro, en las raíces su desarrollo es muy bajo, en floración, producción de fruto y semilla se hace más lenta.

Fósforo (P) Actúa para las plantas como P_2O_5

Característica: Ayuda en la formación y crecimiento de las raíces de manera rápida, acelerando la maduración, provoca coloración de las frutas y ayuda en la formación de semillas.

Deficiencia de P: Hojas, ramas y tallos de colores rojizo o morado, en el desarrollo y la madurez se vuelve más lenta, en la germinación de semillas, rendimiento de frutos de mala calidad.

Toxicidad: Un exceso puede generar deficiencias de cobre o zinc.

Potasio (K) Actúa para las plantas como K_2O

Característica: Da resistencia contra enfermedades y baja temperatura, ayuda en la producción de la proteína, aumenta el tamaño de semillas, mejor calidad de los frutos.

Deficiencia de K: Las hojas más bajas se queman en bordes y puntas, bajo desarrollo de raíces, las plantas se mueren antes de la etapa de producción.

Toxicidad: En altos niveles las soluciones nutritivas pueden generar deficiencias en magnesio, zinc, hierro, calcio o azufre.

Calcio (Ca). Actúa para las plantas como CaO.

Característica: Incentiva la temprana formación, crecimiento de raíces y mejora el estado general de la planta, neutraliza sustancias tóxicas, incentiva la producción de semilla, incrementa la cantidad de calcio de los alimentos humanos o animal.

Deficiencia de Ca: Los brotes jóvenes se doblan al aparecer y se queman en sus puntas, ocasionalmente brotes de color blanco.

Toxicidad: En alta cantidad puede alterar el desarrollo de la raíz.

Magnesio (Mg). Actúa para las plantas como MgO.

Característica: Componente esencial de la clorofila, necesario en la formación de azúcares, transporta el fósforo por el interior de la planta, ayuda en la formación de grasa y aceite.

Deficiencia de Mg: Disminución del color verde, tallos de forma débil, y las raíces se alargan en exceso, sus hojas se vuelven hacia arriba por los bordes.

Toxicidad: Cuando se incrementa no se presenta síntoma visible.

Azufre (S)

Característica: Esencial para las proteínas, mantiene el verde intenso, estimulante para la producción de semillas, ayudando en el crecimiento vigoroso.

Deficiencia de S: Hojas jóvenes color verde claro, venas color más claro, tallos cortos, débiles color amarillo, y su desarrollo más lento.

2.5.2 Elementos menores (Micronutrientes)

Necesarios en cantidades pequeñas usados en sus funciones metabólicas como regular la asimilación de elementos nutritivos.

Cobre (Cu)

Característica: Activa enzimas para la síntesis de lignina, importante en el sistema enzimático, fotosíntesis, respiración, metabolismo de carbohidratos y proteínas, Intensifica el sabor y color en hortalizas y flores.

Deficiencia de Cu: Disminución del desarrollo de la planta, hojas jóvenes color verde oscuro, se disminuye el tamaño, se presenta enrollamiento hacia abajo limitando la fotosíntesis.

Toxicidad: Disminuye la formación de ramas, genera engrosamiento y oscurecimiento en la zona de la raíz.

Boro (B)

Característica: Ayuda en el rendimiento, calidad y está relacionado con el calcio permitiendo la transferencia de azúcares en las plantas.

Deficiencia de B: Detiene el crecimiento de tejido nuevo, causa decoloración y muerte prematura en la base de las raíces.

Toxicidad: Vértice de hojas color amarillo, genera muerte progresivamente, El exceso de las cantidades en las soluciones nutritivas es demasiado tóxico para las plantas.

Hierro (Fe)

Característica: Constituyente enzimas y pigmentos, reduce la producción de energía dentro de la planta. Importante para la formación de clorofila.

Deficiencia de Fe: Color amarillo de las hojas follaje, color claro en bordes, las raíces se forman cortas y ramificadas, parecida mucho a la deficiencia de magnesio, pero esta aparece en hojas jóvenes.

Toxicidad: No están determinados síntomas visibles

Manganeso (Mn)

Característica: Ayuda en la germinación, maduración, aprovechamiento de calcio, magnesio y fósforo, Catalizador en la síntesis de clorofila.

Deficiencia de Mn: Genera insuficiente clorofila; las hojas mueren posteriormente.

Zinc (Zn)

Característica: Importante para la formación de clorofila, el crecimiento y en la síntesis de las proteínas.

Deficiencia de Zn: Genera coloración pálida, envejecida, enroscamiento con ondulaciones de los bordes hacia afuera, las hojas se pueden ver reducidas en tamaño.

Toxicidad: Produce insuficiencia de clorofila genera hojas amarillentas a las plantas.

Molibdeno (Mo)

Característica: Transforma el nitrato a nitrito, posteriormente a amoníaco. Ayuda a convertir el fósforo inorgánico a orgánico, esencial para la asimilación de nitrógeno en las legumbres.

Deficiencia de Mo: Parecida a la deficiencia de nitrógeno, clorosis (hojas amarillentas), se presenta quemazón en las hojas.

Cloro (Cl)

Característica: Como soluto osmótico activo presenta cierta movilidad en la planta, también en actividades fisiológicas.

Requerido para la activación de enzimas, influyendo en la reducción efectos producidos por las enfermedades, favorece la turgencia.

Deficiencia de Cl: Produce marchitamiento en las hojas, desarrollo de raíces pobre y engrosamiento anormal en los extremos.

Toxicidad: Los excesos producen el quemado de los bordes y extremos de las hojas, su tamaño se reduce y hay poco desarrollo.

2.6 Requisitos de la Hidroponía

2.6.1 Ubicación

Lo primero es definir el lugar de ubicación del cultivo hidropónico. Puede ser instalado en diferentes lugares de la vivienda (paredes, techos, patios, ventanas, terrazas).

La huerta debe estar en un lugar en el cual reciba seis horas de luz solar mínimo. Recomendable utilizar espacio con muy buena iluminación, evitar espacios sombreados, lugares muy cercanos a casas u otras construcciones y expuestos a muy fuertes vientos.

Criterios a definir para el cultivo:

- Tener seis (6) horas de luz solar mínimo al día.
- Cercanía a un depósito o suministro de agua.
- Lugares con vientos no muy fuertes.
- Cercanía a depósito de los nutrientes o solución nutritiva.
- Evitar mucha sombra.
- Protegido de animales.
- Protegido de condiciones de clima extremas.
- Lejanía a lugares con contaminación de aguas o desechos.

2.6.2 Iluminación

Existen diferentes tipos de iluminación: solar, lámpara fluorescente (CWF, de las siglas en inglés Cool White Fluorescent), lámpara de Sodio (HPS, High Pressure Sodium), lámparas halógeno MD, Metal Halide), o lámparas incandescentes.

Conceptos de iluminación.

- **PAR:** (Photosynthetically Active Radiation) refiere a la cantidad de radiación y longitud de onda capaz de producir fotosíntesis en las plantas. Este rango entre los 400 y los 700 nanómetros en el espectro visible. Todos los organismos no hacen uso de la misma longitud de onda en su desarrollo. La unidad de medida de Radiación Fotosintética es $\mu\text{Einstein}/(\text{m}^2/\text{s})$ o $\mu\text{mol de fotones}/(\text{m}^2/\text{s})$.
- **PAR Horario y diario:** Es una cantidad de luz que es recibida por la planta durante una hora en determinado día.

2.6.3 Germinación y Semillero

La intensidad de la luz no puede ser menor a $50\mu\text{mol}/(\text{m}^2/\text{s})$ de PAR durante las 24 horas iniciales cuando las semillas están en etapa de germinación. Este nivel de iluminación permite evitar un efecto de alargamiento en las lechugas, se debe evitar la deshidratación de las plantas por un exceso de iluminación.

Después del segundo día se debe mantener y aumentar la intensidad lumínica PAR a $250\mu\text{mol}/(\text{m}^2/\text{s})$. El ciclo de luz será 24 horas. El PAR acumulado o diario debe ser aproximadamente de $22\text{ mol}/(\text{m}^2/\text{d})$. Algunas semillas de lechugas soportan PAR diario de hasta $30\text{ mol}/(\text{m}^2/\text{d})$.

Se siembra a medio centímetro de profundidad

Se trasplanta a los 30 días de la siembra o cuando las plantas tengan 8 centímetros de altura.

En sustrato de mezcla de turba y cascara de coco: germina entre 1 a 4 días

2.6.4 Crecimiento

En esta fase se debe mantener una uniformidad en la distribución luz, debe contar con luz solar hasta obtener PAR de 100-200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2/\text{s})$, para un total PAR diario de 17 $\text{mol}/(\text{m}^2/\text{d})$ (combinando luz artificial y natural).

Es de tener en cuenta que un PAR diario de 17 $\text{mol}/(\text{m}^2/\text{d})$ podría no dar resultados con algunas especies de lechuga, unas especies requieren 15 $\text{mol}/(\text{m}^2/\text{d})$ diarios.

El periodo vegetativo de la lechuga utilizada en el proyecto es de 90 días aproximadamente.

2.6.5 Agua

Es fundamental la calidad del agua utilizada en el cultivo ya que a mayor concentración de sal el crecimiento de la planta decrecerá. Lo ideal es contar con una fuente de agua destilada, para agregar posteriormente los nutrientes según el tipo de cultivo. Si la sal ya está presente en el agua tener precaución ya que al incorporar los elementos a la solución se incrementa el contenido de sales y por lo tanto las plantas pueden verse afectadas en su crecimiento.

En todos los sistemas hidropónicos la calidad del agua que utilicemos es muy importante ya sea desde un punto de vista microbiológico o en su calidad química. El agua no puede tener agentes microbianos que puedan ser un perjuicio para la salud. Debemos evitar la aparición de agentes en forma de virus, algas o bacterias ya que estos generaran la muerte de nuestro cultivo.

2.6.6 Lechuga

“Esta es una hortaliza de hoja típica de ensaladas, actualmente, aunque se puede encontrar de forma silvestre, la mayoría de las variedades de lechuga que se cultivan comercialmente son producto de la hibridación. Su valor en el mercado se da por el alto contenido de vitaminas, dado que se maneja como un producto de la cuarta gama (Maroto, 1999).”

Algunos países como China y en Egipto son consumidos los tallos en vez de hojas ya sea cocido o crudo. Algunos usos menos las lechugas incluyen un cigarrillo sin nicotina a partir de hojas de lechuga, aceite comestible extraído de las semillas de lechugas silvestres, y un sedante de látex que se obtiene a partir de tallos y otros tejidos de lechuga que se utiliza para fabricar un medicamento inductor del sueño (Ryder, 1986).

Mundialmente en 2011 se reportó una producción de 22.382.300 toneladas, En el cuadro se presentan los principales países productores.

| Pais o Región | Area Cosechada (ha) | Producción (toneladas) | Rendimiento (kg/ha) |
|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| Australia | 6121 | 127200 | 20786.00 |
| Austria | 1600 | 61900 | 38688.00 |
| Bangladesh | 7689 | 32000 | 4162.00 |
| Bélgica | 2204 | 80000 | 36298.00 |
| Canadá | 3891 | 92400 | 23739.00 |
| Chile | 6600 | 90000 | 13636.00 |
| China | 500250 | 11005000 | 21999.00 |
| Egipto | 6000 | 140000 | 23333.00 |
| Francia | 16500 | 526000 | 31879.00 |
| Alemania | 8200 | 200000 | 24390.00 |
| Grecia | 4200 | 80000 | 19048.00 |
| Guatemala | 1900 | 38000 | 20000.00 |
| Irán | 3600 | 90000 | 25000.00 |
| Israel | 950 | 40000 | 42105.00 |
| Italia | 43604 | 846800 | 19420.00 |
| Japón | 22000 | 530000 | 24091.00 |
| Jordania | 1278 | 35000 | 27383.00 |
| México | 11290 | 243400 | 21559.00 |
| Holanda | 2000 | 73000 | 36500.00 |
| Nueva Zelanda | 1300 | 31000 | 23846.00 |
| Nigeria | 4400 | 40000 | 9091.00 |
| Perú | 2900 | 33000 | 11379.00 |
| Portugal | 4400 | 95000 | 21591.00 |
| Sudáfrica | 2194 | 33000 | 15003.00 |
| Korea del Sur | 7000 | 210000 | 30000.00 |
| España | 39000 | 920000 | 23590.00 |
| Suecia | 1160 | 35000 | 30172.00 |
| Suiza | 2500 | 53000 | 21200.00 |
| Turquía | 19700 | 375000 | 19036.00 |
| Inglaterra | 5514 | 135000 | 24483.00 |
| Estados Unidos | 131280 | 4976900 | 37910.00 |
| Venezuela | 1500 | 31000 | 20667.00 |
| África | 15484 | 270600 | 17477.00 |
| Asia | 689699 | 13213300 | 19158.00 |
| Este de Europa | 5558 | 57600 | 10354.00 |
| Oeste de Europa | 130425 | 3098800 | 23759.00 |
| Norte y Centro América | 150838 | 5374400 | 35630.00 |
| Sur América | 15174 | 198400 | 13078.00 |

Tabla 3. Importancia económica mundial del cultivo de lechuga

Tomado de FAOSTAT, 2011.

Tipos de lechuga

En Colombia se encuentran dentro de los principales tipos de lechuga: La Acogollada hojas crujientes, romana, sin cogollo de hojas verdes y moradas con cogollo de hojas mantecosas.

Acogollada de hojas crujientes

“La mayoría de los cultivares producen grandes y sólidos cogollos, que pesan entre 500 y 1000 g., con hojas exteriores intactas, más anchas que largas, de color verde oscuro, generalmente con tinte brillante. Las hojas interiores son de color blanco o amarillo cremoso. Los cogollos son sólidos, con textura crujiente y el gusto es relativamente suave (Davis et a, 2002). “



Figura 7. Lechuga acogollada de hojas crujientes

Tomado de: Manual de procesamiento y conservación de lechugas (*Lactuca sativa* L.) variedades verde y morada crespa mínimamente procesadas, Jesús Antonio Galvis Vanegas. , Gloria Helena González Blair, Alexy Florez Vergara [accessed Sep 07 2018].

Romana

Esta lechuga forma cogollos largos abiertos en su parte superior. Hojas más largas que anchas y forma espatulada. Poseen un nervio central. La textura se presenta basta o crujiente. Las hojas exteriores son generalmente verde oscuro y las interiores amarillentas. Sus cogollos pesan de 800 – 1000 g. aprox. Su sabor es dulce y más fuerte que el tipo acogollada de hoja crujiente.



Figura 8. Lechuga Romana

Tomado de: Manual de procesamiento y conservación de lechugas (*Lactuca sativa* L.) variedades verdes y morada crespa mínimamente procesadas, Jesús Antonio Galvis Vanegas., Gloria Helena González Blair, Alexy Florez Vergara [accessed Sep 07 2018].

Sin cogollo

Estas lechugas se encuentran en gran variedad de tamaños, forma y color. Presenta la formación de un ramo o una roseta de hojas algunas pueden ser largas o anchas; redondeadas, espatulada o lobulada; de colores verde oscuro, pálido, con o sin color morado.



Figura 9. Lechugas crespas verde y morada.

Tomado de: Manual de procesamiento y conservación de lechugas (*Lactuca sativa* L.) variedad verde y morada crespa mínimamente procesadas, Jesús Antonio Galvis Vanegas., Gloria Helena González Blair, Alexy Florez Vergara [accessed Sep 07 2018].

Puede pesar hasta 500 g. De crecimiento más abierto, presenta menos hojas descoloridas que los otros tipos de acogolladas con hojas crujientes. De sabor más fuerte y un contenido alto de vitaminas y minerales. Se textura cambia de crujiente a suave.

Acogollada de hojas mantecosas

Se caracteriza por su textura suave y grasosa. Forma cogollos más pequeños que la lechuga acogollada que es de hojas crujientes. El peso que puede alcanzar va hasta 500 g. de hojas plegadas, más anchas que largas, arrugadas en su interior. Color verde pálido a oscuro en sus hojas exteriores y amarillo cremoso en las interiores. Su sabor va de insípido a relativamente más dulce.



Figura 10. Lechuga acogollada hoja mantecosa.

Tomado de: Manual de procesamiento y conservación de lechugas (*Lactuca sativa* L.) variedad verde y morada crespa mínimamente procesadas, Jesús Antonio Galvis Vanegas., Gloria Helena González Blair, Alexy Florez Vergara [accessed Sep 07 2018].

Valor Nutricional

En la tabla 4 se presenta una composición nutricional para las diferentes variedades de las lechugas que son manejadas comercialmente.

| Nutriente | Crispa | Mantequilla | Escarola | Hoja Verde | Romana |
|-----------------------|--------|-------------|----------|------------|--------|
| Agua, g | 95.6 | 95.6 | 95.6 | 95.1 | 94.6 |
| Energía, Kcal | 14 | 13 | 16 | 15 | 17 |
| Proteína, g | 0.90 | 1.35 | 1.33 | 1.36 | 1.23 |
| Grasa, g | 0.14 | 0.22 | 0.22 | 0.15 | 0.30 |
| Carbohidratos, g | 2.97 | 2.23 | 2.26 | 2.79 | 3.28 |
| Fibra Dietética, g | 1.2 | 1.1 | 0.9 | 1.3 | 2.1 |
| Azúcar Total, g | 1.76 | 0.94 | 0.48 | 0.78 | 1.19 |
| Calcio, mg | 18 | 35 | 33 | 36 | 33 |
| Fierro, mg | 0.41 | 1.24 | 1.20 | 0.86 | 0.97 |
| Magnesio, mg | 7 | 13 | 12 | 13 | 14 |
| Fosforo, mg | 20 | 33 | 28 | 29 | 30 |
| Potasio, mg | 141 | 238 | 187 | 194 | 247 |
| Sodio, mg | 10 | 5 | 25 | 28 | 8 |
| Zinc, mg | 0.15 | 0.20 | 0.20 | 0.18 | 0.23 |
| Cobre, mg | 0.025 | 0.016 | 0.028 | 0.029 | 0.048 |
| Manganeso, mg | 0.125 | 0.179 | 0.203 | 0.250 | 0.155 |
| Selenio, mg | 0.1 | 0.6 | 1.5 | 0.6 | 0.4 |
| Vitamina A, IU* | 502 | 3312 | 7492 | 7405 | 5807 |
| Vitamina B-6, mg | 0.042 | 0.082 | 0.100 | 0.090 | 0.074 |
| Vitamina C, mg | 2.8 | 3.7 | 3.7 | 18.0 | 24.0 |
| Vitamina E, mg | 0.18 | 0.18 | 0.15 | 0.29 | 0.13 |
| Tocoferol, mg | 0.09 | 0.27 | 0.24 | 0.37 | 0.36 |
| Vitamina K, pg | 24.1 | 102.3 | 140.3 | 173.6 | 102.5 |
| Niacina, mg | 0.123 | 0.357 | 0.321 | 0.375 | 0.313 |
| Ácido Pantoténico, mg | 0.091 | 0.150 | 0.144 | 0.134 | 0.142 |
| Riboflavina, mg | 0.025 | 0.062 | 0.077 | 0.080 | 0.067 |
| Tiamina, mg | 0.041 | 0.057 | 0.064 | 0.070 | 0.072 |

Tabla 4. Valor nutrimental

Tomado de: Manual de procesamiento y conservación de lechugas (*Lactuca sativa* L.) variedades verde y morada crespa mínimamente procesadas, Jesús Antonio Galvis Vanegas. , Gloria Helena González Blair, Alexy Florez Vergara [accessed Sep 07 2018].

2.7 Fuente de poder

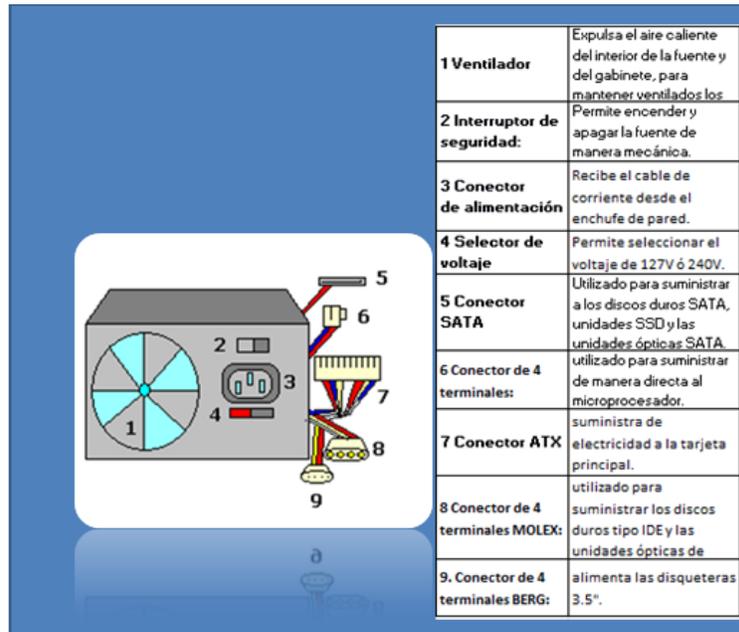


Figura 11. Fuente ATX

Tomado de: http://www.informaticamoderna.com/Fuente_ATX.htm#ani

La fuente de poder implementada en el proyecto es una ATX que significa con tecnología avanzada extendida, es utilizada principalmente en los computadores, la cual se encarga de transformar el voltaje alterno a directo, y reducir el voltaje.

2.7.1 Etapas voltaje Alterno a Directo

Transformación

Para la reducción del voltaje alterno de 127 Voltios, se utiliza un transformador que disminuye el voltaje a 12 Voltios.

Rectificación

La etapa de rectificación permite cambiar voltaje alterno a voltaje directo, este cambio se hace por medio de diodos que se encargan de dejar pasar señales u ondas positivas.

Filtrado

Se suaviza el voltaje de la corriente continua para eliminar los rizados, por medio de capacitores.

Estabilización del voltaje

La estabilización se logra lineal por medio de dispositivos como integrados y entrega el voltaje y corriente necesario.

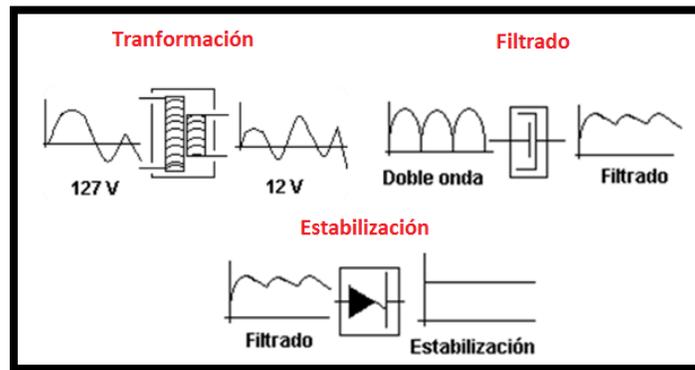


Figura 12. Transformación, filtrado, estabilización

Tomado de: http://www.informaticamoderna.com/Fuente_ATX.htm#ani

2.7.2. Características ATX-750 WATTS

“4 pines + 12V conector para Pentium 4

Alta eficiencia.

Cumple con FCC parte 15 clase B 115VCA y 230 VCA CISPR22

Conoce UL 1950. CSA 22.2 Nivel 3 requerimiento

Protección de sobre voltaje

Protección contra cortocircuitos

100% buen ambiente bajo temperatura alta (50 ° C), MTBF por encima y por ondulación

Tomado de: <https://www.demercas.com/es/portatiles-computadores-y-tablets/fuente-de-poder-atx-750-watts-20-24-pines-para-computador-308.html>”

2.8 SENSORES

2.8.1 Sensor de PH



Figura 13. Sensor y módulo de PH

Tomado de <https://www.electromania.pe/tienda/equipos-en-venta/sensor-de-ph-electrodo/>

El sensor de PH mide el voltaje entre los electrodos. Los dos electrodos forman la sonda para realizar la medida. Los dos electrodos que componen el sensor de PH son:

Electrodo de referencia: Con materiales como plata, cloruro de plata

Electrodo de vidrio: Sensible al ion de hidrógeno

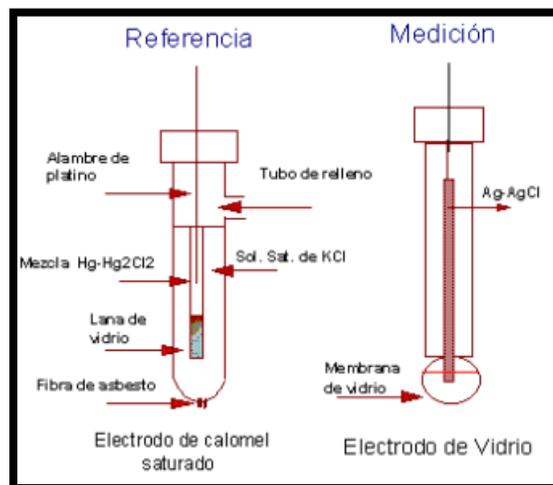


Figura 14. Esquema de los dos electrodos usados para medir pH

Tomado de: Dibujo gentileza de Mc Q. Arturo Bolaños Guillen

El módulo sensor de PH utilizado en este proyecto, contiene:

- **Sensor de pH:** contiene el electrodo para la medición que es generalmente de vidrio.
- **Acondicionador de señal:** Es un preamplificador que toma la señal del electrodo de ph de alta impedancia y la convierte en una señal baja impedancia que el transmisor puede aceptar.

El preamplificador también fortalece y estabiliza la señal, haciendo menor el ruido eléctrico.

Especificaciones del sensor de PH:

Voltaje de entrada: 5 Voltios

Corriente de trabajo: desde 5mA hasta 10 mA

Rango detención de concentración: PH 0 -14

Rango de temperatura: desde 0°C hasta 80 °C

Tiempo de respuesta: ≤ 5 Segundos

Tiempo de estabilidad: ≤ 60 Segundos

Salida: Análoga

Potencia de consumo: $\leq 0.5W$

Temperatura de trabajo: Desde -10°C a 50°C

Humedad: 95% RH (humedad nominal 65% RH)

Calibración de PH

El módulo de PH tiene dos potenciómetros offset y el límite de PH.

Offset: La medida del sensor de PH genera valores positivos y negativos. Se deben eliminar los valores negativos por medio del acondicionamiento de la señal, se debe variar el offset que toma un valor del análogo digital del Arduino y este permitirá obtener valores positivos, por lo tanto, se debe ajustar el pH en 7.

El procedimiento para calibración con offset

Desconectar el sensor de PH del circuito acondicionamiento de señal

Cortocircuitar el BNC como se ve en la figura 15.

Medir el voltaje en el Pin P0 y ajustar el potenciómetro offset para obtener y voltaje de 2.5V

El pin análogo puede leer voltajes entre 0V y 5V, por lo tanto, el 2.5V que está a medio camino entre 0V y 5V como PH 7 está a medio camino entre PH 0 y PH 14.

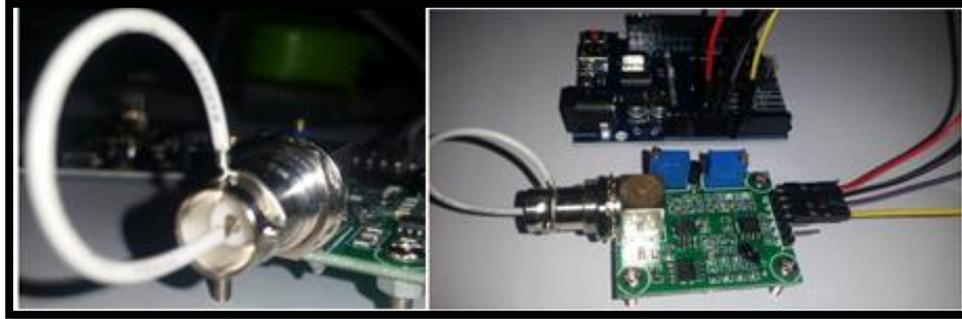


Figura 15. Calibración PH offset- corto circuito en conector BNC.

Tomado de <https://www.botshop.co.za/how-to-use-a-ph-probe-and-sensor/>

- **Límite de pH:** El potenciómetro límite de PH, genera un valor límite en la medida del sensor. Al mover el potenciómetro un LED prende y la señal del pin D0 se pone en ON.

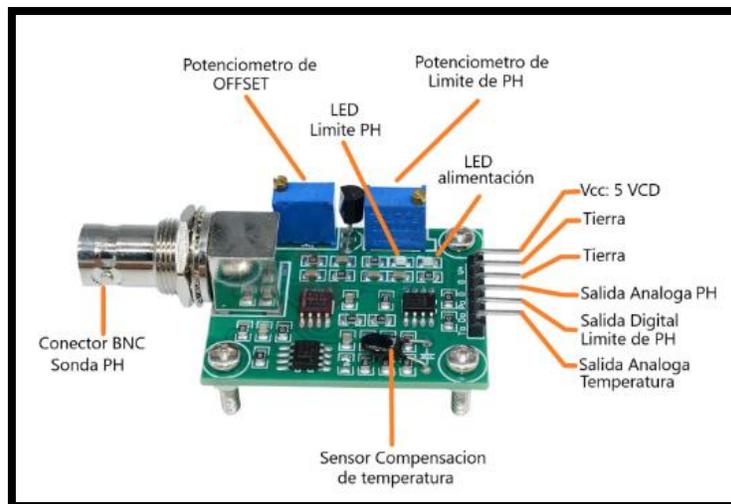


Figura 16. Módulo de PH

Tomado de <https://www.nextiafenix.com/producto/modulo-medidor-de-ph/>

Calibración con soluciones

Para calibrar con soluciones, se debe realizar la conversión de voltaje entregada por el sensor de PH. Se usarán dos valores uno de referencia de PH y el voltaje entregado en P0.

Se debe usar solución de calibración con valores de PH, 4.01, pH 6.86 y pH 9.18



Figura 17. Solución Calibración de PH

Si tomamos los valores de calibración de PH: 4.01 y 6.86, resultará en Po: 3,04V y 2,54V.

| Valor de PH | Output Voltaje |
|-------------|----------------|
| 4 | 3.071 |
| 7 | 2.535 |
| 10 | 2.066 |

Figura 18. Valor de PH Vs Salida de voltaje

EL sensor genera una respuesta lineal, por lo tanto, se tomarán dos puntos y la función lineal $y = mx + b$,

m y b = para calcular; x = voltaje; el resultado es $y = -5.70x + 21.34$.

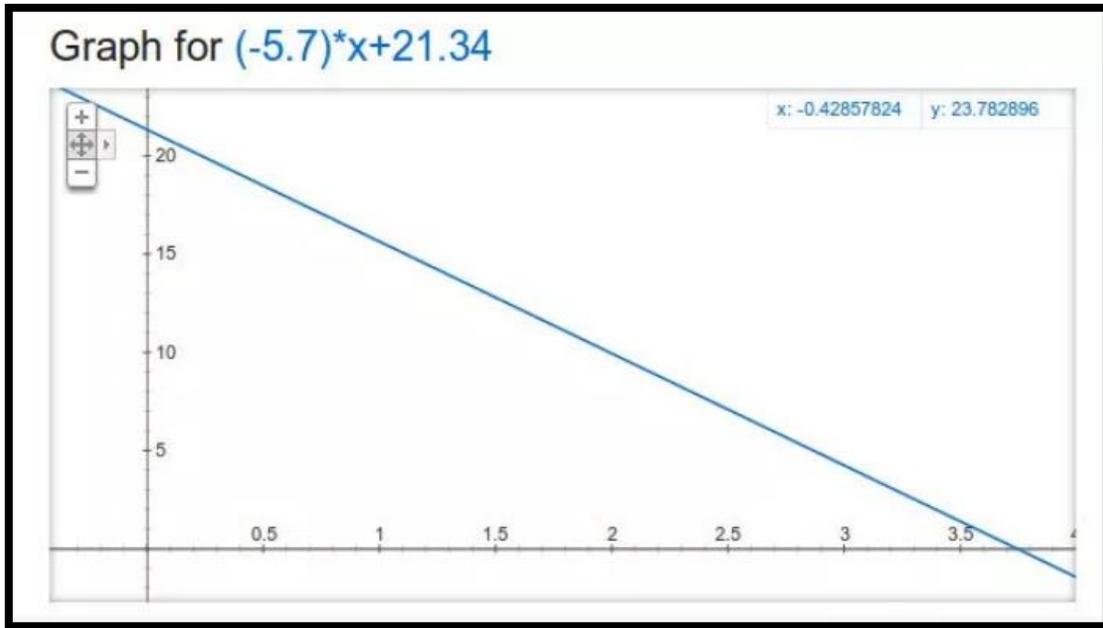


Figura 19. Gráfica de la ecuación de conversión entre voltaje y PH medido

Tomado de: <https://scidle.com/es/como-usar-un-sensor-de-ph-con-arduino/#more-765>

2.8.2 Sensor de Electro conductividad

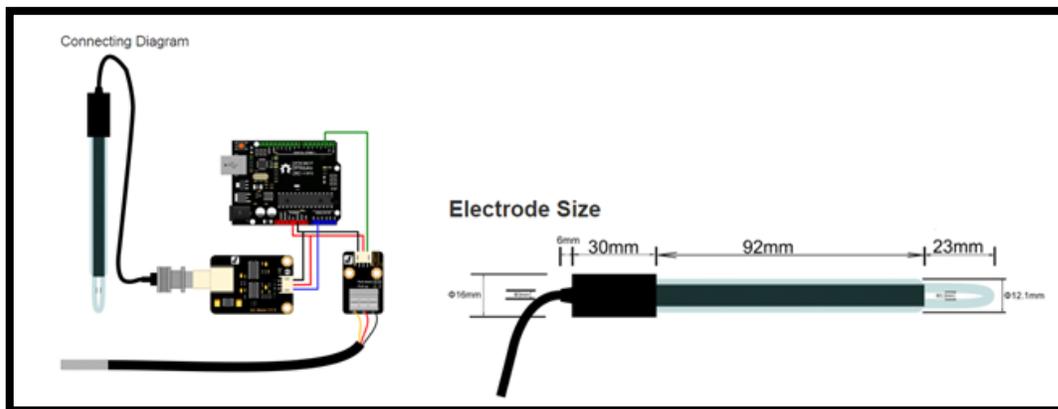


Figura 20. Sensor de Conductividad

Tomado de: https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Analog_EC_Meter_SKU:DFR0300

La conductividad es la propiedad que tiene una sustancia para transportar corriente.

La conductividad del agua es importante en la medición de la calidad del agua. Con la medida de conductividad se obtiene el nivel de electrolitos en el agua. Dependiendo de la concentración del electrolito, la conductividad de la solución acuosa es diferente.

Especificaciones del sensor de Conductividad

Voltaje de funcionamiento: +5.00 V

Tamaño de PCB: 45 mm × 32 mm

Rango de medición: 1 ms/cm - 20 ms/cm

Temperatura de funcionamiento: 5-40 °C

Precisión: $\pm 10\%$ F.S (la precisión específica depende de la precisión de su solución de calibración)

Interfaz PH2.0 (SMD de 3 pines)

Electrodo de conductividad (Constante de electrodos $K = 1$, conector BNC)

Longitud del cable del electrodo: sobre 60cm

Sensor de temperatura DS18B20 (resistente al agua)

Indicaciones

Se debe utilizar una fuente de alimentación estable externa de 7,5 VDC y el voltaje del sistema MCU a 5V, entre más exacto a 5V, más preciso en la medición.

Antes de medir una solución diferente, se debe usar agua para lavar el electrodo de conductividad y el sensor de temperatura, a fin de evitar la contaminación y el resultado impreciso. Se recomienda agua desionizada

Al medir la conductividad de la solución, se debe insertar primero el sensor de temperatura, se debe ingresar el electrodo de conductividad y revolver la solución. Cuando la temperatura y el valor de conductividad son estables, puede leer el valor requerido.

Afectados por la polarización, algunos valores de conductividad se agitan cuando medimos la solución de alta conductividad. Cuanto mayor es la conductividad, los valores más poderosos se agitan.

Principio de medición

La función de transferencia es $V_o = R_{10}/R * V_i$. R_{10} es una resistencia de retroalimentación y su valor es de 820ohm según el esquema de la tarjeta de conductividad. R es la resistencia cuando el electrodo se inserta en solución acuosa. Su valor está relacionado con la conductividad de la solución acuosa. R_{10}/R se llama aumento. Cuando se cambia R , el aumento también se cambia, por lo que el V_o cambió. Así que V_o está relacionado con R . A la derecha del circuito escalado inverso, hay un circuito de valor absoluto. Su función de transferencia es $V_o=|v_i|$. Arduino toma muestras de la salida del circuito de valor absoluto para calcular la conductividad.

Lo siguiente analiza el principio de calibración.

Definición de resistencia: $R = \rho \frac{L}{A}$

P: resistividad

L: Longitud del resistor.

A: Sección transversal de una resistencia.

Para el electrodo de conductividad, L es el espacio entre dos hojas conductoras, A es el área de la lámina conductora.

Definición de conductividad: $K = \frac{1}{\rho}$

Acorde a las dos ecuaciones tenemos: $K = \frac{1}{R} * \frac{L}{A}$

$1 / R$ se llama conducción G.

L / A se llama constante de recipientes Q.

Función de transferencia del circuito de medición: $V_{out} = \frac{R_{10}}{R} * |V_{in}|$

R es la resistencia del electrodo cuando se inserta en solución acuosa.

Obtenemos la ecuación: $K = \frac{Q}{R_{10}*|V_{in}|} * V_{out}$

Q: Es una constante y diferente de cada electrodo.

R_{10} : 820Ω.

$|V_{in}|$: Constante que depende del circuito de señal. Su valor es de aproximadamente 200 mV.

Se puede observar que la conductividad es lineal con el voltaje de salida.

Esquema de Calibración

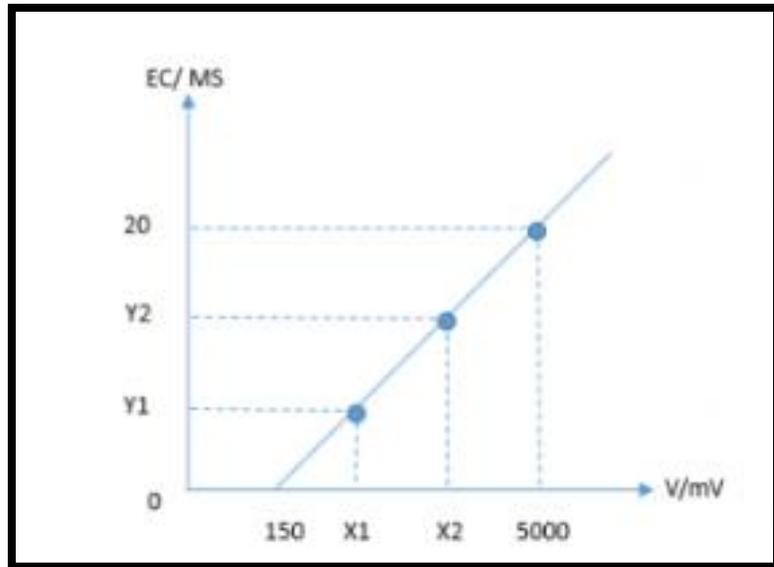


Figura 21. La relación entre la lectura analógica y la CE.

Tomado de: https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Analog_EC_Meter_SKU:DFR0300

Indicaciones

Temperatura en 25 °C

Revisar conexiones

Cargar el código en Arduino.

Inserte las sondas (el electrodo de conductividad y el sensor de temperatura) en la solución A. la solución EC de muestra, 1413 $\mu\text{S} / \text{cm}$, y abrir el monitor serie del Arduino, se leerá un voltaje promedio, tómelo como V1. Entonces los dos números (V1, 1.413) compuestos al primer punto A en la imagen de la derecha:

$$(X1, Y1) = (V1, 1.413)$$

Se debe sacar las sondas de temperatura y electro conductividad para limpiar con agua limpia.

Luego sumérgelos de nuevo en otra solución EC de muestra, 12.88ms / cm. lea otro voltaje promedio como V2. Ahora obtienes otro punto B en la imagen de arriba, a saber: $(X2, Y2) = (V2, 12.88)$

Con los dos puntos $(x1, y1)$ y $(x2, y2)$, se puede dibujar la línea para describir la relación entre la lectura analógica y la EC

Así se han calculado las tres ecuaciones usando diferentes soluciones de Electroconductividad que van entre 1ms/cm, 3ms/cm, 10ms/cm y 20ms/cm

2.8.3 Sensor de temperatura DS18B20

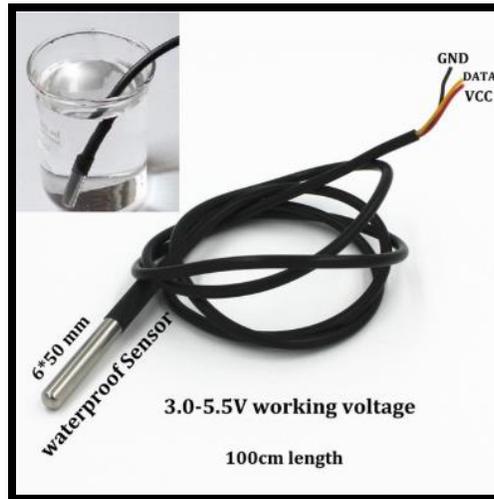


Figura 22. Sensor de temperatura DS18B20

Tomado de <https://es.aliexpress.com/item/Sensors-For-Arduino-DS18b20-Temperature-Sensor-Switch-Module-Waterproof-Sensor-De-Temperatura-DS18b20-100Cm-3-5/32484765331.html>

El sensor se comunica con el Arduino de manera digital. Posee tres cables para alimentación positiva, negativa y datos. El protocolo de comunicación es OneWire que se encarga de dar y tomar datos con un cable.

El sensor DS18B20 va encapsulado en tamaño de un transistor pequeño tipo TO -92. En este proyecto la presentación es de un tubo en acero inoxidable resistente al agua.

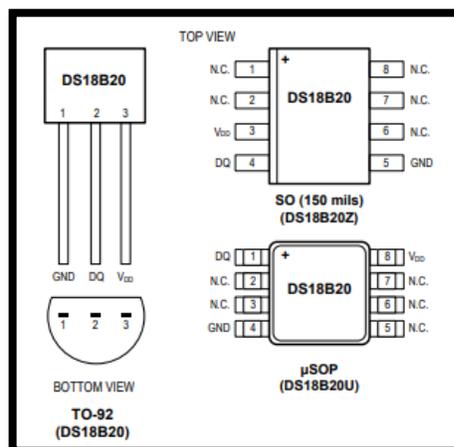


Figura 23. DS18B20

Tomado de <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

Características eléctricas

| DC Electrical Characteristics | | | | | | |
|---|------------------|-------------------------------|------|------|---|-------|
| (-55°C to +125°C; V _{DD} = 3.0V to 5.5V) | | | | | | |
| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
| Supply Voltage | V _{DD} | Local power (Note 1) | +3.0 | | +5.5 | V |
| Pullup Supply Voltage | V _{PU} | Parasite power | +3.0 | | +5.5 | V |
| | | Local power | | | | |
| Thermometer Error | t _{ERR} | -10°C to +85°C | | | ±0.5 | °C |
| | | -55°C to +125°C | | | | |
| Input Logic-Low | V _{IL} | (Notes 1, 4, 5) | -0.3 | | +0.8 | V |
| Input Logic-High | V _{IH} | Local power | +2.2 | | The lower of 5.5 or V _{DD} + 0.3 | V |
| | | Parasite power | | | | |
| Sink Current | I _L | V _{I/O} = 0.4V | 4.0 | | | mA |
| Standby Current | I _{DDS} | (Notes 7, 8) | | 750 | 1000 | nA |
| Active Current | I _{DD} | V _{DD} = 5V (Note 9) | | 1 | 1.5 | mA |
| DQ Input Current | I _{DQ} | (Note 10) | | 5 | | µA |
| Drift | | (Note 11) | | ±0.2 | | °C |

Tabla 5. Características eléctricas DC

Tomado de <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

AC Electrical Characteristics–NV Memory

(-55°C to +125°C; V_{DD} = 3.0V to 5.5V)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|-----------------------|-------------------|----------------|-----|-----|-----|--------|
| NV Write Cycle Time | t _{WR} | | | 2 | 10 | ms |
| EEPROM Writes | N _{EEWR} | -55°C to +55°C | 50k | | | writes |
| EEPROM Data Retention | t _{EEDR} | -55°C to +55°C | 10 | | | years |

AC Electrical Characteristics

(-55°C to +125°C; V_{DD} = 3.0V to 5.5V)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|-----|-----|-------|-------|
| Temperature Conversion Time | t _{CONV} | 9-bit resolution | | | 93.75 | ms |
| | | 10-bit resolution | | | 187.5 | |
| | | 11-bit resolution | | | 375 | |
| | | 12-bit resolution | | | 750 | |
| Time to Strong Pullup On | t _{SPON} | Start convert T command issued | | | 10 | μs |
| Time Slot | t _{SLOT} | (Note 12) | 60 | | 120 | μs |
| Recovery Time | t _{REC} | (Note 12) | 1 | | | μs |
| Write 0 Low Time | t _{LOW0} | (Note 12) | 60 | | 120 | μs |
| Write 1 Low Time | t _{LOW1} | (Note 12) | 1 | | 15 | μs |
| Read Data Valid | t _{RDV} | (Note 12) | | | 15 | μs |
| Reset Time High | t _{RSTH} | (Note 12) | 480 | | | μs |
| Reset Time Low | t _{RSTL} | (Notes 12, 13) | 480 | | | μs |
| Presence-Detect High | t _{PDHIGH} | (Note 12) | 15 | | 60 | μs |
| Presence-Detect Low | t _{PDLOW} | (Note 12) | 60 | | 240 | μs |
| Capacitance | C _{IN/OUT} | | | | 25 | pF |

Tabla 6. Características eléctricas AC

Tomado de <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

El rango de temperatura es -55°C hasta los 125°C y cuenta con una resolución programable desde 9 bits hasta 12 bits.

El sensor tiene una dirección de 64bits que se usa para identificar al sensor con el Arduino, teniendo en cuenta que un bus 1-wire se logra obtener en más de un dispositivo.

El sensor tiene dos métodos de alimentación:

Alimentación del sensor a través del pin de datos

En este método, el sensor de temperatura obtiene la energía del pin de datos y carga el condensador para mantener el voltaje cuando la línea de datos esté en estado bajo. Se puede implementar este método cuando el sensor se conecte a largas distancias o espacio limitado; no se conecta la alimentación VDD.

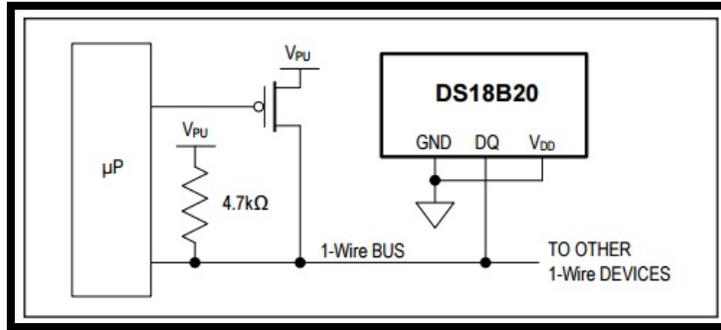


Figura 24. Esquema Alimentación del sensor a través del pin de datos

Tomado de <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

La alimentación del sensor de temperatura GND y VDD están conectados a GND (tierra), de esa manera se activa el parasite Power. EL MOSFET que se encuentra en el circuito, es necesario en conversiones de temperatura o copiar datos desde la memoria de circuito de la EEPROM, en estas operaciones la corriente aumenta y si solo se suministra energía a través de la resistencia pueden causar caídas de voltaje en el condensador interno.

Alimentación con fuente externa

En este método la alimentación VDD se conecta de una alimentación externa generando estabilidad e independiente del tráfico en el bus one- wire.

A continuación, el esquemático de alimentación con fuente externa:

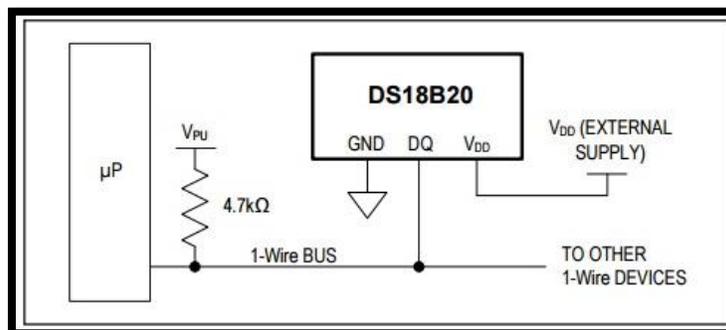


Figura 25. Esquema de alimentación con fuente externa

Tomado de <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

Para la elaboración de este proyecto, se ha realizado programado el sensor de temperatura usando una fuente externa como la figura 25.

Librerías para el DS18B20 en Arduino

Dos librerías, OnWire y Dallas temperature

Librería OneWire: Esta librería permite enviar y recibir datos en un cable, lo cual permite tener un mejor control en el proyecto hay que se ahorra un cable en el sensor. La librería implementa este protocolo puede utilizarse para el sensor DS18B20 y para otros dispositivos one-wire.

Librería DallasTemperature: Contiene funciones para lectura y configuración del sensor de temperatura DS18B20.

2.9 Actuadores

2.9.1 Bomba de recirculación

La bomba de recirculación utilizada en este proyecto es de diafragma o membrana que ejerce un flujo o desplazamiento del líquido por medio de diafragmas flexibles y resistentes. La mayor parte de bombas tienen un motor DC (corriente directa), fabricadas con escobillas

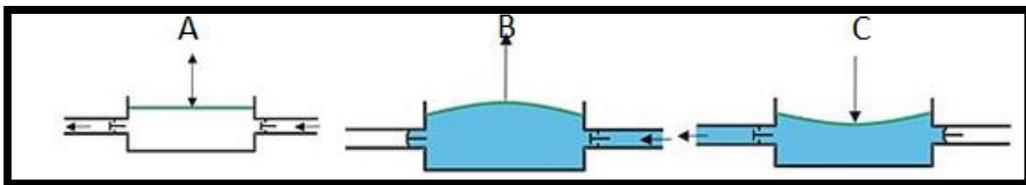


Figura 26. A: Funcionamiento Bomba de diafragma B: aspirando; C: impulsando

Tomado de https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_de_membrana

Principio de Funcionamiento

“El funcionamiento de las bombas de membrana está basado fundamentalmente en la acción conjunta de cuatro elementos:

- Un par de membranas.
- Un eje que los une.
- Una válvula distribuidora de aire.
- Cuatro válvulas de esfera.

El movimiento alternativo de las membranas genera la succión y la impulsión del producto a través de las válvulas. Este movimiento es producido por aire comprimido, el cual es distribuido a una membrana u otro por la válvula de aire.”

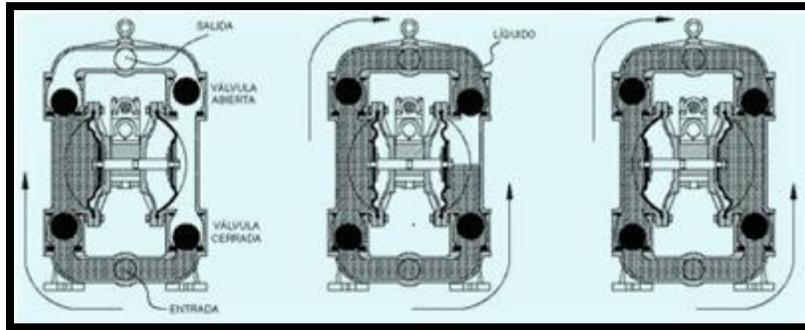


Figura 27. Funcionamiento de una Bomba de diafragma

Tomado de: <http://bombadediafragma.blogspot.com/2009/07/bomba-de-diafragma.html>

Bomba de recirculación sumergible de 6VDC a 12VDC

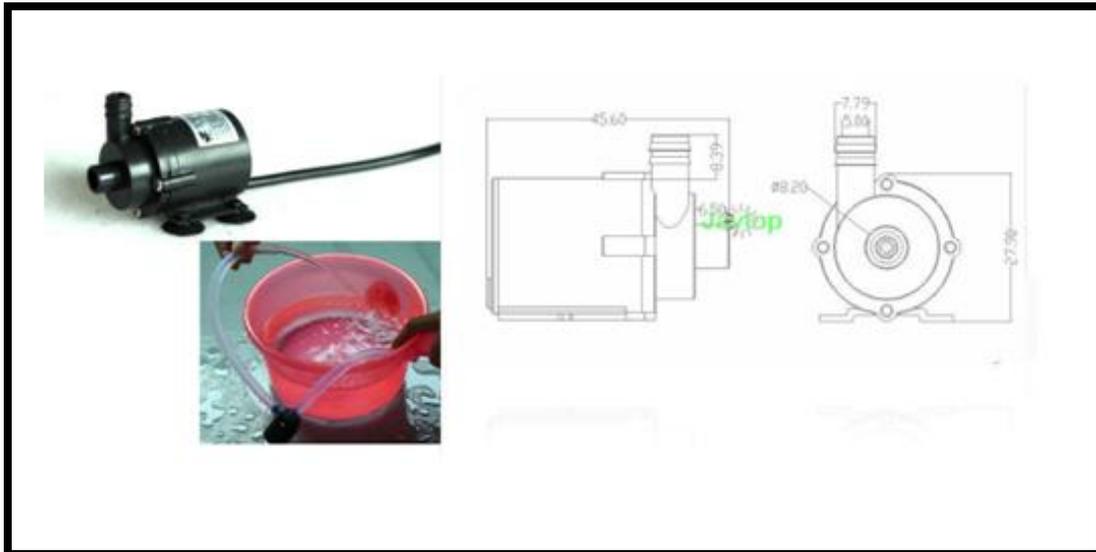


Figura 28. Bomba de recirculación sumergible

Tomado de: <https://es.aliexpress.com/item/DC-6V-12V-Micro-Brushless-Submersible-Motor-Water-Pump-F-Solar-Fountain-Cooling-free/32631139799.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.274263c0ObeePt>

Características

Marca: TCXRE

Presión: Alta presión

Potencia: hidráulico

Estructura: bomba de diafragma

Voltaje de funcionamiento: de 6V a 12V

Caudal máximo: 200L/hora.

Índice de ruido: 30dB

Cable: dos núcleos

Longitud del cable: 0,5M

Diámetro del cable: 2,5mm

Elevación máxima: 70-180cm

La vida es 20000 horas de trabajo continuo aproximadamente



Figura 29. Curva de la bomba recirculación sumergible

Tomado de: <https://es.aliexpress.com/item/DC-6V-12V-Micro-Brushless-Submersible-Motor-Water-Pump-F-Solar-Fountain-Cooling-free/32631139799.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.274263c00beePt>

2.9.2 Bomba de Burbujas (aire)



Figura 30. Bomba de burbujas

Tomado de: <https://es.aliexpress.com/item/Jeneca-Aquarium-Fish-Tank-Air-Pump-AP-1688/32285035147.html>

La bomba de burbujas es un dispositivo que empuja el aire, se encuentran en una bomba de bicicleta, en acuarios, aspiradora, bomba de vacío, entre otros

Las bombas y los compresores usan mecanismos muy similares, y básicamente realizan la misma acción, pero en diferentes regímenes de fluidos

Los compresores funcionan con fluidos compresibles, generalmente gases. Las bombas operan con fluidos, típicamente líquidos, aproximados como incompresibles.

Los compresores están destinados a desarrollar un aumento de presión muy alto contra un sistema cerrado; las bombas están diseñadas para desarrollar una presión relativamente pequeña contra un sistema de flujo libre con una contrapresión mínima.

Las bombas a menudo se usan en funcionamiento de flujo continuo, mientras que muchos compresores de nivel inferior deben tener ciclos de trabajo intermitentes.

Los compresores generalmente tienen un sensor de retroalimentación que se apaga cuando alcanzan la presión deseada; Las bombas tienen un diseño fijo y operan libremente en toda su curva de rendimiento a medida que las condiciones cambian

Características de la bomba de aire

Potencia: 1.5W
Presión de aire: 0.01Mpa
Salida Max: 1.6L/Min
Voltaje: 110VAC
Marca: Jeneca
Modelo: AP-1688
Color: Blanco y negro
Presión: 0,01Mpa
Tamaño: 97x55x48mm
Peso: 0,15Kg

2.9.3 Módulo de 4 Relé 5V

En este módulo se conecta la bomba sumergible de 12 VDC al Arduino. El relé se alimenta con 5V DC, y se encarga de controlar el encendido y apagado de la bomba sumergible, el módulo soporta hasta 10 Amperios.

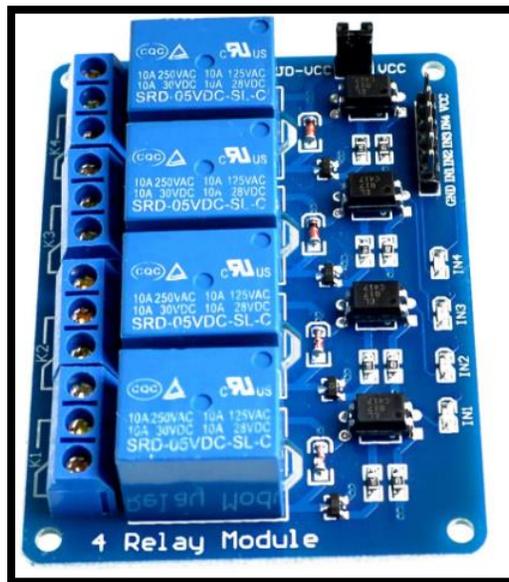


Figura 31. Módulo de Relé

El módulo permite controlar cargas de como lo indica en las siguientes características y cuenta con unos agujeros, borneras que facilita el montaje en el prototipo.

Características:

Relés: 4

Voltaje de control: 5V de corriente directa (DC)

Voltaje de carga: 220VAC máximo o 30VDC máximo

Corriente de control: 10mA hasta 20mA

Corriente máxima de carga: 10A

Tamaño: 4.7 x 2.9 x 1.8 cm

2.9.4 Modulo Dimmer

El módulo permite controlar cargas de voltaje alterno, en este caso la bomba de burbujas de 110V AC desde el Arduino. Un Dimmer AC a diferencia de un relé, permite el control regulado de voltaje AC, permitiendo obtener voltajes intermedios entre 0 y 220V AC y de esa forma variar la intensidad de brillo en bombillas incandescentes, la velocidad en motores AC como ventiladores, la potencia de un calentador resistivo y más.



Figura 32. Módulo Dimmer

Un dimmer tiene dos etapas: el optacoplador y el triac. El optoacoplador permite identificar el instante en el que el voltaje alterno tiene un valor de 0V, es decir cuando el voltaje "cruza" de voltaje positivo a negativo y viceversa. Los triacs son semiconductores (tiristor) que pueden permitir el paso de corriente AC mediante una señal de disparo en cada semiciclo de corriente AC. A diferencia de los relays un Triac puede activarse muy rápido permitiendo el paso de una porción de la onda de voltaje alterno.

Especificaciones técnicas

Voltaje de Control: 3.3-5V DC

Voltaje de Carga: hasta 220V AC (máx.)

Corriente nominal carga: 2A

Corriente máxima carga: 5A

Triac: BTA12

Aislamiento óptico con: MOC3021

2.10 Pantalla LCD 2X16

Permite mostrar caracteres alfanuméricos, tiene 16 caracteres por 2 líneas, se puede usar con Arduino o microcontroladores, la pantalla es de color azul con letras blancas, compatible con el controlador Hitachi 44780 que se encuentra incorporado en la pantalla con el fin de permitir la visualización



Figura 33. Pantalla LCD 2X16

Características:

Voltaje de operación: 4.5V – 5.0V

Corriente máxima: 40mA

Controlador: HD44780

Back light: Azul

Caracteres: ASCII, japoneses Kanji, griegos y símbolos matemáticos; desplazamiento hacia la izquierda o derecha

Columnas: 16

Filas: 2

Memoria: 40 caracteres por línea en la pantalla

Interfaz: Paralela de 4 y 8 bits

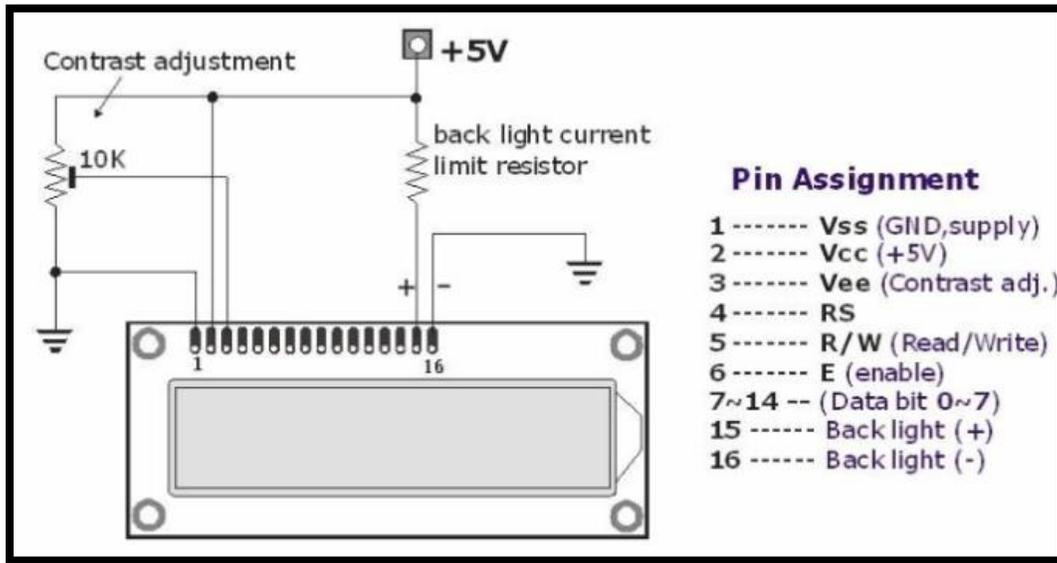


Figura 34. Diagrama de conexión pantalla LCD al Arduino

Tomado de <http://ww17.ecopech.net/lcd-2x16.html>

2.11 Arduino

El Arduino es una placa de hardware, contiene una EEPROM que se encarga de guardar los datos y recupera los datos en caso que el Arduino no tenga alimentación. La EEPROM puede ser leída ilimitadamente, pero borrada y reprogramada de cien mil a un millón de veces incorpora un microcontrolador que se puede reprogramar tantas veces como sea necesario y tiene una serie de pines análogos y digitales que podemos definir como entradas y salidas según el uso que queramos darle al microcontrolador, Arduino es a su vez un entorno de desarrollo libre y multiplataforma. Podemos realizar proyectos autónomos con Arduino.

| | |
|---|--|
| Microcontrolador | ATmega328 |
| Tensión De Funcionamiento | 5V |
| Voltaje de entrada (recomendado) | 7V - 12V |
| Voltaje de entrada (límites) | 6-20V |
| Digital pines I / O | 14 (de las cuales 6 proporcionan salida PWM) |
| Botones de entrada analógica | 6 |
| Corriente DC por E / S Pin | 40 mA |
| Corriente DC de 3.3V Pin | 50 mA |
| Memoria Flash | 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB utilizado por el gestor de arranque |
| SRAM | 2 KB (ATmega328) |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328) |
| Velocidad De Reloj | 16 MHz |
| Largo | 68,6 mm |
| Ancho | 53,4 mm |
| Peso | 25 g |

Tabla 7. Características técnicas del Arduino uno

Tomado de: <https://jonathanmelgoza.com/blog/conociendo-arduino-placa/>

3 METODOLOGÍA

3.1 Identificación de la necesidad

La fundación cultivos de amor está ubicada en Belén san Bernardo, se pretende impactar a la comunidad que la visita, presentando una nueva tecnología de cultivo hidropónico, debido a que la fundación tiene una eco huerta donde cultivan de forma tradicional.

El desarrollo se fundamenta en la intención de investigar nuevas tecnologías para la automatización de cultivos hidropónicos.

El aprovechamiento que esta implementación puede traer en la investigación y enseñanza es una considerable ventaja para la fundación.



Figura 36. Fundación cultivos de amor

Tomado de <https://fundacuda.weebly.com/>

3.2 Recursos

Para el desarrollo del proyecto se compraron los materiales de la tabla

| Materiales | Precio en dolar | Tasa del día | Gasto en pesos |
|---|-----------------|--------------|----------------|
| Bomba 12V | 7,72 | 3100 | 23932 |
| Sensor EC | 14,95 | 3100 | 46365 |
| Sensor de temperatura, PH y modulo | 38,48 | 3100 | 119288 |
| Arduino Mega | 8,57 | 3100 | 26567 |
| Arduino uno | 8 | 3100 | 24800 |
| Air Pump, manguera, piedra de burbujas | N/A | N/A | 20000 |
| Caja Termoplástica | N/A | N/A | 70000 |
| Fuente de Poder Atx 750w De 20 Y 24 Pines Para Computador | N/A | N/A | 28999 |
| Cable de potencia | N/A | N/A | 3000 |
| Comisión por avance banco AVVillas | N/A | N/A | 6950 |
| Recipientes(Tanques) | N/A | N/A | 50000 |
| Papel tornasol | N/A | N/A | 5000 |
| Solucion Nutritiva | N/A | N/A | 49500 |
| Soporte Proyecto | N/A | N/A | 150000 |
| Acarreo del soporte | N/A | N/A | 10000 |
| Accesorios PVC y Manguera plastica(Home Center) | N/A | N/A | 4550 |
| Garra graduada 2 Lts (Preparacion solucion Nutritiva) | N/A | N/A | 4500 |
| Paquete Vasos Desechables (Sembrar Plantulas) | N/A | N/A | 1650 |
| Puntura del plástico y recipiente | N/A | N/A | 15000 |
| 16 Tornillos | N/A | N/A | 500 |

Tabla 8. Costo de materiales 1

| Materiales | Precio en dolar | Tasa del día | Gasto en pesos |
|--|-----------------|--------------|------------------|
| Cable ribon para la pantalla | N/A | N/A | 1950 |
| Pines macho y hembra para LCD | N/A | N/A | 300 |
| Conectores 3 negros para la caja en los cables de las dos bombas y temperatura | N/A | N/A | 900 |
| conector para sensor EC | N/A | N/A | 1700 |
| Ácido fosfórico 500ml | N/A | N/A | 5900 |
| Arduino uno | N/A | N/A | 25000 |
| Baquelita Virgen | N/A | N/A | 3400 |
| Optoacoplador Moc | N/A | N/A | 1570 |
| TIP120 | N/A | N/A | 1160 |
| 3 conectores dobles | N/A | N/A | 1500 |
| Cloruro Ferrico | N/A | N/A | 1100 |
| Plástico Israelí | N/A | N/A | 25500 |
| Solución nutritiva Vaikal | N/A | N/A | 30000 |
| Plasticos amarraderas | N/A | N/A | 4500 |
| Pantalla LCD 16*2 | N/A | N/A | 16000 |
| Mano de obra soporte del techo | N/A | N/Aa | 120000 |
| 3 tubos cuadrados acero 3 / 4 Cal 20 | N/A | N/A | 38700 |
| Pintura 3 en 1 thinner | N/A | N/A | 31100 |
| Transporte elementos para la Fundación | N/A | N/A | 90000 |
| Gasto total | | | \$1061061 |

Tabla 9. Costo de materiales 2

3.3 Preparación de la solución nutritiva

La solución nutritiva utilizada para alimentar las raíces es de Planthar Y.A de Calarcá Quindío; hicimos la preparación teniendo en cuenta las instrucciones de las figuras 37 y 38. Realizamos la dosis completa que se utiliza después del trasplante: 5 ml nutriente mayor y 2 ml de nutriente menor por cada litro de agua.

Preparación 5 litros de nutriente Mayor

1. En el balde plástico vaciar 3 litros de agua hervida
2. En estos 3 litros disolver primero la totalidad del calcio hasta quedar completamente disuelto
3. Agregar el potasio y fosforo de la misma manera revuelve hasta no quedar grumos y quede completamente disuelto
4. Después de revolver los tres elementos, completar con agua lo que haga falta hasta 5 litros y mezclar muy bien

De esta forma estaría listo el nutriente mayor para empacarlo en los envases plásticos preferiblemente oscuros.

Figura 37. Preparación nutriente mayor

Preparación 2 Litros de nutriente menor

1. Calentar 2 litros de agua más o menos 40 ° C
2. En el balde agregar 1 litro de agua hervida previamente calentada
3. Luego agregar el S de magnesio y revolver hasta que quede bien disuelto.
4. Aparte poner a calentar un poco de agua (40 ° C la más o menos un vaso), abrir la bolsa pequeña que contiene varios elementos llenarla de agua tibia hasta la mitad, cerrarla nuevamente y disolver suavemente con los dedos hasta que no queden grumos, luego vaciar el contenido de esta en la mezcla anterior.
5. De la misma forma hace con el hierro agregar agua a la bolsita, la cierra, la disuelve suavemente con los dedos y luego agrega al balde con los otros elementos, revolver bien hasta que todos los elementos queden mezclados y disueltos. 6. Después de esto agrega la cantidad de agua que haga falta hasta completar 2 litros, revuelve bien nuevamente y así quedaría listo el nutriente menor para ser empacado en los envases

Figura 38. Preparación nutriente menor

3.4 Semillero

Semillero con solución nutritiva

Se siembra Las lechugas sobre solución nutritiva.

La primera semana solo se alimenta la planta con solución.

La plántula germina entre 1 a 4 días.

Se desarrollan débilmente las plántulas con resultado no aptos para trasplante.



Figura 39. Semillero con solución nutritiva

Semillero con paca digestora en la fundación Cultivos de amor



Figura 40. Semillero con paca digestora

3.5 Verificación de medidas PH, EC y temperatura

Se realizan pruebas con los sensores de medición de sustancias como leche, limón, bicarbonato con resultados satisfactorios.

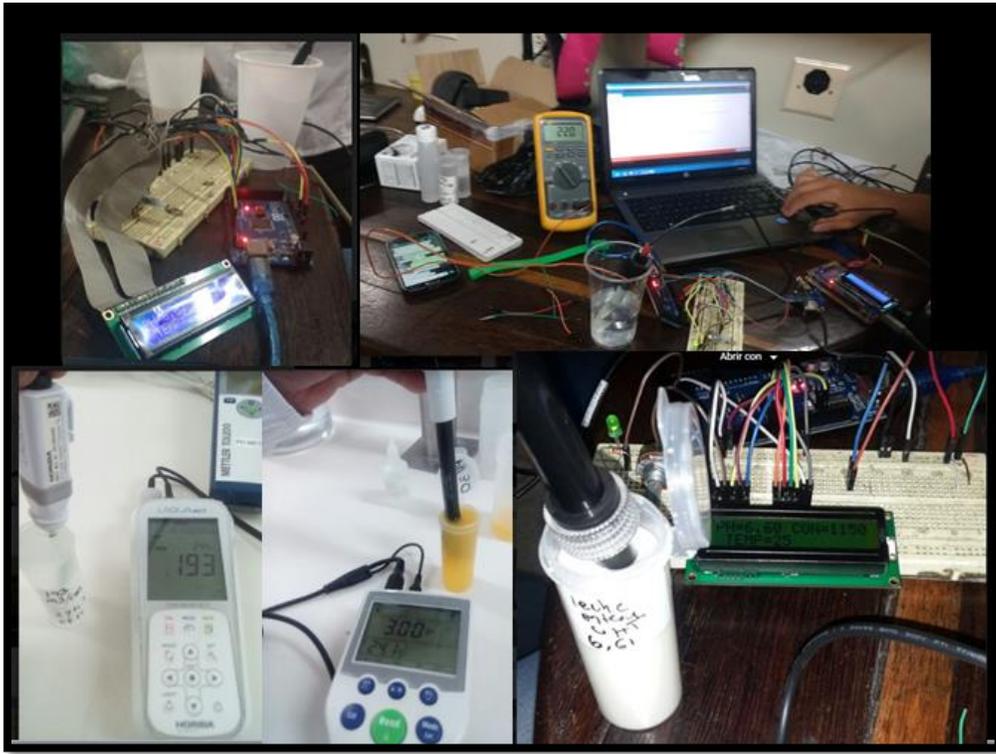


Figura 41. Medidas en productos



Figura 42. Calibración de sensores EC

| Sensor color Blanco K = 0.961 | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| Agua epm | 7974us/cm temperatura: 22,8°C |
| solución de conductividad 1413us/cm | 1335us/cm temperatura: 26,9°C |
| solución de conductividad 12.88ms/cm | 1368us/cm temperatura: 25,5°C |
| Sensor color Negro K = 0.991 | |
| Agua epm | 1439us/cm temperatura: 23.0°C |
| solución de conductividad 1413us/cm | 1310us/cm temperatura: 27.0°C |
| solución de conductividad 12.88ms/cm | 1308us/cm temperatura: 26,1°C |
| tener en cuenta que: | |
| solución de conductividad 1413us/cm | temperatura 26°C= 1440 us/cm |
| solución de conductividad 12.88ms/cm | temperatura 26°C= 13,13ms/cm |

Tabla 10. Medidas de EC en Agua y soluciones de calibración



Figura 43. Medidas PH, EC y temperatura de solución nutritiva

3.6 Ensamble de la estructura y el módulo completo

Se construyó el invernadero con una estructura metálica pintada de color negro, cubierta con un plástico israelí. El motivo es proteger el cultivo de fuertes lluvias, cambios de temperatura, entre otros



Figura 44. Invernadero con plástico Israelí

Para la implementación del cultivo hidropónico, se construye un soporte con armazón metálico para sostener dos recipientes con plantas, solución nutritiva, sensores, bomba de recirculación, y una caja con el sistema de control.

El modulo metálico está fabricado con ángulos de una pulgada, unidos con soldadura.

Dimensiones:

Alto: 90Cm

Ancho: 40Cm

Largo: 72,5Cm

Patatas: 10 CM para ser fijada en la tierra de la fundación cultivos de amor



Figura 45. Medidas del módulo

Parte superior

Tiene una base donde se aloja un Recipiente plástico Rimax de 28 lts.

Especificaciones

Peso: 1.82 Kg

Ancho: 45 Cm

Alto: 17Cm

Largo: 80 cm



Figura 46. Recipiente superior

El recipiente sostiene las plántulas de lechuga en vasos plásticos con agujeros para que las raíces se alimenten de la solución nutritiva, ductos de entrada de las bombas de recirculación y de oxigenación (por burbujas, tipo pecera) y un Tubo de recirculación de la hacia el recipiente inferior. Se hicieron 18 perforaciones de 60 mm, para esto se utilizó una brocasierra de 60 mm y un Taladro Eléctrico con mandril de 3/8.



Figura 47. Tapa del recipiente superior

En los cultivos hidropónicos, los contenedores deben ser de color Oscuro, preferiblemente negro, esto con el fin de evitar la propagación de algas y otras plagas en ellos.

Para obtener una buena fijación en la pintura, se debe lijar previamente la superficie con lija 150 y posteriormente se aplican 2 capas del Primero y dejar secar completamente. Luego de que esté completamente seco el Primero, se procede a aplicar la pintura aerosol Negro Mate, se aplicaron varias capas dejando secar entre cada una, hasta tener un cubrimiento total del recipiente.

En la figura 40 se observa lo que compone el recipiente superior que es el tubo de recirculación, piedra de burbujas, bomba de burbujas y manguera para el flujo de burbujas



Figura 48. Componentes en el recipiente superior

Parte inferior

En la parte inferior se encuentra otra base metálica, se aloja un Recipiente plástico Rimax de 90 Lts



Figura 49. Características recipiente plástico

Esta contendrá la solución Nutritiva, la Bomba anfibia de recirculación, la bomba de burbujas, Los sensores de ec, PH y Temperatura y Tendrá un drenaje por gravedad del recipiente Superior.

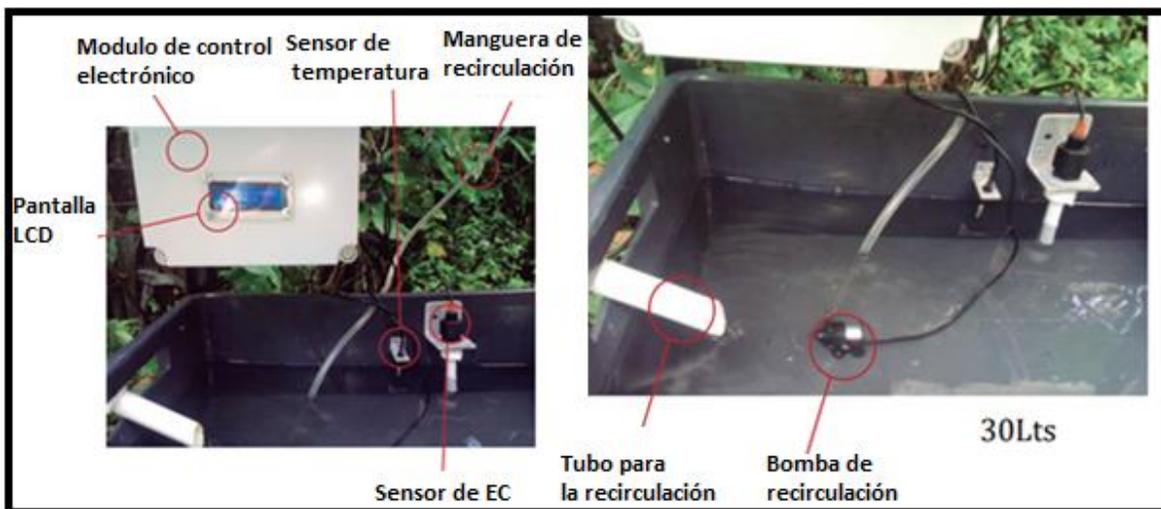


Figura 50. Componentes en la parte inferior

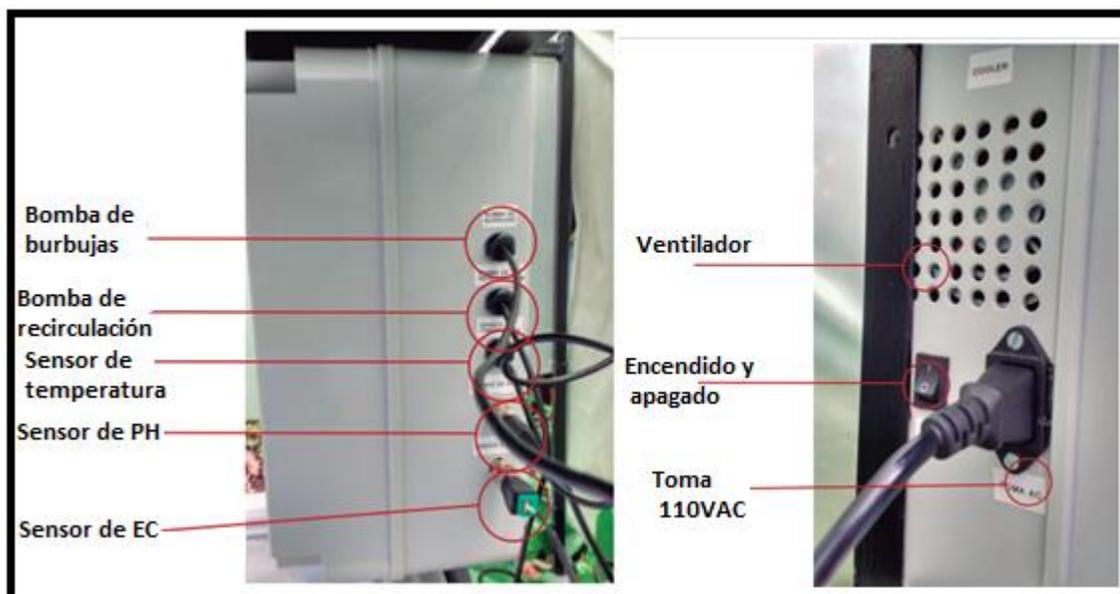


Figura 51. Laterales del módulo de control

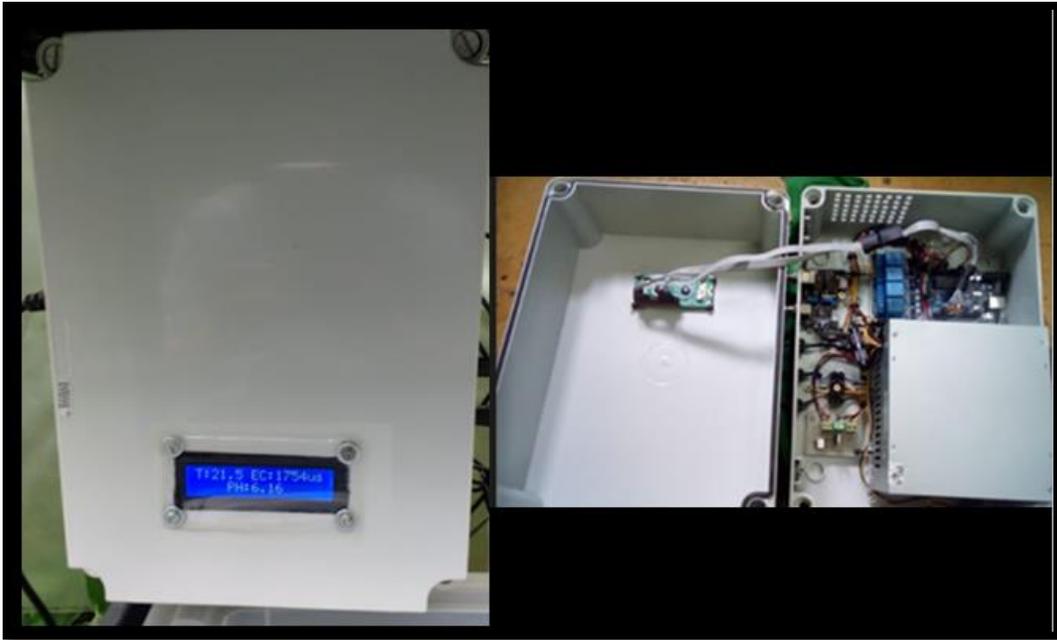


Figura 52. Componentes internos del módulo de control

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

- Encuesta

De acuerdo a la encuesta en la Fundación cultivos de amor a los visitantes, se puede analizar lo siguiente:

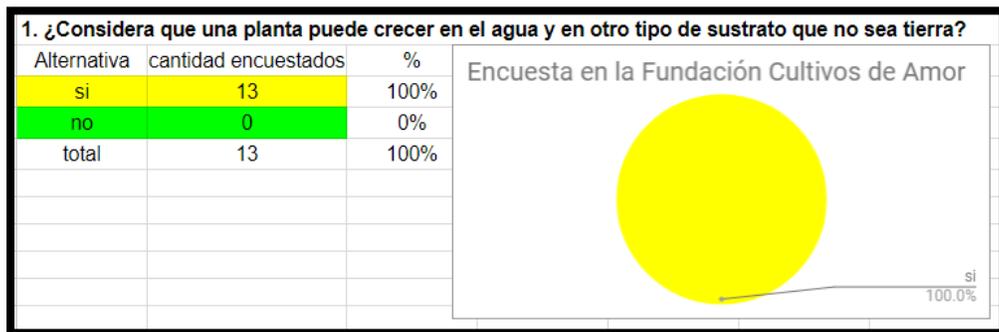


Figura 53. Pregunta 1

Según la encuesta a la pregunta 1, se evidencia que:

Las trece personas respondieron que las plantas pueden crecer en agua y en otro tipo de sustrato en la tierra. Se debe tener en cuenta que las plantas para crecer, deben ser alimentadas con “elementos mayores” como son N, P, K, S, Ca, Mg, así mismo “elementos menores” como son Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo, Cl; y estos elementos se deben agregar al agua. Por lo tanto, si la planta solo es alimentada con agua, no puede sobrevivir. Quizás las personas no leyeron bien la pregunta o no conocen sobre los cultivos hidropónicos.



Figura 54. Pregunta 2

En la segunda pregunta se evidencia que el 77% de las personas encuestadas no conocen sobre cultivos hidropónicos y el 23% si conocen del tema. Este resultado indica que es un tema nuevo para muchas personas, puede generar interés y conocimiento de un nuevo sistema de siembra para los visitantes de la Fundación Cultivos de amor.

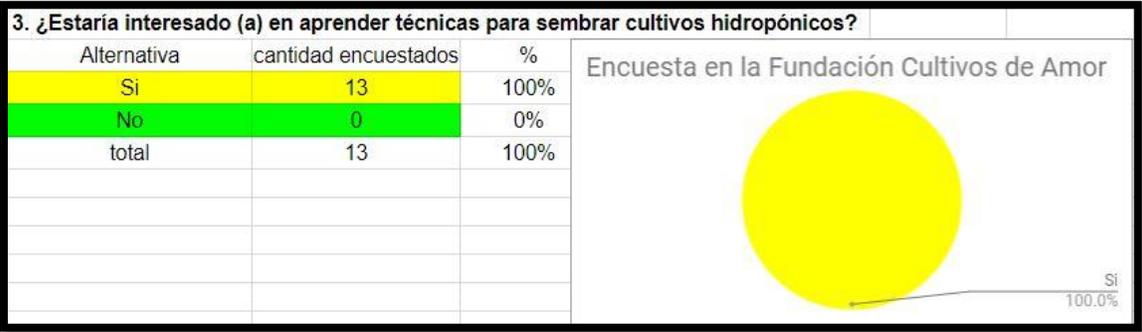


Figura 55. Pregunta 3

Según la respuesta a la pregunta 3, se puede evidenciar que el 100% de las personas encuestadas les interesa aprender técnicas para sembrar cultivos hidropónicos. Este es un éxito para este proyecto ya que se pensó instalar el módulo en FUNDACUDA para que los visitantes y personas de movilidad reducida interactúen con el cultivo y aprendan este sistema flujo y reflujo.

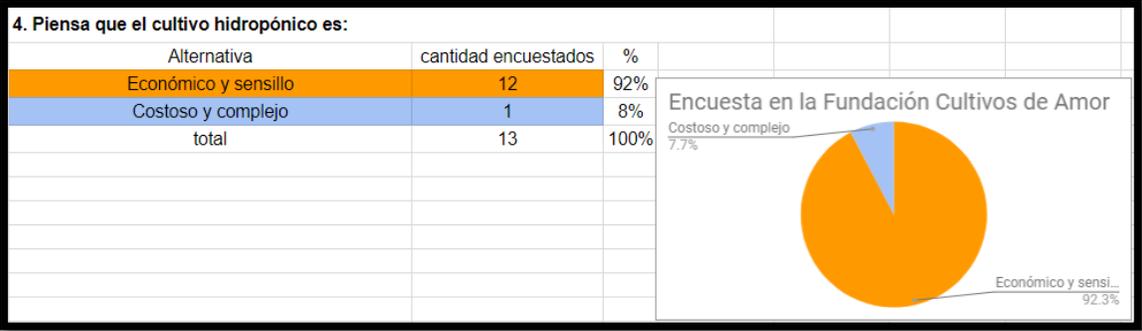


Figura 56. Pregunta 4

Se puede afirmar que para el 92% el cultivo hidropónico es Económico y sencillo; las personas ven una buena oportunidad para aprender, construirlo y tenerlo en sus hogares. Para el 8% es Costoso y complejo por la tecnología implementada.

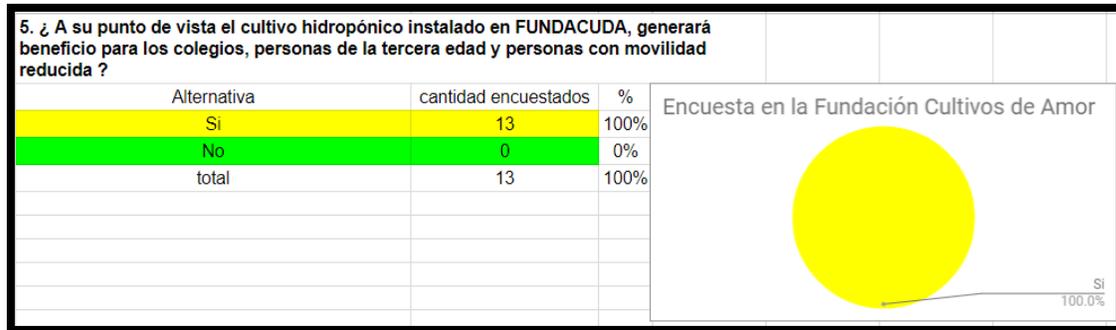


Figura 57. Pregunta 5

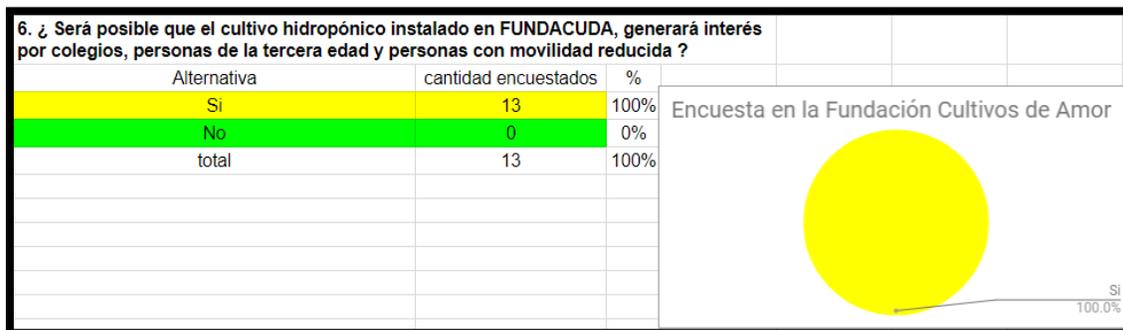


Figura 58. Pregunta 6

Se ha obtenido que el 100% de los encuestados creen que el cultivo generará beneficio e interés, según las respuestas de las preguntas 5 y 6. Todos los encuestados creen en el proyecto y lo más importante es generar beneficio e interés en el cultivo hidropónico a todos los visitantes.

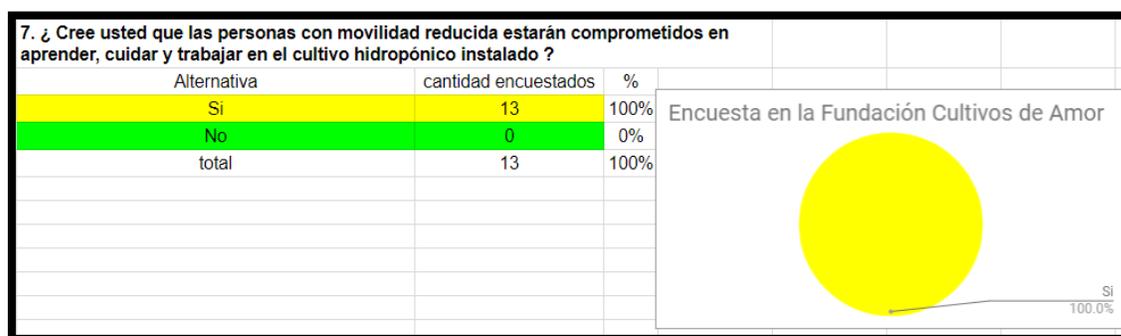


Figura 59. Pregunta 7

EL 100% de los encuestados respondieron a la pregunta 7 que creen que las personas de movilidad reducida estarán comprometidas en aprender, cuidar y trabajar en el cultivo instalado; es necesario que aprovechen el modulo y le den continuidad en la cosecha de las lechugas.

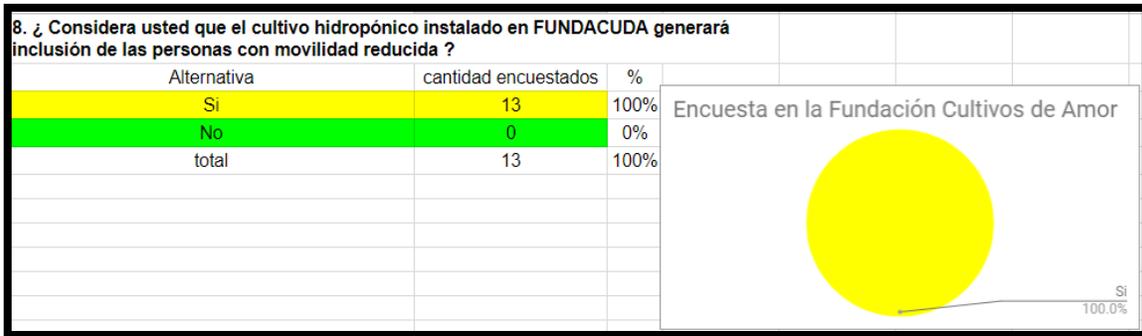


Figura 60. Pregunta 8

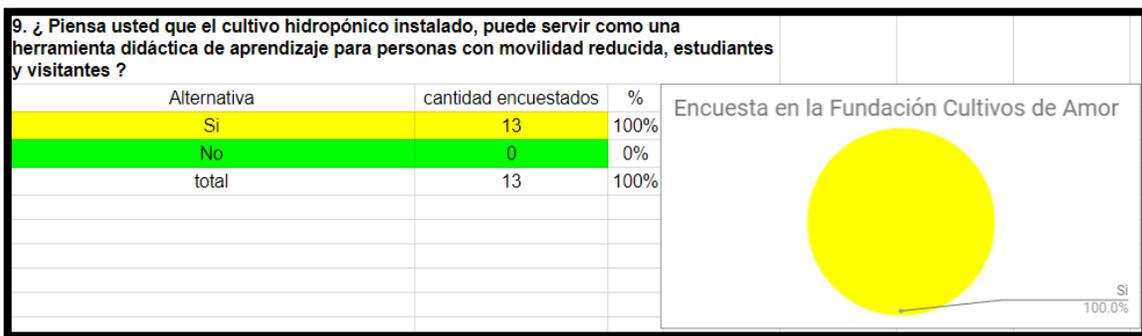


Figura 61. Pregunta 9

El 100% de las personas creen que el cultivo hidropónico generará inclusión y servirá como una herramienta didáctica de aprendizaje para las personas con movilidad reducida, estudiantes y visitantes.

En la Fundación Cultivos de amor se han realizado visitas para generar aprendizaje e intercambio de saberes entorno al cultivo hidropónico de lechugas, a través de las siguientes actividades:

Capacitación a visitantes y voluntarios, se encontró interés en comprar el módulo de control y adaptar el sistema en sus casas.

Las personas adoptaron nuevos aprendizajes y conciencia de que es necesario desarrollar prácticas alternativas que sean más sostenibles con el ambiente.

Se genera el efecto expansivo del aprendizaje ya que con las personas que asisten a este lugar son impactadas indirectamente por los procesos del sistema hidropónico.

Se generaron espacios de aprendizaje e intercambio de saberes entorno al cultivo hidropónico de lechugas.

Se sembró un semillero en la Fundación cultivos de amor con paca de gestora para hacer la comparación del cultivo tradicional con el hidropónico, pero las plantulas murieron por una fuerte lluvia.

El semillero se realizó con sustrato vegetal y al ser transplantado al módulo hidropónico, se retiró de la raíz el sustrato vegetal para evitar que el sustrato dañe las bombas.

4.2 Discusión

Es necesario realizar acompañamiento y compromiso por parte del personal encargado del cultivo para fortalecer conocimientos que se están transmitiendo y tengan la capacidad de replicarlo en su comunidad.

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1 Conclusiones

Se ha logrado diseñar e instalar en la Fundación Cultivos de amor, el módulo hidropónico flujo reflujo automatizado y económico con instrucciones para un fácil manejo. Se puede visualizar los valores de temperatura, conductividad y PH y control de los motores para oxigenar y recirculación de la solución nutritiva.

Se generó el trabajo con la comunidad de la Fundación cultivos de amor consiguiendo generar espacios organizados de transformación “socio-ambiental autónomos”.

Es importante dar continuidad al proceso para que sea más duradero en el tiempo y así generar un impacto trascendente en la comunidad.

Se logró capacitar a población de la fundación en torno al cultivo alternativo, pudiendo identificar las ventajas de este en su entorno.

Los participantes han adoptado técnicas para el cultivo en sistemas de flujo y reflujo.

Es relevante incentivar a la población urbana para la implementación de sistemas alternativos para el cultivo de plantas.

Se logró reducir la intervención humana y se optimizó el proceso de producción

Se realizó un paralelo con un cultivo tradicional, pero las lechugas fueron marchitas y un agracero las dañó, por tanto es importante cuidar las lechugas en invernadero y estar pendiente en regarlas.

5.2 Recomendaciones

Las ecohuertas deberían convertirse en alternativa real que brinde a las personas una permanencia en el tiempo en temas de seguridad alimentaria.

Es importante seguir generando alianzas para la ejecución de propuestas en temas como agricultura sostenible.

Este tipo de proyectos deben desarrollarse por periodos de tiempo más largos si se quiere generar apropiación fuerte e independiente.

Evitar el ingreso de líquidos en la pantalla LCD, conectores y en las partes laterales del módulo de control electrónico

EL equipo debe permanecer conectado al toma de 110VAC

No doblar y jalar los cables

Tener en cuenta el rango de ph y conductividad en las lechugas: PH: 5.5 – 6.5 Conductividad: 1.5 – 2.5 mS/cm²

Revisar una vez por semana el nivel de los tanques: el tanque inferior 30Lt, el tanque superior 20Lts; Si el nivel está por debajo a la entrada del tubo de recirculación superior, se debe reponer el agua evaporada. Nota: Reponer el agua cuando la bomba de recirculación se encuentre apagada.

Si los valores de PH y conductividad no están en el rango se debe revisar si se necesita cambio de solución nutritiva, el nivel de los tanques, o contaminación.

En cada cosecha se debe lavar tanques, desinfectar los recipientes y elementos con líquido, cambiar agua y solución nutritiva

Tener en cuenta que para bajar la medida de ph se puede usar ácido fosfórico, para subir la medida del ph hidróxido de potasio; la Electroconductividad se ajusta con la solución nutritiva.

No use el módulo si se han retirado las tapas o están colocadas de forma insegura

5.3 Trabajo a futuro

Se han detectado mejoras que se pueden realizar al proyecto, no se realizaron esas mejoras por factores como la falta de tiempo y recursos. Las posibles mejoras son:

Un panel solar que alimente el módulo de control

Instalación de leds en el invernadero que emita fotosíntesis y rapidez en el crecimiento de las lechigas

Control automático que detecte la falta de agua o solución nutritiva y agregue lo necesario

Conectar el módulo a Ethernet donde el administrador pueda visualizar el estado del cultivo.

Alarmas que permitan alertar el mal estado de las bombas y sensores de ph, conductividad, y temperatura.

REFERENCIAS

Angulo Usategui, J. (1998), microcontroladores PIC

CARRASCO S. G. 2004. Sistema NFT, requerimientos y usos, pp. 541-554. In: Tratado de cultivo sin suelo. 1ª Ed. URRESTARAZU G., M. (ed.). Editorial Mundi Prensa. Almería, España.

CARRASCO, S. G; IZQUIERDO, G. J. 1996. La empresa de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva recirculante ("NFT"). Ed. FAO. Talca. Chile. 60 p.

CARRASCO S. G. 2004. Sistema NFT, requerimientos y usos, pp. 541-554. In: Tratado de cultivo sin suelo. 1ª Ed. URRESTARAZU G., M. (ed.). Editorial Mundi Prensa. Almería, España.

ESTEBAN FAVELA CHAVEZ, manual para la preparación de soluciones nutritivas, universidad autónoma agraria Antonio Narro.

GARCIA G., E.; LEAL, P. M.; GONZALEZ, J. E. 2007. Evaluación de dos sistemas hidropónicos (abierto y cerrado) con relación al uso de solución hidropónica reciclada y producción de jitomate de exportación. Revista Tecnóloga 1(2): 54-66.

IZQUIERDO, J. (2,003). La Huerta Hidropónica Familiar. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tercera Edición, Santiago de Chile. 132 p.

Manual de procesamiento y conservación de lechugas (*Lactuca sativa* L.) variedad verde y morada crespa mínimamente procesadas, Jesús Antonio Galvis Vanegas., Gloria Helena González Blair, Alexy Florez Vergara [accessed Sep 07 2018].

Malca, GO. 2001. Seminario de agronegocios, lechugas hidropónicas (en línea). Lima, Perú, Universidad del Pacífico. 96 p. Consultado 17 mar. 2002. Disponible en www.upbusiness.net.

M. C. L. R. M. H. R., F. F. G. Alfredo Rodríguez Delfín, «Hidroponía: Prespectivas y Futuro,» de MANUAL PRACTICO DE HIDROPONIA.

M. Moreno, Automación Micromecánica s.a.i.c, Wilde. Buenos Aires, Argentina, www.micro.com.ar, curso 061, controlador lógico programable. 1p

RESH M., H. 1992. Cultivos Hidropónicos. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 95-178.

SOCIEDAD MEXICANA DE HIDROPONIA. 2008. Revista Hydro. México, D.F. 20 p

STEPOWSKA A. J.; KOWALCZYK W. 2001. The effect of growing media on yield and nitrate concentration in Lettuce (*Lactuca sativa* var, *capitata* L.). *Acta Horticulturae* 548: 503-509.

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1

<http://todohidroponico.com>

http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=30

<http://rimauhidroponia.blogspot.com.co/2014/12/es-la-hidroponia-hidroponia-es-el.html>

<http://hidroponia.org.mx/cultivo-hidroponico/ventajas-de-la-hidroponia/>

<http://fundacuda.weebly.com/>

N. INSTRUMENTS, «<http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>,» ni.com, 2013.)

<http://arduino.cl/que-es-arduino/>

(<http://etnias.wixsite.com/guillermo/blankhxrpq>)<http://etnias.wixsite.com/guillermo/blank-hxrpq>)

<https://scidle.com/es/como-usar-un-sensor-de-ph-con-arduino/>

https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Analog_EC_Meter_SKU:DFR0300

<http://www.agspecinfo.com/pdfs/D/DS18B20C.PDF>

<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

http://books.google.co.ve/books?id=k5aduoRGsakC&printsec=frontcover&source=gbs_v2_summary_r&cad=0

http://web.usal.es/~tonidm/DEI_05_Bombas_compresores.pdf Publicado por Universidad Simón Bolívar- Máquinas Volumétricas en 3:16 p. m.

https://en.wikipedia.org/wiki/Air_pump

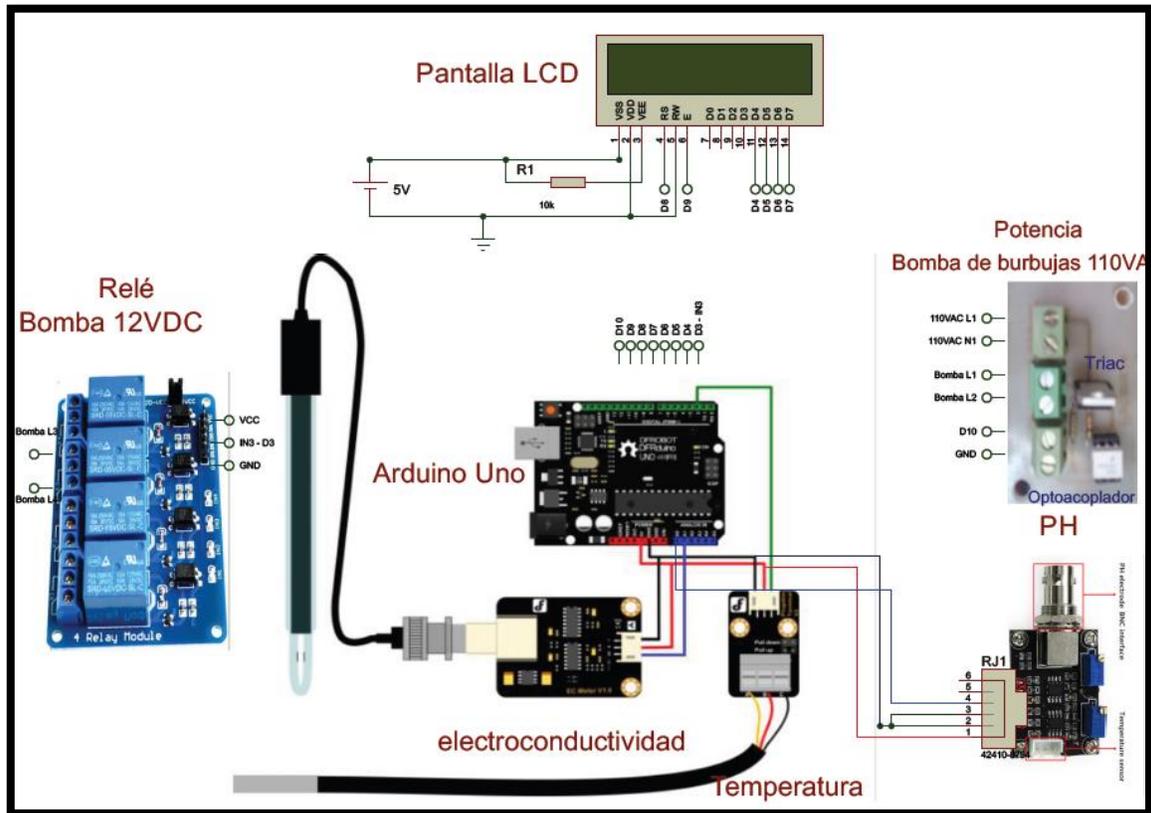
Jump to navigationJump to search

<https://www.botshop.co.za/how-to-use-a-ph-probe-and-sensor/>

<http://www.nib.fmed.edu.uy/Ciganda.pdf>

APÉNDICE

Diagrama electrónico del proyecto



Apéndice A. Diagrama electrónico del proyecto

Software

```
#include <LiquidCrystal.h> //Standard LCD Library
#include <OneWire.h>
#include <EEPROM.h>
//EC
#define EEPROM_write(address, p)
{ int i = 0; byte *pp = (byte*)&(p);
for(; i < sizeof(p); i++) EEPROM.write(address+i, pp[i]);}
#define EEPROM_read(address, p) {int i = 0; byte *pp = (byte*)&(p);
for(; i < sizeof(p); i++) pp[i]=EEPROM.read(address+i);}
#define ReceivedBufferLength 20
char receivedBuffer[ReceivedBufferLength+1]; // store the serial command
byte receivedBufferIndex = 0;
int ecSensorPin = A2; //EC Meter analog output,pin on analog 2
#define ds18b20Pin 2 //DS18B20 signal, pin on digital 2
#define SCOUNT 100 // sum of sample point
int analogBuffer[SCOUNT]; //store the analog value read from ADC
int analogBufferIndex = 0;
#define compensationFactorAddress 8 //the address of the factor stored in the EEPROM
float compensationFactor;
#define VREF 5000 //for arduino uno, the ADC reference is the power(AVCC), that is 5000mV
boolean enterCalibrationFlag = 0;
float temperature,ECvalue,ECvalueRaw;
float CONDUTIVIDAD_actual = 0;
float TEMPERATURA_actual = 0;
OneWire ds(ds18b20Pin);
```

Apéndice B. Software parte 1

```

//LCD
int lcd_key = 0;
int adc_key_in = 0;
int button = 0;
LiquidCrystal lcd(8,9,4,5,6,7);
int Screen = 1;
unsigned long R_LCD = 0;

//PH
//const byte pHpin = 04;
int pHpin = A4;
float PH_actual;
unsigned long T_ph = 0;
float ph_acumulado = 0;
int cont_ph = 0;
//PH

//Bomba
#define bomba1 10
#define bomba2 3
unsigned long T_bombas = 0;
int estado = 0;
//Bomba

```

Apéndice C. Software parte 2

```
float factorTemp;
void LCD_Monitor(){ //funcion que imprime en el lcd
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0); //columna, fila
  lcd.print("T:");
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print(TEMPERATURA_actual);
  lcd.setCursor(6,0);
  lcd.print(" EC:");
  lcd.setCursor(10,0);
  lcd.print(CONDUTIVIDAD_actual);
  lcd.setCursor(14,0);
  lcd.print("us");
  lcd.setCursor(4,1); //columna, fila
  lcd.print("PH:");
  PH_actual = PH_actual - 0.8;
  lcd.setCursor(7,1);
  lcd.print(PH_actual);
}
```

Apéndice D. Software parte 3

```

{
char receivedChar;
static unsigned long receivedTimeOut = millis();
while (Serial.available()>0) //mientras hay por lo menos un dato en el puerto serial
{
if (millis() - receivedTimeOut > 500U)
{
receivedBufferIndex = 0;
memset(receivedBuffer,0,(ReceivedBufferLength+1));
}
receivedTimeOut = millis();
receivedChar = Serial.read(); //lee el puerto serial
if (receivedChar == '\n' || receivedBufferIndex==ReceivedBufferLength){
receivedBufferIndex = 0;
strupr(receivedBuffer);
return true;
}else{
receivedBuffer[receivedBufferIndex] = receivedChar;//es esta variable se acumulan los datos
que se reciban
receivedBufferIndex++;
}
}
return false;
}

byte uartParse()//funcion direccionar el tipo de consulta que se ingrese y solo se utiliza cuando se
esta calibrando
{

```

Apéndice E. Software parte 4

```

byte modelIndex = 0;
if(strstr(receivedBuffer, "CALIBRATION") != NULL)
    modelIndex = 1;
else if(strstr(receivedBuffer, "EXIT") != NULL)
    modelIndex = 3;
else if(strstr(receivedBuffer, "CONFIRM") != NULL)
    modelIndex = 2;
return modelIndex;
}

void ecCalibration(byte mode)//funcion para la calibracion del sensor EC y solo se usa para tal cosa
{
    char *receivedBufferPtr;
    static boolean ecCalibrationFinish = 0;
    switch(mode)
    {
        case 0:
            if(enterCalibrationFlag)
                Serial.println(F("Command Error"));
            break;

        case 1:
            enterCalibrationFlag = 1;
            ecCalibrationFinish = 0;
            Serial.println();
            Serial.println(F(">>>Enter Calibration Mode<<<"));
            Serial.println(F(">>>Please put the probe into the 12.88ms/cm buffer solution<<<"));
            Serial.println();
            break;

```

Apéndice F. Software parte 5

```

case 2:
    if(enterCalibrationFlag){
        factorTemp = ECvalueRaw / 14.13;
        if(factorTemp>1.15 || factorTemp < 0.85)factorTemp = 1.0;
        Serial.println(factorTemp);
        if((factorTemp>0.85) && (factorTemp<1.15)){
            factorTemp = 0.75;//ganancia para calibrar el sensor EC o ajustar la medida del dicho
sensor
            Serial.println();
            Serial.println(F(">>>Confirm Successful<<<"));
            Serial.println();
            compensationFactor = factorTemp;
            ecCalibrationFinish = 1;
        }else{ //Si la calibracion no es la correcta
            Serial.println();
            Serial.println(F(">>>Confirm Failed, Try Again<<<"));
            Serial.println();
            ecCalibrationFinish = 0;

```

Apéndice G. Software parte 6

```

    }
  }
  break;

  case 3:
  if(enterCalibrationFlag)
  {
    Serial.println();
    if(ecCalibrationFinish)
    {
      EEPROM_write(compensationFactorAddress, compensationFactor); //almacena la
calibracion en la memoria EEPROM
      Serial.print(F(">>>Calibration Successful"));
    }
    else Serial.print(F(">>>Calibration Failed"));
    Serial.println(F(",Exit Calibration Mode<<<"));
    Serial.println();
    ecCalibrationFinish = 0;
    enterCalibrationFlag = 0;
  }
  break;
}
}
}

```

Apéndice H. Software parte 7

```

int getMedianNum(int bArray[], int iFilterLen) //Se obtiene la media de las lecturas (100) del
sensor EC
{
    int bTab[iFilterLen];
    for (byte i = 0; i<iFilterLen; i++)
    {
        bTab[i] = bArray[i];
    }
    int i, j, bTemp;
    for (j = 0; j < iFilterLen - 1; j++)
    {
        for (i = 0; i < iFilterLen - j - 1; i++)
        {
            if (bTab[i] > bTab[i + 1])
            {
                bTemp = bTab[i];
                bTab[i] = bTab[i + 1];
                bTab[i + 1] = bTemp;
            }
        }
    }
    if ((iFilterLen & 1) > 0)
        bTemp = bTab[(iFilterLen - 1) / 2];
    else

```

Apéndice I. Software parte 8

```

        bTemp = (bTab[iFilterLen / 2] + bTab[iFilterLen / 2 - 1]) / 2;
        return bTemp;
    }

void readCharacteristicValues()//se obtienen los valores de configuracion inicial
{
    EEPROM_read(compensationFactorAddress, compensationFactor);
    if(EEPROM.read(compensationFactorAddress)==0xFF &&
    EEPROM.read(compensationFactorAddress+1)==0xFF &&
    EEPROM.read(compensationFactorAddress+2)==0xFF &&
    EEPROM.read(compensationFactorAddress+3)==0xFF)
    {
        compensationFactor = 1.0; // If the EEPROM is new, the compensationFactorAddress is
        1.0(default).
        EEPROM_write(compensationFactorAddress, compensationFactor);
    }
}

```

Apéndice J. Software parte 9

```

//returns the temperature from one DS18B20 in DEG Celsius
float readTemperature()
{
  static byte data[12],addr[8];
  static float TemperatureSum = 25;
  static boolean ch = 0;
  if(!ch){
    if ( !ds.search(addr)) {
      // Serial.println("no more sensors on chain, reset search!");
      ds.reset_search();
      return -1000;
    }
    if ( OneWire::crc8( addr, 7) != addr[7]) {
      // Serial.println("CRC is not valid!");
      return -1000;
    }
    if ( addr[0] != 0x10 && addr[0] != 0x28) {
      // Serial.print("Device is not recognized!");
      return -1000;
    }
    ds.reset();
    ds.select(addr);
    ds.write(0x44,1); // start conversion, with parasite power on at the end
  }else{
    byte present = ds.reset();
    ds.select(addr);
    ds.write(0xBE); // Read Scratchpad
    for (int i = 0; i < 9; i++) { // we need 9 bytes
      data[i] = ds.read(); //se lee la temperatura actual del sensor
    }
  }
}

```

Apéndice K. Software parte 10

```

ds.reset_search();
byte MSB = data[1];
byte LSB = data[0];
float tempRead = ((MSB << 8) | LSB); //using two's compliment
TemperatureSum = tempRead / 16;
}
ch = !ch;
return TemperatureSum; //retorna la lectura de la temperatura
}

void setup(){//inicializacion inicial, solo se hace una vez
//Serial.begin(9600);
Serial.begin(115200);
readCharacteristicValues(); //read the compensationFactor, que esta almacena en la memoria
EEPROM

pinMode(bomba1, OUTPUT); digitalWrite(bomba1, HIGH);
pinMode(bomba2, OUTPUT); digitalWrite(bomba2, HIGH);

lcd.begin(16, 2); // inicia la biblioteca del LCD
R_LCD = millis();
T_bombas = millis() + 1800000;
}

void loop(){//programa princial, que se ejecuta siempre
if((millis() - T_ph) > 50){//no lee el sensor de PH hasta que hallan pasado 50 milisegundos
ph_acumulado += (1023 - analogRead(pHpin)) / 73.07; //Lectura del sensor de PH
cont_ph++;
}
}

```

Apéndice L. Software parte 11

```

void loop()//programa principal, que se ejecuta siempre
if((millis() - T_ph) > 50){//no lee el sensor de PH hasta que hallan pasado 50 milisegundos
  ph_acumulado += (1023 - analogRead(pHpin)) / 73.07; //Lectura del sensor de PH
  cont_ph++;
}
if(cont_ph >= 50){ //se puede aumenta para mejorar el promedio de la lectura del PH, se puede
aumentar hasta 500
  PH_actual = ph_acumulado / cont_ph;
  cont_ph = 0;
  ph_acumulado = 0;
}

if(serialDataAvailable() > 0){//si retorna un verdadero se llama la funcion de calibracion
  byte modelIndex = uartParse();
  ecCalibration(modelIndex); // If the correct calibration command is received, the calibration
function should be called.
}

static unsigned long analogSampleTimepoint = millis();
if(millis()-analogSampleTimepoint > 830U) //every 830ms,read the analog value from the ADC
{
  analogSampleTimepoint = millis();
  analogBuffer[analogBufferIndex] = analogRead(ecSensorPin); //read the analog value and
store into the buffer,every 40ms
}

```

Apéndice M. Software parte 12

```

analogBufferIndex++;
if(analogBufferIndex == SCOUNT)
    analogBufferIndex = 0;
}

static unsigned long tempSampleTimepoint = millis();
if(millis()-tempSampleTimepoint > 850U) // every 1.7s, read the temperature from DS18B20
{
    tempSampleTimepoint=millis();
    temperature = readTemperature(); // read the current temperature from the DS18B20
    //Serial.print("Temperatura leida: ");
    //Serial.println(temperature);
}

static unsigned long printTimepoint = millis();
if(millis()-printTimepoint > 1000U)
{
    printTimepoint = millis();
    float AnalogAverage = getMedianNum(analogBuffer,SCOUNT); // read the stable value by the
median filtering algorithm
    float averageVoltage=AnalogAverage*(float)VREF/1024.0;
    if(temperature == -1000)
    {
        temperature = 25.0; //when no temperature sensor ,temperature should be 25^C default
        TEMPERATURA_actual = temperature;
        Serial.print(temperature,1);
        //Serial.print("225");
        Serial.print(F("^C(default) EC:"));
    }else{

```

Apéndice N. Software parte 13

```

//Serial.print("335");
Serial.print(temperature,1); //current temperature
TEMPERATURA_actual = temperature;
Serial.print(F("^\C   EC:"));
}
float TempCoefficient=1.0+0.0185*(temperature-25.0); //temperature compensation
formula: fFinalResult(25^\C) = fFinalResult(current)/(1.0+0.0185*(fTP-25.0));
float CoefficientVolatge=(float)averageVoltage/TempCoefficient;
// if(CoefficientVolatge<150){
//   Serial.println(ECvalue);//Serial.println(F("No solution!")); //25^\C 1413us/cm<-->about
216mv if the voltage(compensate)<150,that is <1ms/cm,out of the range
//   Serial.print(F("   PH:"));
//   Serial.print(PH_actual,2); //two decimal
// }
// else if(CoefficientVolatge>3300){
//   Serial.println(ECvalue);//Serial.println(F("Out of the range!")); //>20ms/cm,out of the range
//   Serial.print(F("   PH:"));
//   Serial.print(PH_actual,2); //two decimal
// }

```

Apéndice O. Software parte 14

```

// else{
if(CoefficientVolatge<=448)ECvalue=6.84*CoefficientVolatge-64.32; //1ms/cm<EC<=3ms/cm
else if(CoefficientVolatge<=1457)ECvalue=6.98*CoefficientVolatge-127;
//3ms/cm<EC<=10ms/cm
else ECvalue=5.3*CoefficientVolatge+2278; //10ms/cm<EC<20ms/cm
ECvalueRaw = ECvalue/1000.0;
ECvalue = ECvalue/compensationFactor;//10.0; //after compensation,convert us/cm to
ms/cm
//Serial.print("112.5");
CONDUTIVIDAD_actual = ECvalue; //lectura final del sensor EC
Serial.print(ECvalue,2); //two decimal
Serial.print(F("us/cm"));
Serial.print(F("   PH:"));
Serial.print(PH_actual,2); //two decimal
Serial.print("Factor de compensacion: ");
Serial.println(factorTemp);

if(enterCalibrationFlag) // in calibration mode, print the voltage to user, to watch the
stability of voltage
{
Serial.print(F("   Factor:"));
Serial.print(compensationFactor);
}
Serial.println();
//}
}

```

Apéndice P. Software parte 15

```

if((millis() - R_LCD) > 1500){
  R_LCD = millis();
  LCD_Monitor();
}

switch(estado){ //codigo para el control de las bombas
case 0: //enciende la bomba 1
  digitalWrite(bomba2, HIGH);
  digitalWrite(bomba1, LOW);
  if(T_bombas <= millis()){
    estado = 1;
    T_bombas = millis() + 1800000;

  }
  break;
case 1: //enciende la bomba 2
  digitalWrite(bomba1, HIGH);
  digitalWrite(bomba2, LOW);
  if(T_bombas <= millis()){
    estado = 2;
    T_bombas = millis() + 1800000;
  }
}

```

Apéndice Q. Software parte 16

```
}  
break;  
case 2: //apaga las bombas  
digitalWrite(bomba1, HIGH);  
digitalWrite(bomba2, HIGH);  
if(T_bombas <= millis()){  
estado = 0;  
T_bombas = millis() + 1800000;  
  
}  
break;  
}
```

Apéndice R. Software parte 17

FIRMA ESTUDIANTES

[Signature]
 FRANCISCO J. ANGLADE M.
 CC# 15.321.939

[Signature]
 Ledy Yuliett Pérez
 1036608359
 Anz Caninez
 CC 1020406 152

FIRMA ASESOR

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA ASESOR *[Signature]*

FECHA ENTREGA: 1/10/2018

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO _____ ACEPTADO _____ ACEPTADO CON
 MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____