



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO REMOTO PARA EL CRECIMIENTO
DE PLANTAS SUCULENTAS EN LA CIUDAD DE QUITO**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

William Vinicio Arroyo Quiroz

Tutora

MSc. Blanca Liliana Topón Visarrea

QUITO– ECUADOR
2024

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, William Vinicio Arroyo Quiroz, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO REMOTO PARA EL CRECIMIENTO DE PLANTAS SUCULENTAS EN LA CIUDAD DE QUITO”, como requisito para optar al grado de INGENIERO INDUSTRIAL y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 28 días del mes de febrero de 2024, firmo conforme:

Autor: William Vinicio Arroyo Quiroz.

Firma: 

Número de Cédula: 1752709707

Dirección: Pichincha, Quito, Cotacollao

Correo Electrónico: warroyoooo06@gmail.com

Teléfono: 0991886084

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO REMOTO PARA EL CRECIMIENTO DE PLANTAS SUCULENTAS EN LA CIUDAD DE QUITO.” presentado por William Vinicio Arroyo Quiroz, para optar por el Título de Ingeniero industrial

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 25 de marzo del 2024

.....
MSC. Blanca Liliana Topon Visarrea

C.I: 1721114187

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO REMOTO PARA EL CRECIMIENTO DE PLANTAS SUCULENTAS EN LA CIUDAD DE QUITO, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 25 de marzo 2024



.....
William Vinicio Arroyo Quiroz

1752709707

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO REMOTO PARA EL CRECIMIENTO DE PLANTAS SUCULENTAS EN LA CIUDAD DE QUITO, previo a la obtención del Título de INGENIERO INDUSTRIAL, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 25 de marzo de 2024

.....

MSc. Fabian Alberto Sarmiento Ortiz
Lector

.....

MSc. Hernán Fabricio Espejo Viñan
Lector

DEDICATORIA

Con gratitud y dedicación a mi familia, cuyo apoyo inquebrantable y sabias orientaciones han sido la luz guía en este viaje académico. Esta tesis es un tributo a su inspiración y compromiso, reflejando la importancia de los lazos afectivos y la colaboración en el logro de metas significativas. A la Universidad Indoamérica por brindar el espacio y recursos que han hecho posible este proyecto de investigación. A todos aquellos que comparten el amor por el conocimiento y la búsqueda constante de la excelencia, ¡gracias por ser parte de este capítulo inolvidable en mi trayectoria académica!

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta tesis. Agradezco a la ingeniera Liliana Topón por su orientación experta, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso.

También, agradezco a mi madre y a mis amigos por su aliento, perspectivas valiosas y motivación inquebrantable.

Este logro no hubiera sido posible sin el respaldo de mis profesores, a quienes agradezco por proporcionar un entorno propicio para la investigación y aprendizaje.

Cada desafío superado ha sido una oportunidad de crecimiento, y cada éxito compartido es el resultado de un esfuerzo colectivo.

Este trabajo no solo representa un hito académico, sino también un testimonio del poder de la colaboración y el apoyo mutuo. A todos los que formaron parte de este viaje, ¡gracias por ser parte de mi vida académica!"

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUNTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
Antecedentes	17
Marco teórico	18
Justificación	19
CAPÍTULO II.....	21
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	21
Diagnóstico de la situación actual de la empresa:	21
Modelo operativo	32
CAPÍTULO III.....	34
Propuesta y resultados esperados.....	34
Estructura:	35
Sistema de riego.....	40
Sistema para control de humedad	43
DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO	46
Identificación de variables	47
Diseño del circuito en el software.....	49
Selección de componentes:	53
Funcionamiento:	57
DISEÑO DE LA APLICACIÓN MÓVIL.....	58
RESULTADOS.....	61
CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN	63
ANÁLISIS DE COSTOS.....	65
CAPÍTULO IV.....	65
Conclusiones	65
Recomendaciones:	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	25
Tabla 2	30
Tabla 3	39
Tabla 4	48
Tabla 5	53
Tabla 6	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	15
Figura 2	21
Figura 3	21
Figura 4	22
Figura 5	22
Figura 6	23
Figura 7	24
Figura 8	25
Figura 9	26
Figura 10	26
Figura 11	27
Figura 12	27
Figura 13	28
Figura 14	28
Figura 15	29
Figura 16	30
Figura 17	32
Figura 18	35
Figura 19	35
Figura 20	36
Figura 21	36
Figura 22	37
Figura 23	37
Figura 24	38
Figura 25	38
Figura 26	39
Figura 27	40
Figura 28	40
Figura 29	41
Figura 30	41
Figura 31	43
Figura 32	50
Figura 33	52
Figura 34	52
Figura 35	52
Figura 36	53
Figura 37	53
Figura 38	54
Figura 39	55
Figura 40	55
Figura 41	55
Figura 42	56

Figura 43	56
Figura 44	56
Figura 45	57
Figura 46	57
Figura 47	60
Figura 48	61
Figura 49	62
Figura 50	63

Anexo 1 Código de Arduino para el sistema de control

Anexo 2 Código de Arduino para el sistema de control

Anexo 3 Código de Arduino para el sistema de control

Anexo 4 Medición de echeverias carunculadas

Anexo 5 Echeverias con quemaduras

Anexo 6 Echeverias carunculadas, enumeradas para desarrollar el estudio

Anexo 7 Echeverias decapitadas por estar infectada con hongos

Anexo 8 Echeveria infectada por hongos

Anexo 9 Vivero de las suculentas de quito

Anexo 10 Piedras para el fondo de macetas para tener mejor drenaje

Anexo 11 pdf de abstrac aprobado por el departamento de idiomas

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO REMOTO PARA EL CRECIMIENTO DE PLANTAS SUCULENTAS EN LA CIUDAD DE QUITO.

AUTOR(A): William Vinicio Arroyo Quiroz

**TUTOR (A): MSC. Blanca Liliana Topón
Visarrea**

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se centra en el desarrollo de un Sistema de Control y Monitoreo Remoto en el vivero de “Las Suculentas de Quito” destinado a optimizar el crecimiento de sus plantas. En el cual se presentaban problemas de ventas debido a enfermedades y un mal desarrollo en sus ejemplares. Por estas razones se planteó la creación de un sistema que se basa en el uso de tecnologías como el Arduino Uno, el ESP8266 y la plataforma MIT App Inventor para crear una solución integral que permita monitorear y controlar de forma precisa el entorno de crecimiento de las suculentas. El sistema utiliza sensores DHT11 para medir la temperatura y la humedad del ambiente, así como un sensor de humedad del suelo YL69 FC28 con el comparador LM393 para monitorear la humedad del suelo. Estos datos cuantitativos son fundamentales para establecer las condiciones ideales para el crecimiento de las suculentas, determinando, que la temperatura ideal se encuentra en el rango de 20°C a 42°C y que la humedad del suelo debe mantenerse entre el 20% y el 50% y la humedad del ambiente se mantenga en un rango de 20% a 50%. Además, el sistema incorpora un diseño de riego que asegura que el sustrato sea regado de manera precisa sin mojar directamente las hojas de las plantas, lo que previene el estancamiento de agua en las hojas y reduce el riesgo de quemaduras durante la fumigación. Asimismo, se implementan nebulizadores para controlar la humedad del ambiente de manera efectiva. Se destaca que un control adecuado del entorno de crecimiento puede acelerar el crecimiento y mejorar la estética de las suculentas, contribuyendo así a su desarrollo saludable. La integración de un sistema de monitoreo y control remoto permite una gestión eficiente del entorno de crecimiento, lo que resulta en un crecimiento más rápido de las suculentas.

DESCRIPTORES: control, monitoreo, plantas suculentas.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

Faculty of Engineering, Industry and Production

Industrial Engineering

AUTHOR: ARROYO QUIROZ WILLIAM VINICIO

TUTOR: MSc. TOPON VISARREA BLANCA LILIANA

ABSTRACT

**REMOTE CONTROL AND MONITORING SYSTEM FOR THE GROWTH OF
SUCCULENT PLANTS IN QUITO CITY.**

This research work focuses on the development of a Remote Control and Monitoring System in the "Las Suculentas de Quito" nursery aimed at optimizing the growth of its plants. It addressed issues of sales due to diseases and poor development in its specimens. For these reasons, the creation of a system was proposed, based on the use of technologies such as Arduino Uno, ESP8266, and the MIT App Inventor platform, to create a comprehensive solution that allows precise monitoring and control of the succulents' growth environment. The system uses DHT11 sensors to measure temperature and humidity in the environment, as well as a YL69 FC28 soil moisture sensor with an LM393 comparator to monitor soil moisture. These quantitative data are essential for establishing the ideal conditions for succulent growth, determining that the ideal temperature is in the range of 20°C to 42°C, soil moisture should be maintained between 20% and 50%, and ambient humidity should be kept within a range of 20% to 50%. Additionally, the system incorporates an irrigation design that ensures the substrate is watered accurately without directly wetting the plant leaves, preventing water stagnation on the leaves and reducing the risk of burns during spraying. Likewise, nebulizers are implemented to effectively control ambient humidity. It is noteworthy that proper control of the growth environment can accelerate growth and improve the aesthetics of succulents, thereby contributing to their healthy development. The remote monitoring integration and control system allows for efficient management of the growth environment, resulting in faster succulent growth.

KEYWORDS: control, monitoring, succulent plants.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la popularidad de las suculentas ha incrementado, siendo este el comienzo de un gran mercado a nivel mundial, esto debido a sus formas y colores llamativos (Toni, 2021). Estas se han convertido en el foco de varios coleccionistas en el mundo, debido a esto las exigencias de calidad con respecto a la salud de la planta (raíz, tallos, hojas y color) juegan un papel fundamental al momento de presentarlas al público, por este motivo el controlar variables como la humedad, luz, temperatura adecuado podría significar el cultivo de suculentas totalmente saludables y libres de plagas, esto apuntando a diferentes tipos de certificaciones internacionales para su distribución.

El cultivar suculentas y garantizar su calidad podría significar el comienzo de un nuevo mercado de exportación esto agregando la gran diversidad existente en Ecuador donde existe más de 4500 especies endémicas de Ecuador, agrupadas en 184 familias y 842 géneros (Yáñez, 2023). con las cuales se lograría crear nuevos híbridos en cautiverio que podrían ser llamativas he innovadoras, esto sin necesidad de sacar o maltratar las especies endémicas.

Figura 1

Echeverias exóticas de Las Suculentas de Quito.



Nota. 1) *Echeveria salmón*. 2) *Echeveria strictiflora*. 3) *Echeveria exitazo*. 4) *Echeveria pulidones variegada*. *Echeverias de la colección de Las suculentas de Quito*

En Quito existen más de 300 viveros que se dedican al cultivo de suculentas y otras especies (Jácome, 2022). Para sobresalir en este mercado, es necesario garantizar suculentas de calidad, lo que significaría una ventaja competitiva a nivel local y el poder controlar diferentes variables como: Humedad, Temperatura, luz, etc. se podría disminuir los tiempos de cultivo y mejorar la calidad de los productos, haciendo que los precios disminuyan y así poder tener productos sumamente competitivos dentro del mercado.

Exceso de luz: En el cultivo de plantas suculentas el exceso de luz plantea un problema por las quemaduras en hojas y tallos, dando como resultado una disminución del crecimiento, lo que afecta negativamente a la producción y calidad del vivero (Gago, 2017).

Exceso de humedad: El exceso de humedad en el cultivo de plantas suculentas puede provocar la proliferación de hongos que ayudan a la pudrición del cultivo, disminuyendo la calidad del producto y aumentando los costos de mantenimiento que afecta a la eficiencia y rentabilidad del vivero (Lopez, 2023).

Riegos no controlados: Al no controlar el riego las suculentas pueden entrar en un estado de deshidratación lo cual aumenta significativamente los tiempos de cultivo, provocando un retraso en la producción y una pérdida de tiempo, además, la deshidratación hace que las suculentas tengan un aspecto poco atractivo para el comprador, lo cual afecta a las ventas (Corredera, 2021).

En la empresa sujeta a análisis, se ha constatado la presencia de pérdidas significativas en la producción de plantas, resultado de diversas plagas que afectan su desarrollo de manera negativa. Este problema se traduce en una disminución en la calidad y cantidad de las plantas, comprometiendo la productividad y rentabilidad del cultivo. La falta de un crecimiento óptimo en las plantas, atribuible a las condiciones adversas generadas por las plagas.

Antecedentes

"Las Suculentas de Quito" es un emprendimiento que comenzó como un sencillo hobby el 2 de junio de 2020. La idea surgió cuando los fundadores compartieron fotos de sus suculentas en sus redes sociales personales. Lo que siguió fue una oleada de interés por estas plantas exóticas, con personas solicitando comprarlas, ya que en ese momento eran difíciles de conseguir en el país. El contexto de una pandemia global también influyó en la decisión de crear "Las Suculentas de Quito" para satisfacer esta creciente demanda.

En sus primeras tres semanas de funcionamiento, el negocio generó más de 3,000 dólares en ventas, destacando la alta demanda de suculentas. Para abastecer este mercado en crecimiento, se optó por reproducir las plantas utilizando técnicas como la decapitación y el deshoje, y se comenzaron a cultivar diversas especies. Además, con las ganancias obtenidas, se invirtió en la adquisición de más variedades, en su mayoría importadas de países como Perú y Colombia. A mediados de 2021, la empresa tomó la estratégica decisión de comenzar a importar plantas de Corea. Esto se debió a que las plantas coreanas resultaron ser mucho más económicas que las compradas en años anteriores, además, se encontraron especies exclusivas en Corea que enriquecieron aún más la diversidad de su colección.

El emprendimiento continuó creciendo, manteniendo ventas mensuales de alrededor de 2,000 dólares. Sin embargo, a mediados de 2021, debido a la creciente competencia en el sector, las ventas se redujeron bruscamente a un rango de 600-700 dólares al mes. A lo largo de los años, se ha observado que la apariencia y el tamaño de las plantas son factores fundamentales para su comercialización. Por lo tanto, se están buscando métodos para mejorar el crecimiento y la apariencia de los cultivos con el objetivo de reducir costos y seguir destacando en este mercado altamente competitivo.

El vivero "Las Suculentas de Quito" se ha convertido en un lugar donde se albergan más de 2,500 especies de suculentas y cactáceas. A pesar de esta amplia variedad, existen desafíos operativos que impactan en la calidad de las plantas. La falta de tiempo de los propietarios ha llevado a problemas de deshidratación debido a la falta de un control adecuado en los riegos. Además, en los días en que el vivero permanece cerrado, las condiciones de temperatura y humedad pueden elevarse, lo que favorece la proliferación de hongos y causa quemaduras en tallos y hojas, afectando

negativamente la presentación de los productos y, por lo tanto, las ventas del vivero.

Un aspecto interesante es que "Las Suculentas de Quito" ha mantenido su estrategia de ventas a través de álbumes en su página de Facebook. En estas publicaciones se muestran imágenes de las plantas disponibles para la venta, junto con sus nombres y precios. En algunos casos se indica la cantidad disponible en stock debido a la variabilidad en el crecimiento de las plantas. Los compradores expresan su interés en una planta comentando "mía" o "yo" para separarla, y en casos donde solo hay un ejemplar disponible, se otorga al primero que hizo el comentario. Posteriormente, se elaboran listas con el total de suculentas, incluyendo los costos de envío, que se gestionan a través de Servientrega.

"Las Suculentas de Quito" se destaca por su enfoque en la calidad y la sostenibilidad, ya que opta por no utilizar químicos que aceleren el crecimiento de las plantas, a diferencia de algunas prácticas de la competencia que pueden tener efectos perjudiciales a largo plazo. En lugar de eso, se enfocan en el uso de químicos para combatir plagas, priorizando la salud y el bienestar de sus suculentas.

Marco teórico

Echeveria:

Género de plantas suculentas que pertenecen a la familia Crassulaceae, conocido por formar rosetas de hojas carnosas y variadas en colores y formas.

Carúncula:

Pequeña protuberancia o estructura elevada en las hojas de una planta, como las que se encuentran en algunas variedades de Echeverias, añadiendo interés visual y posiblemente cumpliendo funciones fisiológicas.

Suculenta:

Planta adaptada para retener agua en sus tejidos, caracterizada por la capacidad de almacenar agua en hojas, tallos o raíces. Las suculentas son capaces de sobrevivir en entornos áridos gracias a estas adaptaciones.

Justificación

El trabajo que se está desarrollando, centrado en el sistema de control y monitoreo remoto para el crecimiento de plantas suculentas en la ciudad de Quito, es crucial en el contexto actual de la horticultura y la agricultura urbana. La **importancia** radica en la necesidad de implementar soluciones tecnológicas que optimicen el cultivo de suculentas, proporcionando a los agricultores urbanos y entusiastas de las plantas una herramienta eficaz para gestionar el crecimiento de estas especies en entornos urbanos específicos como el de la ciudad de Quito.

El **impacto** de este trabajo se extiende a diversos niveles. A nivel empresarial, el sistema propuesto puede aumentar la eficiencia operativa de los productores de suculentas, mejorando la gestión de recursos y reduciendo costos. Laboralmente, podría generar nuevas oportunidades de empleo relacionadas con la implementación y mantenimiento de estos sistemas. Desde una perspectiva científica, contribuirá al avance de la tecnología aplicada a la agricultura urbana. Además, a nivel ambiental, la implementación de un sistema de monitoreo remoto puede promover prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

El trabajo desarrollado será útil al proporcionar a los agricultores y entusiastas de las plantas un medio eficaz para controlar y monitorear el crecimiento de suculentas de manera remota. Este sistema ofrece **utilidad** en términos de optimización de recursos, prevención de problemas de cultivo, y mejora de la productividad. Asimismo, facilitará la toma de decisiones informadas al permitir ajustes en tiempo real basados en datos precisos recopilados por el sistema de monitoreo.

Los **beneficiarios** de este trabajo abarcan diferentes segmentos. La empresa dedicada al cultivo de suculentas se beneficiará al aumentar la eficiencia y productividad de sus operaciones. Los empleados pueden beneficiarse de nuevas oportunidades laborales y el desarrollo de habilidades técnicas. Los clientes, tanto individuos como otras empresas, disfrutarán de productos de suculentas de mayor calidad y consistencia. Además, la comunidad en general se beneficia al fomentar prácticas agrícolas sostenibles que contribuyen al entorno urbano.

Factibilidad: La **factibilidad** del desarrollo técnico y científico de este sistema de control y monitoreo remoto es respaldada por los avances tecnológicos actuales en el ámbito de la agricultura de precisión y la Internet de las cosas (IoT). La disponibilidad de sensores, dispositivos conectados y plataformas de análisis de datos hace que la implementación de un sistema de este tipo sea técnicamente viable. Además, la creciente conciencia ambiental y la demanda de métodos agrícolas sostenibles refuerzan la pertinencia y aceptación potencial de esta solución en el contexto de Quito y sus alrededores.

Objetivo general

Diseñar un sistema de control mediante elementos de control e instrumentación para monitorear de forma remota el entorno de crecimiento de las plantas suculentas en la ciudad de Quito.

Objetivos específicos

- Realizar un análisis de los datos de producción, utilizando herramientas estadísticas, para detectar inconvenientes en el crecimiento de las suculentas.
- Determinar los parámetros físicos a controlar mediante la identificación de las características de las plantas con mayor problema.
- Desarrollar una aplicación para la gestión remota del entorno de crecimiento, enfocada en la humedad y temperatura, para mejorar el desarrollo de suculentas.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa:

"Las Suculentas de Quito", un emprendimiento que surgió como una afición en junio de 2020, ha experimentado un crecimiento significativo inicialmente.

Figura 2

Comienzo de las suculentas de Quito

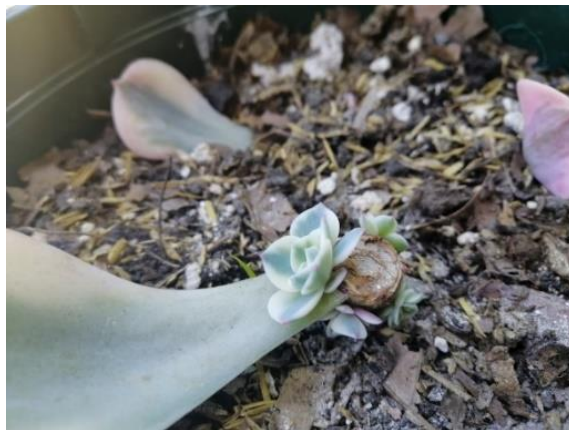


Nota. Inicio de “Las suculentas de quito” año 2019 donde se mantenían las plantas al ambiente

Para atender el aumento en la solicitud, se implementaron tácticas de propagación, como la remoción de la cabeza y la eliminación de hojas, además de ampliar el rango de especies cultivadas. La incorporación de vegetación proveniente de Corea, que resultaba más rentable y singular, fue considerada una elección estratégica durante el año 2021.

Figura 3

Echeveria Compton carrusel



Nota. Decapitación de Echeveria Compton carrusel con 4 hijuelos creciendo

Figura 4

Hoja de echeveria críspate beauty



Nota. Reproducción por hojas de Echeveria Crispate beauty

A pesar de este incremento, las ventas mensuales registraron una disminución hacia el cierre del año pasado, asociada al aumento de la rivalidad en la industria. Se señalaron el aspecto y las dimensiones de las plantas como elementos clave para su comercialización. Se reconoce la importancia de potenciar el desarrollo y la estética de los cultivos para conservar la competitividad en un mercado que se torna cada vez más desafiante.

Figura 5

Echeveria tronado en diferentes condiciones



Nota. Comparación de una Echeveria tornado deshidratada/hidratada.

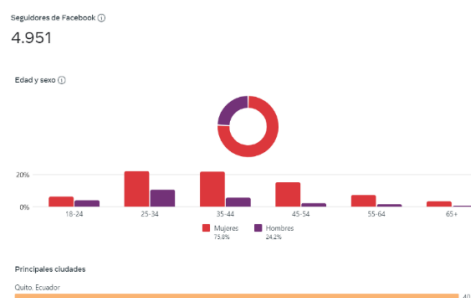
En el vivero de suculentas ubicado en la ciudad de Quito, Ecuador, se observa una deficiencia notable en el control del riego, lo que incide negativamente en el estado de las plantas. Este aspecto se refleja en síntomas de estrés hídrico o sobrehidratación en varios ejemplares. Además, en relación con el manejo de plagas, se evidencia una práctica reactiva de fumigación una vez que la infestación ha progresado significativamente. Esta falta de una estrategia proactiva en el control de plagas y en la gestión del riego podría comprometer la calidad y vitalidad de las suculentas cultivadas en dicho vivero.

El vivero, que alberga una variedad superior a las 2,500 especies de suculentas y cactáceas, se enfrenta a desafíos en sus operaciones. La ausencia de un control efectivo en los sistemas de riego ha resultado en dificultades relacionadas con la deshidratación de las plantas. Asimismo, durante los días de cierre, la falta de regulación en las condiciones de temperatura y humedad ha propiciado la proliferación de hongos, generando un impacto negativo en la presentación de los productos y, por ende, en las ventas.

En lo que respecta a la clientela, la mayoría se encuentra concentrada en Quito, representando un 40.8% del total de seguidores, predominantemente compuesta por individuos de entre 25 y 44 años, mayormente mujeres. Aunque se ha recibido elogios por la calidad del sustrato y de las plantas, se han reportado 13 incidencias relacionadas con la entrega. La competencia, que frecuentemente comercializa plantas importadas sin haberlas reproducido ni adaptado al entorno local, representa un desafío significativo. A pesar de ofrecer precios más bajos, los clientes reconocen la superioridad en calidad de "Las Suculentas de Quito".

Figura 6

Panel de seguidores de la página de Facebook



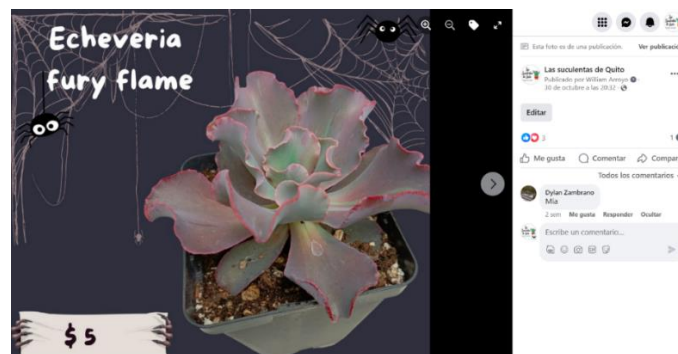
Nota. Datos tomados de Facebook búshines donde se puede observar que los mayores interesados son mujeres y rondan de 25-45 años,

La estrategia de venta de "Las Suculentas de Quito" se ha enfocado principalmente en la plataforma de Facebook, siendo ésta su único canal establecido. La intención de expandirse a Instagram busca atraer a una audiencia más joven y dinamizar las ventas. Para mantener la calidad de los productos, se emplean fungicidas y pesticidas, además de abonos orgánicos para un crecimiento natural. No obstante, se han observado dificultades en la gestión de envíos y un cierto desorden en el funcionamiento del vivero.

En la plataforma de Facebook, los fundadores comparten álbumes detallados con imágenes, nombres y precios de las suculentas disponibles para su compra. Esta estrategia ha promovido una interacción directa con los clientes, quienes expresan su interés a través de comentarios como "mía" o "yo" para reservar una planta. La empresa ha implementado un sistema transparente de asignación, dando prioridad a la persona que realiza el primer comentario en casos de disponibilidad limitada. La gestión logística se lleva a cabo mediante Servientrega, con la elaboración de listas que incluyen el costo de las suculentas y los gastos de envío.

Figura 7

Método de venta actual de las suculentas de quito.

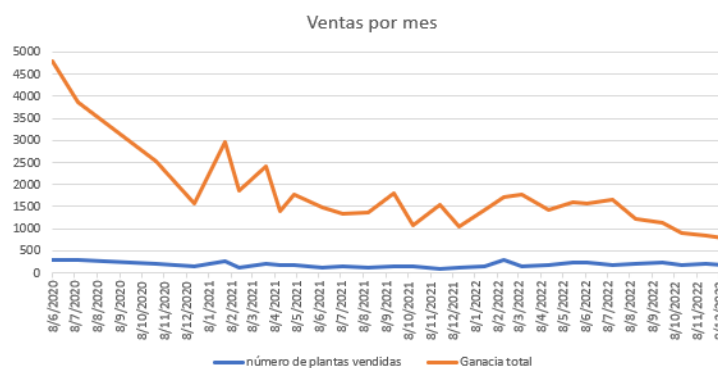


Nota. Método de ventas actual de "Las suculentas de quito" donde se observa la planta a la venta, nombre, precio.

Sin embargo, a medida que el negocio se expandió y se enfrentó a la competencia creciente en el sector, las ventas mensuales oscilaron entre 600 y 700 dólares a finales de 2021. Este declive en las ventas motivó a los fundadores a buscar estrategias para mejorar el crecimiento y la apariencia de las plantas, con el objetivo de destacar en un mercado altamente competitivo.

Figura 8

Ventas por mes de las suculentas de Quito.



Nota. Ventas de “Las suculentas de Quito” del 8/6/2020 al 8/12/2020

Tabla 1

Familia de suculentas

<i>Familias</i>	<i>Tipos</i>	<i>Total, vendidos</i>
<i>Adromischus</i>	5	365
<i>Aeonium</i>	20	98
<i>Agave</i>	1	2
<i>Astrophytum</i>	4	8
<i>Cereus</i>	2	6
<i>Austrocylindropuntia</i>	3	16
<i>Cottyledon</i>	4	14
<i>Crassula</i>	16	231
<i>Echeverias</i>	464	2113
<i>Graptoverias</i>	66	836
<i>Greenovias</i>	1	22
<i>Haworthias</i>	3	8
<i>Kalanchoes</i>	16	30
<i>Pachyphytum</i>	16	34
<i>Sedeverias</i>	8	14
<i>Sedum</i>	24	158
<i>Senecio</i>	8	24
		3979

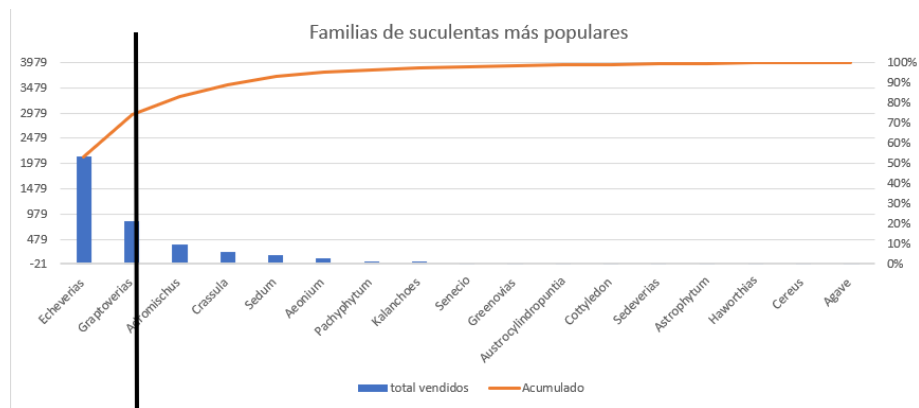
Nota. Segmentación de plantas por familias y total de ejemplares vendidos.

El análisis de las ventas revela una amplia variedad en las especies de suculentas comercializadas por "Las Suculentas de Quito". Entre las familias más sobresalientes se encuentra Echeverias, con un total de 2,113 unidades vendidas, lo que representa el 53% del total. Graptoverias y Adromischus también muestran una presencia

notable, con 836 y 365 unidades vendidas, respectivamente. Por su parte, Crassula aporta 231 unidades, mientras que Sedum y Aeonium registran 158 y 98 unidades vendidas, respectivamente.

Figura 9

Diagrama de Pareto de las familias de suculentas más populares.

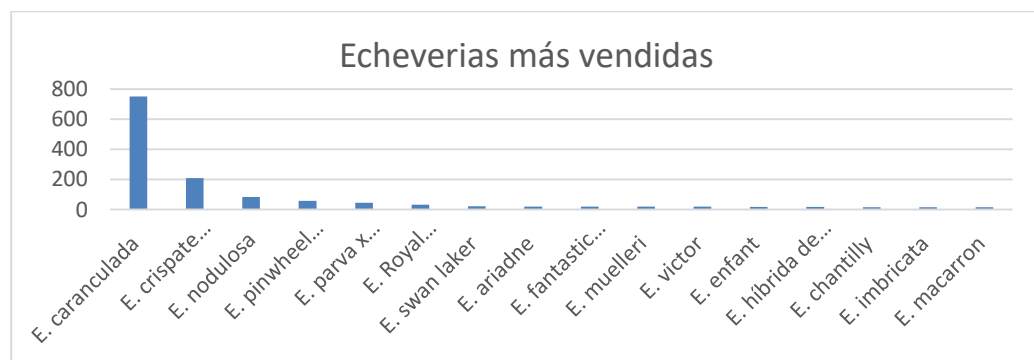


Nota. Diagrama de Pareto de los datos de las ventas de Las suculentas de Quito donde es evidente que las echeverias son la especie más solicitadas

En el proceso de análisis, evaluó un Diagrama de Pareto para visualizar de manera efectiva la distribución de las ventas por familia de plantas. Este diagrama facilitó la identificación clara de las familias más relevantes, destacando que Echeverias, Graptoverias y Adromischus son las que conforman el 80% de las ventas totales. La implementación del Diagrama de Pareto proporcionó una herramienta gráfica valiosa que orientó la estrategia comercial hacia las familias más impactantes, con un enfoque específico en potenciar aún más la presencia y las ventas de las Echeverias, reconocidas como líderes del mercado.

Figura 10

Echeverias más vendidas



Nota. Diagrama de barras de echeverias más vendidas donde las echeverias carunculadas representan un 35%

Las Echeverias carunculadas destacan significativamente. Dada su marcada influencia en el mercado, se ha decidido centrar el enfoque en las Echeverias carunculadas para optimizar estrategias de venta y satisfacer la demanda del cliente de manera más específica. Este ajuste estratégico tiene como objetivo capitalizar la fuerte presencia y preferencia del mercado hacia las especies anterior mencionadas, representando un destacado 35% del total de adquisiciones. Este elevado interés se atribuye a sus formas poco convencionales, colores llamativos, lo que las convierte en elecciones robustas para los aficionados a las suculentas. Un beneficio adicional radica en su capacidad de reproducción; al ser decapitadas, estas Echeverias tienden a generar entre 5 y 9 hijuelos, experimentando un crecimiento rápido en comparación con otras variedades. En términos de precios, oscilan generalmente entre 25\$ y 40\$, dependiendo de su tamaño.

Figura 11

Echeverias carunculadas



Nota. Las Echeverias son un género de suculentas que pertenecen a la familia Crassulaceae. Son conocidas por sus atractivas rosetas de hojas gruesas y carnosas, que pueden variar en forma, color y tamaño.

Se llevó a cabo un estudio exhaustivo que implicó la selección aleatoria de 100 ejemplares de Echeverias carunculadas. se realizaron mediciones precisas de las dimensiones, tanto del ancho como del largo, de cada ejemplar.

Figura 12

Toma de medidas en echeverias carunculadas

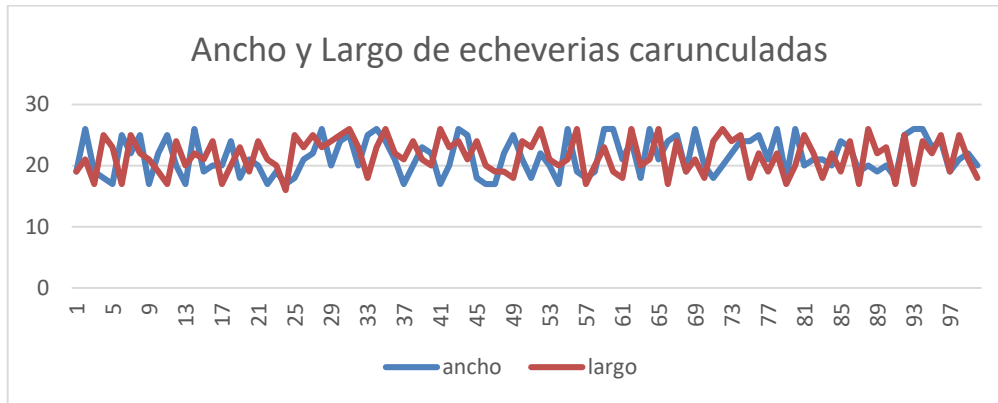


Nota: Echeveria carunculada con medidas 21cm de ancho y 22cm de largo, además infectada por hongos

Estas mediciones fueron esenciales para determinar las proporciones ideales y, por ende, las macetas más apropiadas para favorecer un crecimiento saludable y equilibrado de las plantas.

Figura 13

Gráfico de líneas de largo y ancho de echeveria carunculadas

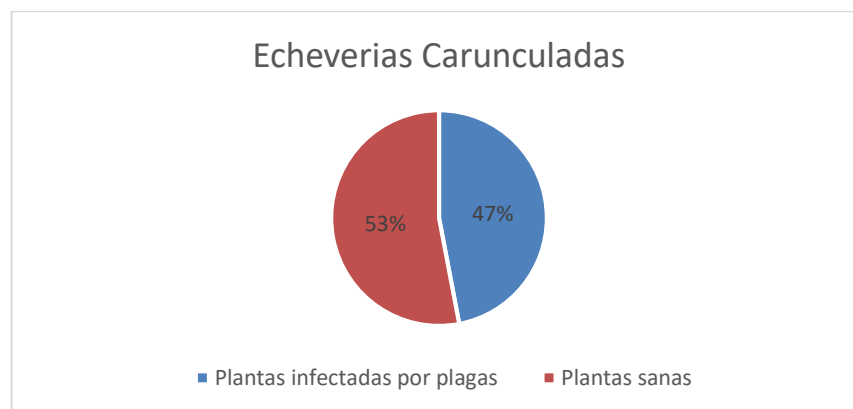


Nota. Gráfico de líneas para determinar medidas de macetas a utilizar y espacio necesario.

El gráfico de líneas muestra la tendencia de las dimensiones de 100 Echeverias carunculadas. Destacando un promedio constante de 21.45 de ancho y 21.58 de largo. Este gráfico proporciona una visualización clara de las medidas promedio y cualquier variación en las dimensiones de las plantas. Durante este proceso, se registró meticulosamente la incidencia de plagas en cada planta, identificando y cuantificando cualquier manifestación de enfermedades o infestaciones.

Figura 14

Gráfico de pastel de echeverias enfermas y sanas

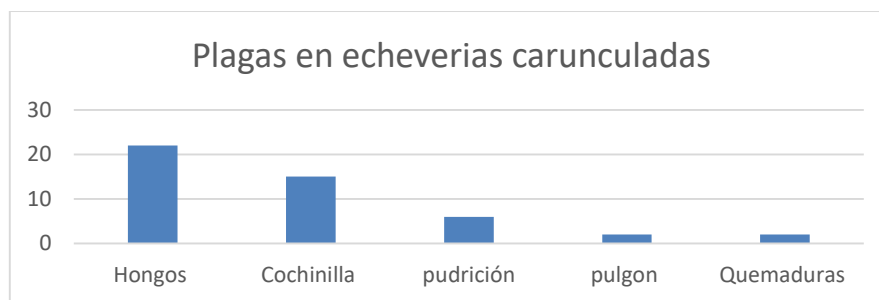


Nota. gráfico de pastel para indicar la comparación entre plantas enfermas y sanas para evidenciar gráficamente la existencia del problema.

El gráfico de pastel indica que un gran porcentaje de echeverias carunculadas se encuentran infectadas con algún tipo de plaga, lo que afecta gravemente a las ventas, por que estas no son llamativas y los clientes no las compran. Lo que resalta la necesidad de intervenciones para combatir las plagas en el grupo afectado.

Figura 15

Gráfico de barras de las plagas en echeverias carunculadas



Nota: evidencia grafica del número de plagas y tipos en echeverias carunculadas

El análisis detallado del conteo de incidencias de plagas revela una distribución dispar de los problemas fitosanitarios en las plantas estudiadas. Los hongos se destacan como la principal amenaza, representando el 47% del total, seguidos por la cochinilla con un 32%. La pudrición, los pulgones y las quemaduras, aunque presentes, muestran una incidencia menor, cada uno contribuyendo con porcentajes de 13%, 4%, y 4% respectivamente. Este perfil de distribución se tradujo visualmente en un diagrama de barras, enfatizando la necesidad de abordar específicamente los problemas más prevalentes, como los hongos y la cochinilla, para mejorar la salud general de las plantas.

Las Echeverias, a pesar de su resistencia general, pueden enfrentar diversos problemas de salud que afectan directamente a la producción de "Las Suculentas de Quito". Entre las enfermedades más comunes se encuentran la pudrición de la raíz, causada por un exceso de riego, y la presencia de hongos, que se potencia en condiciones de alta humedad. Además, las plagas como pulgones y cochinillas pueden atacar las hojas, comprometiendo la salud de las plantas. Estos problemas fitosanitarios no solo impactan la calidad de las suculentas, sino que también pueden disminuir la tasa de reproducción, afectando la disponibilidad de productos para la venta. La adopción de prácticas de manejo fitosanitario adecuadas y un monitoreo constante de la salud de las plantas podrían ser estrategias efectivas para minimizar estas amenazas y mantener una producción robusta y saludable.

Figura 16

Plagas que afectan a las suculentas



Nota. Echeveria macarron quemada por exceso de luz / Graptoveria mora infectada con cochinilla / Echeveria salmón infectada con hongos

Tabla 2

Condiciones óptimas para la proliferación de plagas.

Condiciones	Hongos	Cochinilla	Pudrición	Pulgones
Temperatura (°C)	25-30	22-28	22-28	20-25
Humedad del Ambiente (%)	70-80	60-75	60-75	60-75
Humedad del Suelo (%)	50-60	40-55	50-60	40-55

Nota: La tabla describe los rangos de condiciones ambientales propicias para la proliferación de distintos problemas en las Echeverias carunculadas (hortoinfo, 2022).

1. Hongos:

- **Temperatura (°C):** El rango óptimo para el crecimiento de hongos se sitúa entre 25°C y 30°C.
- **Humedad del Ambiente (%):** Los hongos encuentran condiciones favorables en ambientes con una humedad que oscila entre 70% y 80%.
- **Humedad del Suelo (%):** La humedad del suelo ideal para el desarrollo de hongos se encuentra en el rango del 50% al 60%.

2. Cochinilla:

- **Temperatura (°C):** Las condiciones adecuadas para la cochinilla se sitúan entre 22°C y 28°C.
- **Humedad del Ambiente (%):** La cochinilla prospera en ambientes con una humedad que va desde 60% hasta 75%.

- **Humedad del Suelo (%):** La humedad del suelo propicia para la cochinilla se encuentra entre 40% y 55%.

3. Pudrición:

- **Temperatura (°C):** El rango óptimo para el desarrollo de la pudrición se ubica entre 22°C y 28°C.
- **Humedad del Ambiente (%):** Condiciones propicias de humedad para la pudrición se encuentran entre 60% y 75%.
- **Humedad del Suelo (%):** La humedad del suelo ideal para la pudrición oscila entre 50% y 60%.

4. Pulgones:

- **Temperatura (°C):** Las condiciones adecuadas para la presencia de pulgones se encuentran entre 20°C y 25°C.
- **Humedad del Ambiente (%):** Pulgones prosperan en ambientes con una humedad que varía entre 60% y 75%.
- **Humedad del Suelo (%):** La humedad del suelo propicia para pulgones se encuentra entre 40% y 55%.

Área de estudio:

Dominio: Tecnología y Sociedad.

Línea de investigación: Automatización y redes.

Sub-Línea de investigación: Automatización de procesos industriales, para optimizar los sistemas manuales y mejorar la productividad.

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Automatización Industrial

Aspectos: Diseño de un sistema de control y monitoreo

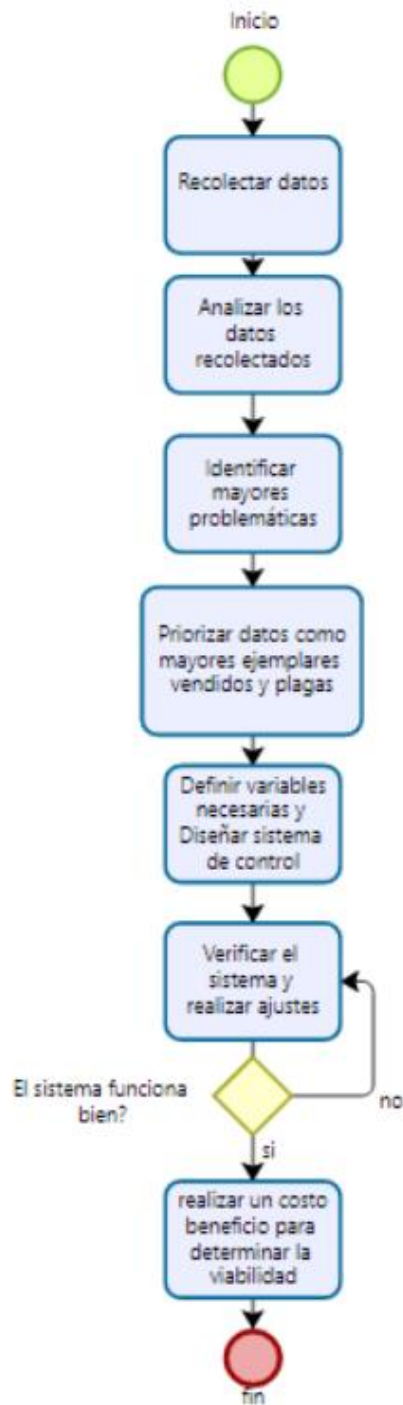
Objeto de estudio: Las suculentas de quito

Periodo de análisis: (5/1/2023 hasta 7/7/2023).

Modelo operativo

Figura 17

Modelo Operativo en torno al cumplimiento de la propuesta



Nota. Diagrama realizado en bizagi enfocado en el ciclo de deming para la realizacion del sistema de control

1. **Recolección de Datos:** Inicialmente, se llevó a cabo la recolección de datos mediante visitas a las instalaciones de la empresa, con el objetivo de recopilar información detallada sobre los procesos y sistemas existentes. Se estableció un diálogo con los responsables de cada área para comprender las operaciones y obtener acceso a los datos relevantes para el análisis.
2. **Análisis de Datos Recolectados:** Una vez recopilados los datos, se procedió a realizar un análisis exhaustivo para identificar patrones, tendencias y posibles áreas de mejora. Se utilizaron herramientas y técnicas estadísticas para obtener información significativa que sirviera como base para la toma de decisiones en etapas posteriores del proyecto.
3. **Priorizar, Identificación de Mayores Problemáticas:** El análisis destacó las problemáticas clave en los procesos empresariales, identificando áreas críticas para una mejora inmediata. Se estableció una priorización basada en el impacto en la eficiencia y se enfocó en abordar primero los aspectos más críticos para optimizar el rendimiento general.
4. **Definir variables y Diseño de Sistema de Control y Monitoreo Remoto:** Para Se estableció un sistema de control y monitoreo remoto para abordar las problemáticas identificadas. Este sistema permite la supervisión en tiempo real de procesos clave, detectando fallos de manera temprana y mejorando la eficiencia operativa. Las variables, en este contexto, son elementos medibles que representan atributos o condiciones en el estudio, esenciales para comprender relaciones y realizar evaluaciones cuantitativas o cualitativas.
5. **Verificación y Ajuste:** Tras la implementación, se realizó una fase de verificación y ajuste, donde se monitorearon los resultados obtenidos con el nuevo sistema. Se realizaron ajustes según las necesidades identificadas durante la fase de verificación, asegurando así una optimización continua del rendimiento.

CAPÍTULO III

Propuesta y resultados esperados

Para el diseño del sistema de control y supervisión remota, se empleó el sistema Arduino Uno, el cual estará conectado a varios sensores.

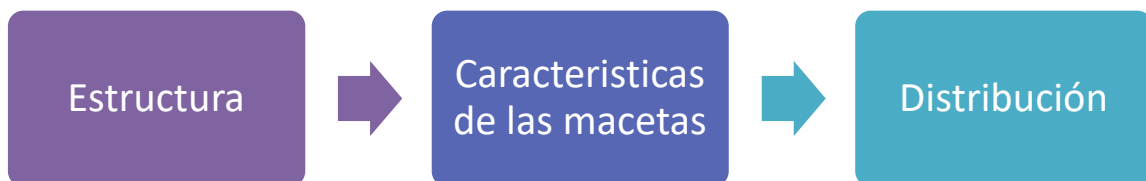
El enfoque del diseño del sistema se orientará hacia la instalación de sensores especializados para detectar de forma temprana condiciones propicias para el desarrollo de hongos y la presencia de plagas mencionadas. Estos dispositivos se distribuirán estratégicamente en toda el área de estudio, proporcionando datos en tiempo real sobre la humedad del suelo, la temperatura ambiente y otras variables relevantes.

La plataforma de control se desarrollará con la capacidad de integrar coherentemente estos datos, permitiendo un monitoreo remoto preciso. Además, el sistema contará con un mecanismo de alerta automática que informará al personal del vivero en tiempo real sobre cualquier cambio anormal en las condiciones ambientales o la aparición de plagas. Estas alertas se transmitirán a través de la plataforma de control y podrán recibirse de forma remota, garantizando una respuesta rápida y eficaz ante posibles crisis.

Además, se considerará la opción de incorporar cámaras de vigilancia para una supervisión visual adicional. Esto posibilitará una identificación más precisa de posibles problemas y facilitará la toma de decisiones informadas para implementar medidas correctivas.

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO EN EL VIVERO

Para la presente investigación se requiere delimitar el área de trabajo por lo que se seguirán los siguientes pasos:



Estructura:

En primera parte se tienen las mesas que son construidas a base de bloques de cemento y pallet de madera como se muestra en la siguiente figura, estas tienen 71cm de alto- 104cm de ancho y 109cm de largo

Figura 18

Mesas de las suculentas de quito



Nota: mesas hechas de pallet y bloques de construcción para tener las mismas alturas.

Distribución

Hoy en día el vivero de las suculentas posee medidas de 9m de largo x 6m de ancho, dado un área de 54m², a esto le debemos restar el área del baño que cuenta con las siguientes medidas 2.3m de largo x 1.8m de ancho dando como resultado 4.14m² de área del baño, esto quiere decir que se dispone de 49.86m² de área para las echeverias.

Figura 19

Plano del vivero las suculentas de quito.



Nota: distribución de las mesas en las suculentas de quito.

Para realizar el sistema de control es necesario determinar en qué área se ejecutará el sistema, por lo que al tener varios tipos de plantas diferentes además de cactus que requieren más calor y menos humedad, estaríamos dañando otra especie para conservar otra por este motivo solo se contara con un área en específico.

Al ser un espacio reducido y delimitado por paredes de 2m de alto, en los extremos izquierdos y derechos reciben menos luz debido a la posición del sol, por este motivo nos centraremos en la parte central del vivero la cual recibe luz solar constante y no le afectan las sombras generadas por las paredes.

Figura 20

Fotos de las suculentas de quito actualmente



Nota: distribución de mesas y plantas de las suculentas de quito

Por este motivo se trabajará con 3 mesas centrales y estas se las limitará con plástico de invernadero para poder generar un área que no va a afectar a las demás especies.

Figura 21

Plano del vivero las suculentas de quito.



Nota: diseño del area delimitada en el vivero con ayuda del programa 3D desin.

Realizada la delimitación se dispondrá de 3 mesas juntas que contarán con 71cm de alto-104cm de ancho y 327cm de largo aproximadamente.

El tipo de maceta también será un factor importante porque sería muy complicado controlar las variables si las plantas se encuentran en diferentes macetas como lo está actualmente, por este motivo se trasplantará a las echeverias carunculadas a un solo tipo de maceta la cual será: la maceta Teku #16, por lo que su forma cuadrada ayudará a ahorrar espacio, será más simétrico y la cantidad en stock abastece para la cantidad de plantas necesarias.

Figura 22

Macetas designadas para el estudio.



Nota: Medidas 16*16*16(cm)

Posteriormente se llenará 1/3 de la maceta o 5cm con un fondo mineral el cual ayuda a que el agua filtre de mejor manera y no se quede estancada en las raíces provocando la pudrición de la suculenta.

Figura 23

Relleno mineral para macetas.



Nota: Relleno de macetas mineral para no malgastar sustrato y conseguir un mejor drenado.

Los 2/3 de la maceta será relleno con el sustrato que se realizara con un 40% de cascajo, 30% de turba de coco M, 10% de abono(gallinaza) y 20% de perlita #3, esta mezcla se ha ido desarrollando por más de 2 años y en base a la experiencia de los dueños de las suculentas de quito, obteniendo un sustrato aireado y con buen drenaje.

Ya con las macetas llenas con sustrato y el relleno mineral es indispensable saber que cantidad de agua retiene, por lo que, si se excede, será un desperdicio de agua.

Figura 24

Prueba de cantidad de agua permisible con 1000ml de agua en macetas sujetas a estudio



Nota. en la figura se observa la primera prueba, la cual consiste en vaciar un litro de agua en una maceta con las plantas sujetas a estudio y determinar el desperdicio de agua.

Para determinar la cantidad de agua que puede retener el sustrato, se realizó pruebas con diferentes cantidades de agua, siendo estas 250ml, 500ml y 1000ml. Debajo de cada maceta se colocó una funda plástica para recolectar el agua desperdiciada, pasado 2 horas para que toda el agua sobrante drene a la funda, para depositarla en el contenedor para finalmente ser medida.

Figura 25

Extracción del líquido desperdiciado en 1000ml de agua y colocado en recipiente con medida



Figura 26

Prueba de cantidad de agua permisible con 500ml de agua en macetas sujetas a estudio



Dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 3

Cantidad de agua necesaria para riego de suculentas

<i>ml de agua</i>	<i>desperdicio</i>
250	-
500	0
1000	550

Nota: colocando 250ml de agua en las macetas se logró observar que la cantidad de agua no es suficiente y el sustrato no se humedece por completo, y en el caso de los 1000ml se evidencio que más de la mitad del líquido es desperdiciado.

Evidenciando que el sustrato es capaz de retener aproximadamente 500ml de agua lo cual no generaría desperdicio, como el caso de los 1000ml donde más de la mitad del líquido es desperdiciado. Cabe recalcar que el riego en este tipo de plantas se realiza cuando el sustrato este totalmente seco (Gamarra, 2023)

En este punto cabe destacar que se realizó una muestra con 100 echeverias carunculadas, tomando las medidas de ancho y largo de cada planta, lo cual nos da un promedio de 21.58cm lo cual significa que la maceta debería ser mayor a 21 para que las plantas no se rocen al momento de crecer y tengan más espacio, minimizando el contacto entre plantas, evitando el contagio de plagas, pero al momento la empresa que distribuye las macetas, no tiene en stock y los revendedores aumentan el precio pasando de 80centavos a 1.20 dólares lo cual generaría un gasto elevado. Por este motivo las macetas serán las tekun#16 de las cuales ya dispone el vivero, pero para compensar el espacio cada maceta será ubicada a 22cm una de otra.

Varias veces las plagas no son controladas a tiempo ya que algunas plantas no están a simple vista y cuando se las detecta ya infecto a varias suculentas, provocando perdidas.

Figura 27

Echeverias seleccionadas para el sistema

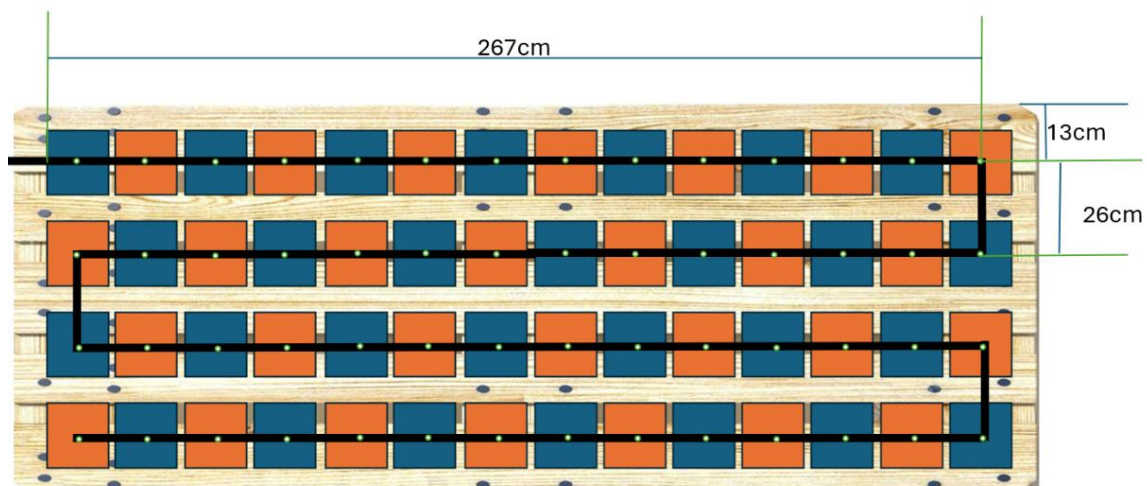


Teniendo todos los parámetros establecidos e igualados podemos estar casi seguros de que las condiciones de todos los ejemplares serán iguales, y teniendo todas las medidas podemos saber cuántas plantas caben en las dos mesas, teniendo en cuenta la distancia entre plantas, dando como resultado que el número de plantas que caben en la mesa es 54.

Sistema de riego

Figura 28

Sistema de riego.



Nota: Representación del sistema de riego en cada maceta

Figura 29 Sistema de riego vista lateral

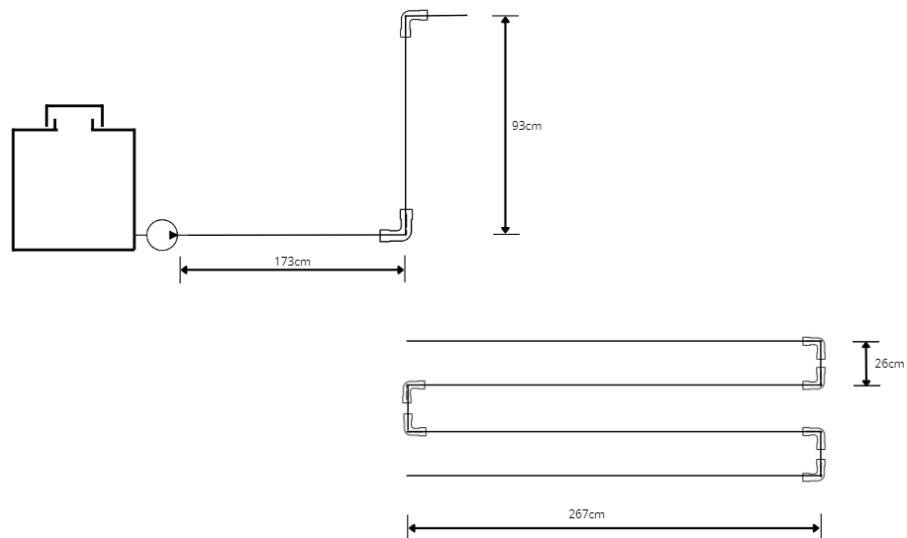


Nota: Representación del sistema de riego en vista lateral para obtener datos como altura

1. Cálculo de pérdidas en sistema de riego

Figura 30

Sistema de riego representada gráficamente.



Nota: Representación del ejercicio en hoja para la realización del cálculo de las pérdidas

2. Procedimiento para Determinar las Pérdidas en el Sistema de Riego

Ejercicio: Pérdidas de carga en sistema de riego

Dado un sistema de riego que consta de un tanque en el suelo conectado a una bomba, seguido por un tubo de PVC de 173 cm de largo, que se eleva verticalmente a 93 cm del suelo mediante un codo de 90°. Luego, el flujo se dirige horizontalmente a través de una manguera de 267 cm, conectada a un codo de 90°, seguido por una manguera de 26 cm, conectada a otro codo de 90°. Después, el flujo pasa por una manguera de 267 cm, conectada a un codo de 90°, y así sucesivamente hasta un total de 8 codos en el sistema, antes de terminar en un tapón para finalizar el sistema de riego.

Datos:

- Caudal necesario: 28 litros/hora
- Altura total del sistema: 93 cm
- Diámetro de la manguera: 0.5 pulgadas (0.0127 metros)
- Factor de fricción (f) para tuberías de PVC en flujo laminar: 0.02
- Factor de pérdida para codos de 90°: 0.9

2.1 Calcular la velocidad del flujo en la manguera:

$$Q = \frac{28 \text{ litros/hora}}{3600 \text{ segundos/hora}} \times 10^{-3}$$

$$Q \approx 7.78 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{0.0127}{2}\right)^2$$

$$A \approx 1.2669 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{7.78 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{1.2669 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \approx 0.0614 \text{ m/s}$$

2.2 Calcular las pérdidas de carga en cada tramo y codo del sistema:

1. Pérdidas de carga en el tramo (173 cm):

$$h_{\text{tramo recto}} = 0.02 \times \frac{1.73 \text{ m}}{0.0127 \text{ m}} \times \frac{(0.0614 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{tramo recto}} \approx 0.000524 \text{ m}$$

2. Pérdidas de carga en el tramo (93 cm):

$$h_{\text{tramo vertical}} = 0.02 \times \frac{0.93 \text{ m}}{0.0127 \text{ m}} \times \frac{(0.0614 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{tramo vertical}} \approx 0.000281 \text{ m}$$

3. Pérdidas de carga en la manguera horizontal (267 cm):

$$h_{\text{tramo horizontal}} = 0.02 \times \frac{2.67 \text{ m}}{0.0127 \text{ m}} \times \frac{(0.0614 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{tramo horizontal}} \approx 0.000808 \text{ m}$$

4. Pérdidas de carga en la manguera corta (26 cm):

$$h_{\text{tramo corto}} = 0.02 \times \frac{0.26 \text{ m}}{0.0127 \text{ m}} \times \frac{(0.0614 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{tramo corto}} \approx 0.0000787 \text{ m}$$

5. Pérdidas de carga en el codo (90°):

$$h_{\text{codo}} = 0.9 \times \frac{(0.0614 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{codo}} \approx 0.000173 \text{ m}$$

3. Resultados

Pérdidas totales $\approx 0.000524 \text{ m} + 0.000281 \text{ m} + 0.000173 \text{ m} \times 8 + 0.000808 \text{ m} \times 4 + 0.0000787 \text{ m} \times 3$

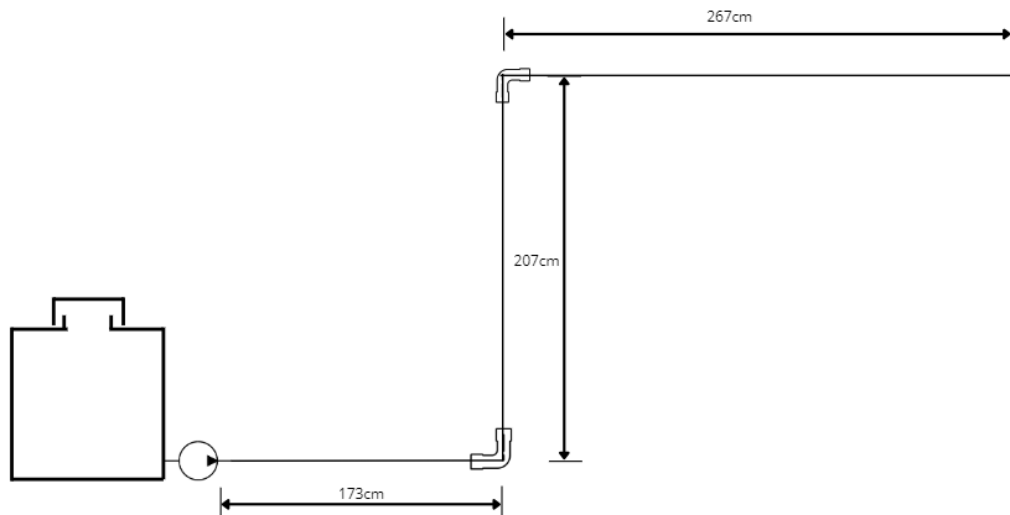
Pérdidas totales $\approx 0.000524 \text{ m} + 0.000281 \text{ m} + 0.001384 \text{ m} + 0.003232 \text{ m} + 0.0002361 \text{ m}$

Pérdidas totales $\approx 0.0056571 \text{ m}$

Sistema para control de humedad

Figura 31

Sistema de riego para control de humedad representada gráficamente



Nota: Sistema de riego para el control de la humedad representada en dibujo para calcular pérdidas.

Volumen del área y caudal necesario

1. Cálculo de volumen:

$$V_{\text{área}} = 0.71 \text{ m} \times 1.04 \text{ m} \times 3.27 \text{ m}$$

$$V_{\text{área}} \approx 2.98028 \text{ metros cúbicos}$$

2. Cálculo del volumen de agua necesario para alcanzar el 60% de humedad relativa:

$$V_{\text{agua}} = 0.6 \times V_{\text{área}}$$

$$V_{\text{agua}} \approx 0.6 \times 2.98028 \text{ metros cúbicos}$$

$$V_{\text{agua}} \approx 1.78817 \text{ metros cúbicos}$$

3. Tiempo de funcionamiento de nebulizadores 300seg y cálculo del caudal necesario:

$$Q = \frac{1.78817 \text{ metros cúbicos}}{300 \text{ segundos}}$$

$$Q \approx 0.00594 \text{ metros cúbicos por segundo}$$

Lo que al momento de transformar los m³ a litros y los segundos a hora, nos da un resultado de 21.38litros por hora.

4. Cálculo de las perdidas

$$Q = \frac{22 \text{ litros/hora} \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{litro}}{3600 \text{ segundos/hora}}$$

$$Q \approx 6.11 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{segundo}$$

$$V = \frac{6.11 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{segundo}}{1.27 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$V \approx 0.048 \text{ m/segundo}$$

1.1 Tubo de 173 cm:

$$h_{\text{tramo 1}} = 0.02 \times \frac{1.73 \text{ m}}{0.0127 \text{ m}} \times \frac{(0.048 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{tramo 1}} \approx 0.000524 \text{ metros}$$

1.2 Manguera de 267 cm:

$$h_{\text{tramo 2}} = 0.02 \times \frac{2.67 \text{ m}}{0.0127 \text{ m}} \times \frac{(0.048 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{tramo 2}} \approx 0.000808 \text{ metros}$$

1.3 Tubo de 207 cm:

$$h_{\text{tramo 3}} = 0.02 \times \frac{2.07 \text{ m}}{0.0127 \text{ m}} \times \frac{(0.048 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{tramo 3}} \approx 0.000808 \text{ metros}$$

1.4 Codos de 90°:

$$h_{\text{codo 1}} = 0.9 \times \frac{(0.048 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{codo 1}} \approx 0.000281 \text{ metros}$$

$$h_{\text{codo 2}} = 0.9 \times \frac{(0.048 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{codo 2}} \approx 0.000281 \text{ metros}$$

1.5 Nebulizadores:

$$h_{\text{nebulizadores}} = \frac{35.69 \text{ m}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{nebulizadores}} \approx 0.00364 \text{ metros}$$

5. Pérdidas totales.

$$\text{Pérdidas totales} = h_{\text{tramo 1}} + h_{\text{tramo 2}} + h_{\text{tramo 3}} + h_{\text{codo 1}} + h_{\text{codo 2}} + h_{\text{nebulizadores}}$$

$$\text{Pérdidas totales} \approx 0.000524 + 0.000808 + 0.000808 + 0.000281 + 0.000281 + 0.00364$$

$$\text{Pérdidas totales} \approx 0.006342 \text{ metros}$$

Calculos para el sistema de ventilación

El diseño y determinación del número adecuado de ventiladores para un invernadero depende de varios factores clave. Estos incluyen la cantidad de aire que se desea renovar dentro del invernadero, la disposición de los ventiladores, las dimensiones de la finca, la distribución del espacio dentro del invernadero.

Datos:

Dimensiones del vivero 327 cm de largo, 104 cm de ancho y 71 cm de alto

Temperatura a la que se activa: 42°

Ubicación: parte superior del área de estudio

Resolución

1. Cálculo del volumen del vivero

$$\text{Volumen del vivero} = 327 \text{ cm} \times 104 \text{ cm} \times 71 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen del vivero} = 2,428,968 \text{ cm}^3$$

Para el cálculo del caudal Se sugieren renovaciones horarias entre 40 y 60 por hora (S.A, 2020).

1.1 Para 40 cambios de aire por hora

$$\text{Tasa de ventilación (40 cambios/hora)} = 2,428,968 \text{ cm}^3 \times 40 \text{ cambios/hora}$$

$$\text{Tasa de ventilación (40 cambios/hora)} = 97,158,720 \text{ cm}^3/\text{hora}$$

Conversión a metros cúbicos hora:

$$\text{Tasa de ventilación (40 cambios/hora)} = 97,158,720 \text{ cm}^3/\text{hora} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1,000,000 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Tasa de ventilación (40 cambios/hora)} = 97.16 \text{ m}^3/\text{hora}$$

1.2 Para 60 cambios hora

$$\text{Tasa de ventilación (60 cambios/hora)} = 2,428,968 \text{ cm}^3 \times 60 \text{ cambios/hora}$$

$$\text{Tasa de ventilación (60 cambios/hora)} = 145,913,080 \text{ cm}^3/\text{hora}$$

Conversión de metros cúbicos hora:

$$\text{Tasa de ventilación (60 cambios/hora)} = 145,913,080 \text{ cm}^3/\text{hora} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1,000,000 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Tasa de ventilación (60 cambios/hora)} = 145.91 \text{ m}^3/\text{hora}$$

1.3 Suma de resultados

$$\text{Tasa de ventilación total} = \frac{97.16 \text{ m}^3}{\text{hora}} + \frac{145.91 \text{ m}^3}{\text{hora}}$$

$$\text{Tasa de ventilación total} = 242.07 \text{ m}^3/\text{hora}$$

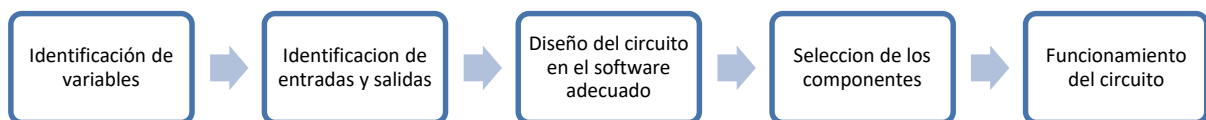
DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO

Para el diseño del sistema de control y monitoreo remoto se utilizó el sistema de Arduino uno el cual llevara conectado a varios sensores

El diseño del sistema se centrará en la implementación de sensores especializados para la detección temprana de condiciones propicias para el desarrollo de hongos y la presencia de las plagas mencionadas. Estos dispositivos estarán estratégicamente distribuidos en toda el área de estudio, proporcionando datos en tiempo real sobre la humedad del suelo, temperatura ambiente y otras variables relevantes.

La plataforma de control se desarrollará con la capacidad de integrar estos datos de manera coherente, permitiendo un monitoreo remoto preciso. El sistema estará equipado con un sistema de alerta automático que notificará al personal del vivero en tiempo real sobre cualquier cambio inusual en las condiciones ambientales o la presencia de plagas. Estas alertas se enviarán a través de la plataforma de control y podrán ser recibidas de manera remota, garantizando una respuesta inmediata y eficiente ante posibles crisis.

Además, se contemplará la posibilidad de integrar cámaras de vigilancia para una monitorización visual adicional. Esto permitirá una identificación más precisa de posibles problemas y facilitará la toma de decisiones informadas para la implementación de medidas correctivas.



Identificación de variables

Variables necesarias

Temperatura:

Utilización de sensores de temperatura para medir la temperatura ambiente, expresada en grados Celsius.

Humedad del Suelo:

Empleo de sensores de humedad del sustrato, proporcionando lecturas en porcentaje de humedad.

Humedad del ambiente

Empleo de sensores de humedad, proporcionando lecturas en porcentaje de humedad.

Tabla 4

VARIABLES ÓPTIMAS PARA EL CRECIMIENTO DE SUculENTAS

<i>Condiciones</i>	<i>Baja</i>	<i>Optima</i>	<i>Alta</i>
<i>Temperatura (°C)</i>	<18	20-42	>42
<i>Humedad del Ambiente (%)</i>	<30	40-60	>80
<i>Humedad del Suelo (%)</i>	<20	20-50	>60

Nota: Datos de condiciones donde las echeverias se ven afectadas y veneficiadas (Camacho, 2023)

Temperatura:

- **Baja (menos de 18°C):** Las temperaturas demasiado bajas pueden ralentizar el crecimiento de las suculentas y hacerlas más susceptibles a daños por heladas. Algunas especies pueden entrar en un estado de dormancia durante el frío extremo.
- **Óptima (20-42°C):** Este rango favorece el crecimiento activo y saludable de las suculentas. Permite la fotosíntesis eficiente y evita el riesgo de daño por congelación.
- **Alta (más de 42°C):** Las temperaturas excesivamente altas pueden causar daños por estrés térmico, deshidratación y quemaduras solares en las suculentas. Es esencial proporcionar sombra y evitar la exposición prolongada a temperaturas extremadamente altas.

Humedad del Ambiente:

- **Baja (menos del 30%):** Ambientes secos pueden provocar deshidratación y daños en las suculentas. Pueden perder agua más rápido de lo que la absorben, afectando su salud y apariencia.
- **Óptima (40-60%):** Este rango es ideal para la mayoría de las suculentas, proporcionando la humedad necesaria sin favorecer el desarrollo de enfermedades fúngicas.

- Alta (más del 80%): Ambientes muy húmedos pueden aumentar el riesgo de enfermedades fúngicas y pudrición de las raíces. La falta de circulación de aire en ambientes muy húmedos también puede ser perjudicial.

Humedad del Suelo:

- Baja (menos del 20%): La sequedad extrema del suelo puede llevar a la deshidratación de las suculentas y afectar su capacidad para absorber nutrientes.
- Óptima (20-50%): Proporciona un equilibrio adecuado entre la retención de agua y el drenaje, permitiendo que las suculentas absorban agua cuando sea necesario sin riesgo de pudrición de las raíces.
- Alta (más del 60%): Suelos demasiado húmedos pueden provocar pudrición de raíces y otras enfermedades fúngicas al facilitar el crecimiento de patógenos.

Identificación de entradas y salidas:

Entradas:

1. **Sensor de Humedad del Suelo (pin A0):** Mide la humedad en el suelo.
2. **Sensor de Humedad del Ambiente (pin 1):** Mide la humedad en el ambiente.
3. **Sensor de Temperatura (pin 1):** Mide la temperatura del entorno.

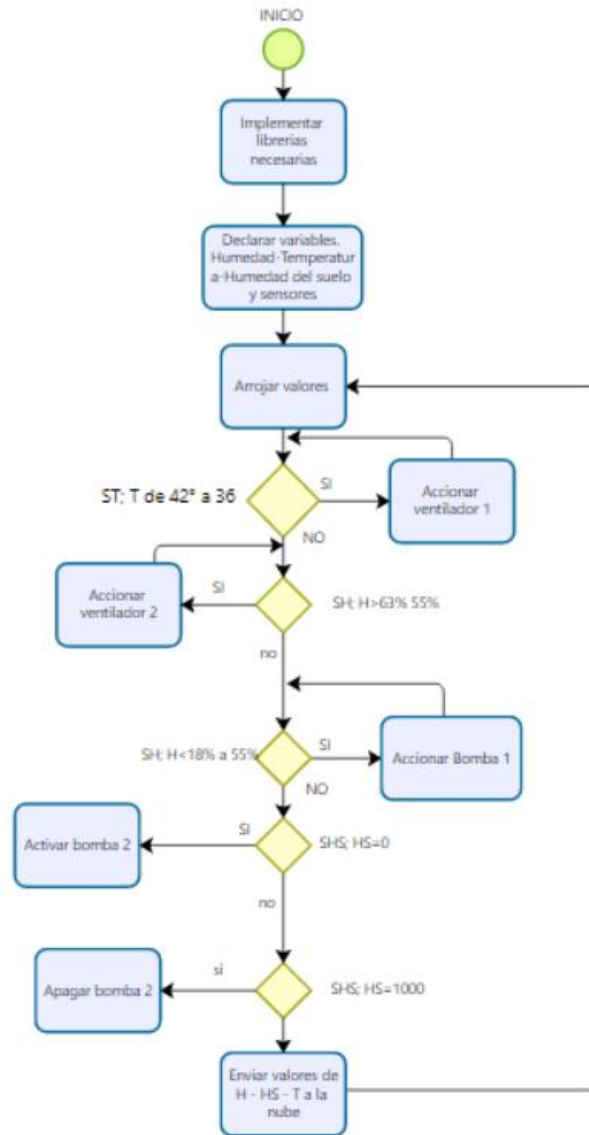
Salidas:

1. **Bomba de Agua (pin 3):** Actúa como salida para el sistema de riego.
2. **Ventiladores (pin 4 y pin 5):** Se activan para controlar la temperatura.
3. **Bomba de Agua aspersores (pin 6):** Actúa como salida para el sistema de riego.

Diseño del circuito en el software

Figura 32

Flujograma del funcionamiento del código



Nota: para tener un mejor entendimiento se procede a representar el código en un flujograma.

Funcionamiento:

1. Inicialización:

- Configurar los pines de entrada y salida.
- Inicializar las variables y librerías necesarias.
- Iniciar la comunicación serial.

2. **Lectura de Sensores:**

- Leer los valores del sensor de humedad del suelo.
- Leer los valores del sensor de humedad del ambiente.
- Leer la temperatura del entorno.

3. **Análisis de Datos:**

- Comparar los valores de humedad y temperatura con rangos predefinidos.
- Tomar decisiones basadas en las condiciones del suelo y del ambiente.

4. **Control del Sistema:**

- Si la humedad del suelo es baja:
Activar la bomba de agua para el riego.
- Si la humedad del ambiente es alta:
Activar los ventiladores para reducir la temperatura.
- Si la temperatura es alta:
Activar los ventiladores para reducir la temperatura.

5. **Retroalimentación Visual:**

- Enviar información a través de la comunicación serial para la monitorización.

6. **Espera y Repetición:**

- Repetir el proceso para el monitoreo continuo.

Simulación

Figura 33

Sistema de monitoreo remoto simulado en cadesimu

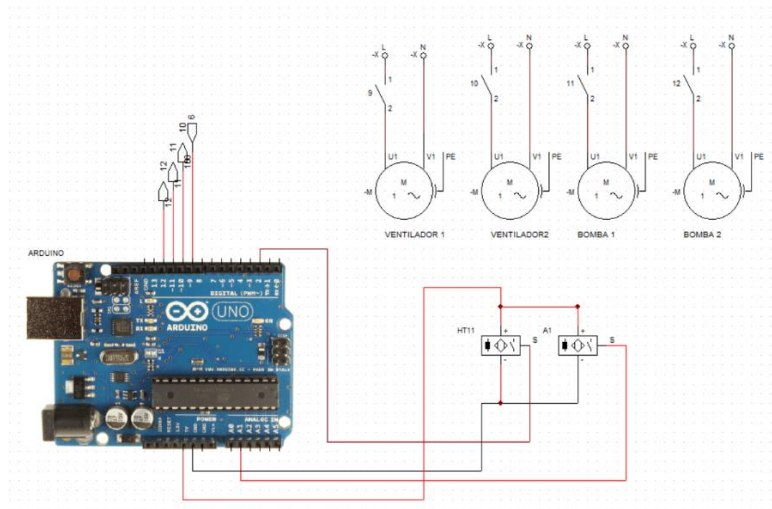


Figura 34

Accionamiento de ventilador 1 por temperaturas altas.

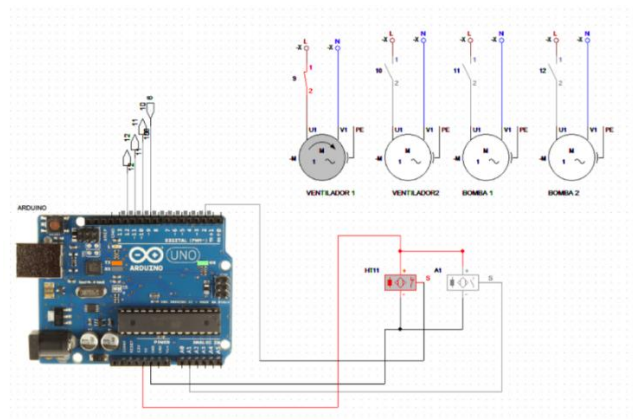


Figura 35

Accionamiento del ventilador 2 por exceso de humedad,

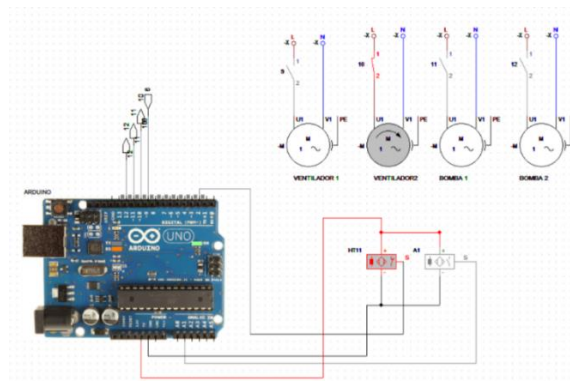


Figura 36

Accionamiento de bomba 1 por humedad de tierra baja

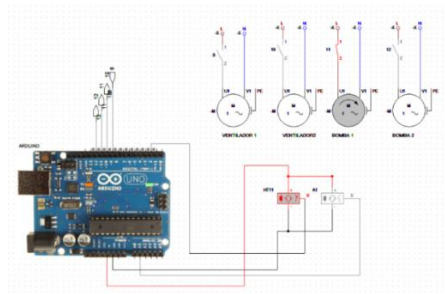
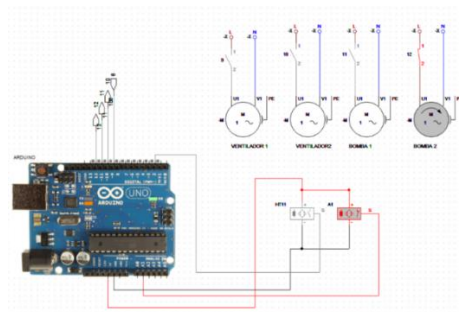


Figura 37

Accionamiento de bomba 2 por falta de humedad en el ambiente.



Selección de componentes:

Sensores de humedad del suelo:

Tabla 5

Sensores de humedad del suelo

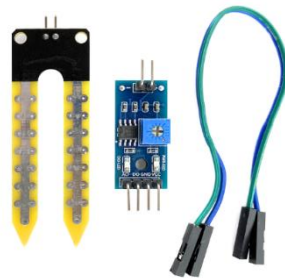
Características principales	Modelo	Rango de voltaje	Interfaz de comunicación	Precio aproximado	Tiempo de vida útil
-Sensibles a la humedad del suelo. -Fácilmente integrables con Arduino.	Capacitivo Suelo Higrómetro	3.3V - 5V	Analógica	\$5 - \$15	1-2 años
-Alta precisión. -Resistencia a la corrosión.	SparkFun Soil Moisture Sensor	3.3V - 5V	Analógica	\$10 - \$20	1-3 años
-Robustos y duraderos. -Fácil de usar con Arduino.	YL-69 Sensor de Humedad del Suelo	5V	Analógica	\$3 - \$8	2-4 años

Nota: información de los diferentes componentes para la humedad del suelo con sus características (lab, 2019).

El sensor YL-69 fue seleccionado por su durabilidad en comparación con otras alternativas disponibles. Su robustez y fiabilidad lo convierten en una opción adecuada para aplicaciones de monitoreo de humedad del suelo a largo plazo. Además, su precio más asequible y la programación en Arduino es fácil y directa, lo que facilita su integración en el proyecto.

Figura 38

Sensor de humedad YL-69



Sensor de humedad del ambiente

Tabla 6

Sensores de humedad del ambiente

Características principales	Ejemplo de modelo	Rango de voltaje	Interfaz de comunicación	Precio aproximado	Tiempo de vida útil
-Sensibles a la humedad relativa. 3. Compatibles con Arduino.	DHT11 Humidity and Temperature Sensor	3.3V - 5V	Digital	\$5 - \$10	1-2 años
-Precisión y fiabilidad. -Fácil de integrar con Arduino.	AM2302 (DHT22) Humidity and Temperature Sensor	3.3V - 5V	Digital	\$8 - \$15	2-5 años
-Alta precisión. -Bajo consumo de energía.	Grove - Capacitive Moisture Sensor	3.3V - 5V	Analógica	\$10 - \$20	2-4 años

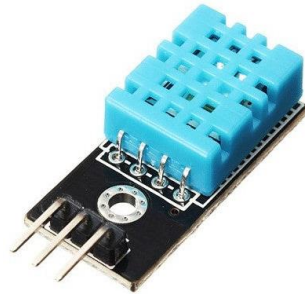
Nota: información de los diferentes componentes para la humedad del suelo con sus características (seeedstudio, 2020)

El sensor DHT11 fue elegido principalmente por su precio accesible y su funcionalidad integrada de medición de temperatura. Al contar con un sensor de

temperatura incorporado, simplifica la implementación al ofrecer dos mediciones en un solo dispositivo.

Figura 39

Sensor de humedad DHT11



Arduino Uno: Placa de control principal.

Figura 40

Arduino uno para el control del sistema



Precio aproximado: 18\$

ESP8266: Conexión a internet

Figura 41

ESP8266 para conexión de sensores a la aplicación



Precio aproximado: 4\$

Módulo de Relé: Controla la activación de la bomba de agua y ventiladores.

Figura 42

Relé para activar conexión de bombas y ventiladores



Precio aproximado: 3\$ cdu (4)

Ventiladores: Ayudan a regular la temperatura.

Para la selección de ventilador se consideraron varias opciones, por la gran cantidad de marcas y modelos, se seleccionan 2 ventiladores inter-5 por su precio que ha comparación de sus predecesores este cuenta con el mejor precio y cumple con el caudal requerido de 242,07m³/h

Figura 43

ventiladores Inter 5

precio: 60\$ cdu



FICHA TECNICA

MODELO	Flujo de aire m ³ /h	W	V	A	Frecuencia Hz	r/min	Nivel sonoro dB	Dimensiones de empaque (LxWxH)cms	Peso de empaque Kg
INTER 4"	90	13	127	0.09	60	2450	40	15 x 11 x 15	0.5
INTER 5"	160	16	127	0.16	60	2000	42	18 x 12 x 18	0.6

Nota: ventiladores para el control de temperatura y humeada, con la potencia necesaria para (MASTERFAN, 2015)

Bomba de Agua: Suministra agua al sistema control de humedad.

Para la selección de la bomba de agua se tiene en cuenta el caudal necesario que es 22L/hora y la altura máxima es de 2.07m

Figura 44

Bomba de agua para el sistema de control de humedad



Ahorra US \$23.1

US \$46.90

Al por mayor +2 unidades

Mini bomba de agua.
3.5Bar, 50psi, interr

Voltaje: 12 V

12 V 24 V

Color: brush motor

brush motor

Mode	Voltage(V)	max current(A)	max flow rate G/min(min)	speed(RPM)	Max pressure psi (mpa)	suction (meter)	pressure switch psi(mpa)	rated power(w)
DP-50	24	6	4.2(16)	1800	50(0.35)	5	50(0.35)	65
	12	12	4.2(16)	1500	50(0.35)	5	50(0.35)	65

Nota: bomba de agua adecuada para el sistema de control de humedad, con potencia de 3.5bar y una altura de trabajo de 5m. (Ningbo Nuolin mechatronics co., 2014).

Nebulizador: pulverizador de agua para control de humedad.

Figura 45

Nebulizador para control de humedad



Rivulis
Plastro

Nebulizador FLF + Válvula antigoteo + Conector

Ideal para sistemas de nebulización para germinación

Con la válvula se evita pequeñas gotas residuales

Características del nebulizador:

- Presión de trabajo: 3.5 bar
- Filtración recomendada: 120 mesh
- Caudal: 22 l/h

Precio actual \$ 3.81 + impuestos

Nota: Nebulizador para controlar humedad dentro del area de estudio mediante una presion de 3.5bar brindada por una bomba (Ecuador, 2024).

Bomba de Agua: Suministra agua al sistema de riego.

Para la selección de la bomba de agua se tiene en cuenta el caudal necesario que es 28L/hora y la altura máxima es de 0.93m

Figura 46

Bomba para control de humedad de la tierra (Riego)

Patio, Césped y Jardín > Decoración Exterior > Jardines Acuáticas y Estanques > Bombas y Circulación > Bombas



WASSERMANN Bomba de agua RV de 12 V CC, bomba de diafragma autocebante 5.0 GPM 55 PSI, bomba de presión de agua con interruptor de presión, para caravana, yate, césped, jardín

4.4  466 calificaciones
200+ comprados el mes pasado

US\$ **69**⁹⁹

Sin depósito de derechos de importación y US\$46.00 de envío a Ecuador [Detalles](#) [▼]
Disponible a un precio menor de otros vendedores que podrían no ofrecer envío Prime gratis.

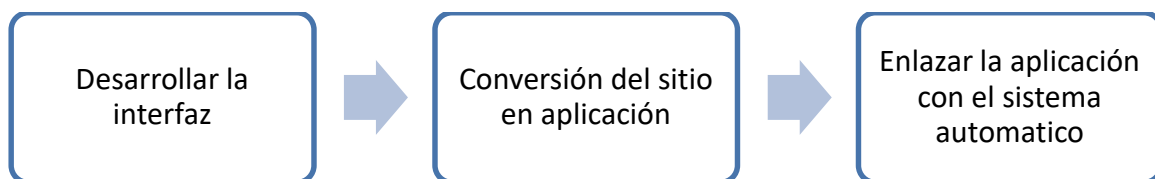
Estilo: **4WDP5-55-12V**

Marca	wassermann
Color	Color múltiple
Material	Plástico
Estilo	4WDP5-55-12V
Dimensiones del producto	9,03"Largo x 4,92"Ancho x 4,33"Altura pulgadas
Fuente de alimentación	DC
Peso del artículo	6,1 Libras
Caudal máximo	5 Galones por minuto
Altura de elevación máxima	125 Pies
Voltaje	12 Voltios
Fabricante	wassermann
Número de pieza	4WDP5-55-12V
País de origen	China
Número de modelo del producto	4WDP5-55-12V
Componentes incluidos	1" 1/2" macho adaptador de manguera de rosca,

Nota: Bomba de agua para el sistema de riego con el caudal necesario y altura de trabajo necesaria (wassermann, 2022)

DISEÑO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

Para operar el sistema, se planifica la creación de una aplicación utilizando la plataforma AppMySite. El proceso de implementación seguirá los siguientes pasos:



Paso 1: Desarrollar la Aplicación móvil (APP INVENTOR):

1. Crear una Cuenta en AppMySite:

- Se registra en AppMySite y configura una cuenta para comenzar el proceso de conversión del sitio web en una aplicación móvil.

2. Configurar la Aplicación:

- Siguiendo las instrucciones de AppMySite, proporciona la URL del sitio web y personaliza las opciones de diseño para adaptarse al formato móvil.

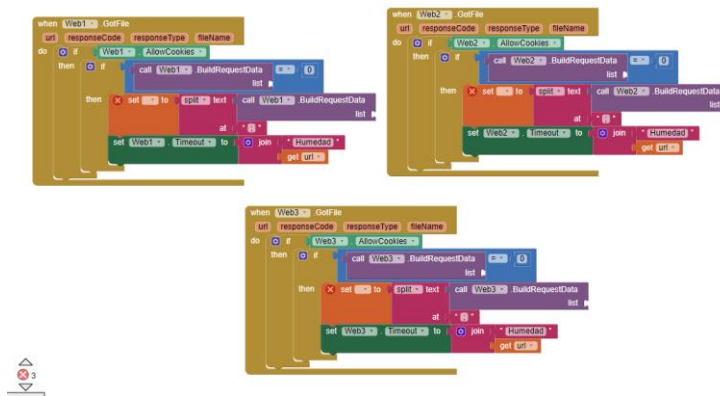
Diseñar la interfaz de usuario:

- Abre MIT App Inventor y crea un nuevo proyecto.
- En la sección "Designer", arrastra y suelta los componentes necesarios para tu interfaz de usuario. Por ejemplo, puedes agregar tres etiquetas para mostrar la temperatura, la humedad y la humedad del suelo, y un temporizador para actualizar los datos periódicamente.
- Configurar bloques de inicialización:
- Ve a la sección "Blocks" y selecciona el evento "Screen.Initialized".
- Arrastra un bloque "connect" desde la categoría "WiFi" y configura los parámetros necesarios para conectarte a tu dispositivo ESP8266.
- Configurar bloques para solicitar datos:
- Selecciona el evento "Clock.Timer" y arrastra un bloque "call WiFi.ExecuteCommands" desde la categoría "WiFi".
- Dentro de este bloque, arrastra un bloque "send command" y configura los parámetros necesarios para solicitar los datos de temperatura, humedad y humedad del suelo al ESP8266.
- Configurar bloques para recibir y mostrar datos:
- Selecciona el evento "WiFi.ResponseReceived" y arrastra un bloque "parse JSON" desde la categoría "Text".
- Dentro de este bloque, arrastra bloques "get object properties" para obtener los valores de temperatura, humedad y humedad del suelo del JSON recibido.
- Arrastra bloques "set label text" desde la categoría "Basic" y configura cada uno para mostrar los valores obtenidos en las etiquetas correspondientes de tu interfaz de usuario.

- Utiliza bloques de control adicionales para manejar errores de conexión y reintentar la conexión automáticamente si es necesario. Puedes usar bloques como "if", "else" y "try-catch" para implementar esta lógica.
- Después de configurar todos los bloques, haz clic en "Connect" para conectar tu dispositivo Android a MIT App Inventor y luego haz clic en "Build" para compilar tu aplicación.

Figura 47

Pantalla de inicio de la aplicación móvil



Nota: codificación de la aplicación móvil para la recepción de datos del Esp 8266.

3. Vista Previa y Pruebas:

- Se utilizan las herramientas de vista previa y prueba de AppMySite para garantizar que la aplicación móvil muestre correctamente la interfaz web.

4. Generar la Aplicación:

- Una vez satisfecho con la configuración, se genera la aplicación móvil desde AppMySite.

Paso 3: Conectar la Aplicación Móvil con Arduino:

1. Configurar el ESP8266 como cliente Wi-Fi:

Utilizando comandos AT, configura el ESP8266 para que se conecte a tu red Wi-Fi local. Esto implica enviar los comandos adecuados para configurar el nombre de la red (SSID) y la contraseña de tu red Wi-Fi.

2. Establecer la conexión Wi-Fi:

Una vez que el ESP8266 está configurado con los detalles de tu red Wi-Fi, activa el modo de conexión Wi-Fi. El ESP8266 intentará conectarse a la red Wi-Fi especificada utilizando los detalles proporcionados.

3. Verificar la conexión:

Después de que el ESP8266 intenta conectarse a la red Wi-Fi, verifica si la conexión se ha establecido correctamente. Esto puede implicar enviar un comando AT para verificar el estado de la conexión o simplemente observar si el módulo se ha conectado correctamente a la red Wi-Fi.

4. Enviar y recibir datos:

Una vez que el ESP8266 está conectado a Internet, puedes enviar y recibir datos utilizando protocolos como HTTP o MQTT. Por ejemplo, puedes enviar datos de sensores a un servidor en la nube o recibir instrucciones de control remoto desde el servidor en la nube.

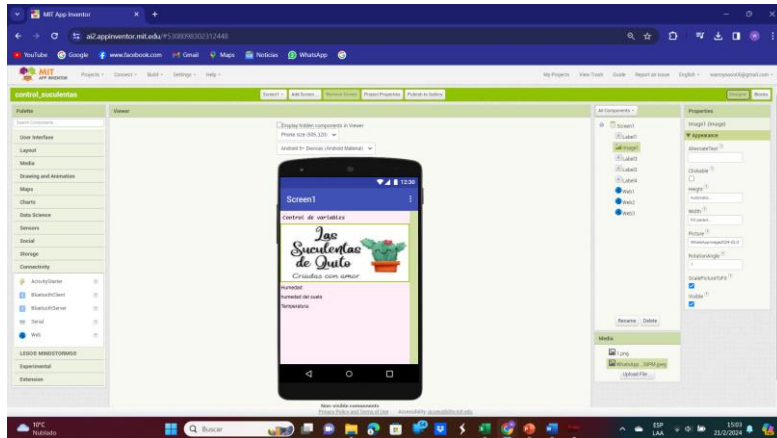
5. Manejar errores y reconexión:

Implementa un manejo adecuado de errores y reconexión en tu código para manejar situaciones donde la conexión Wi-Fi pueda perderse o no se pueda establecer correctamente inicialmente. Esto puede incluir reintentar la conexión automáticamente después de un período de tiempo si la conexión se pierde.

RESULTADOS

Figura 48

Pantalla de inicio de la aplicación móvil.

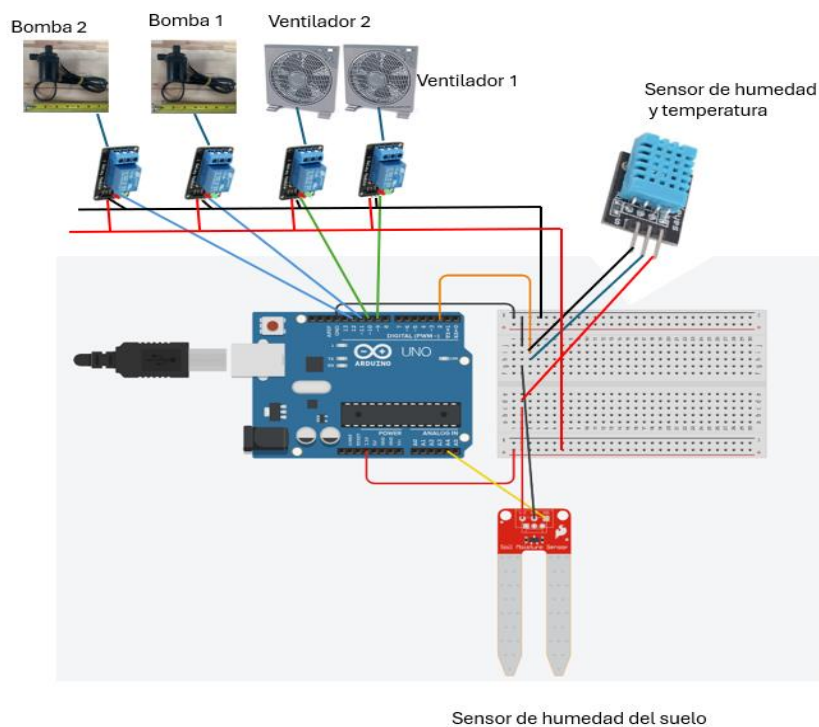


Nota: representación de la aplicación móvil con sus 3 indicadores

Circuito final

Figura 49

Circuito final de elementos electrónicos



El proyecto implica el monitoreo continuo del crecimiento de las plantas a través de la plataforma. Esto permitirá realizar un seguimiento detallado de su desarrollo. Después de este período inicial de monitoreo, se planea evaluar el impacto del proyecto en un lapso de seis meses.

Se espera que al controlar las condiciones adecuadas, las plantas crezcan de manera eficaz. Esto implica garantizar que reciban la cantidad adecuada de agua, nutrientes

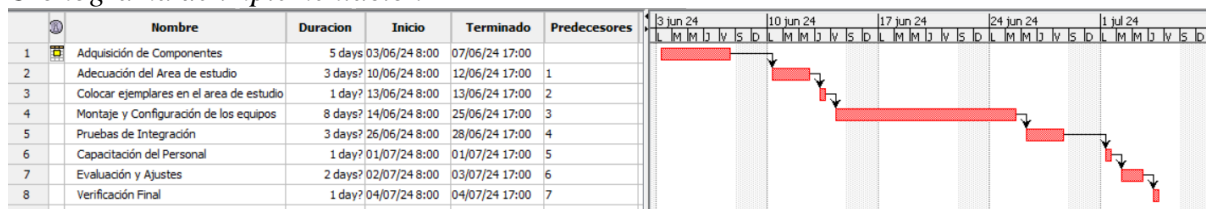
y otros factores ambientales necesarios para un crecimiento saludable. Al mantener estas condiciones óptimas, se espera maximizar el potencial de crecimiento de las plantas y, por ende, su impacto en el proyecto en cuestión. Además, con la implementación del sistema de riego se podrá disminuir los puntos de infección por lo que agua quedaba almacenada en el pistilo de planta, proliferando plagas, también al momento de fumigar no existirán quemaduras en las hojas ya que el sistema riega el sustrato mas no a la planta por los químicos utilizados, asegurándonos de las presentación de la planta

El objetivo final es no solo observar el crecimiento de las plantas, sino también determinar cómo este proyecto puede influir positivamente en su desarrollo a lo largo del tiempo. El monitoreo continuo y la evaluación a largo plazo serán fundamentales para comprender completamente el impacto de las condiciones controladas en el crecimiento de las plantas y, en última instancia, en el éxito del proyecto en su conjunto.

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

Figura 50

Cronograma de implementación



Nota: definir actividades y duración de estas en el programa proyect libre.

Fase 1: Adquisición de componentes (1 semanas)

1. Compra de equipos:

Tabla 7

Precios de componentes

Componentes	Cantidad	Precio
-------------	----------	--------

Sensor de humedad y temperatura	1	3
Sensor de humedad del suelo	1	4
Bomba de agua para sistema de riego	1	69
Bomba de agua para sistema de control de humedad	1	46
Ventiladores	2	12
Plástico de invernadero	1	20
Cable para conexiones	1	8
Tubos pvc 6m	3	24
Codos	10	2,5
Acoples	3	1
Tanque 20Litros	1	10
Nebulizadores	2	8
Protoboard	1	15
Relés	4	12
Esp 2682	1	4
Soporte de ventiladores	2	8
Soporte para plástico de invernadero	1	15
	Precio total	261,5

Fase 2: Adecuación del área de estudio (3 días)

1. Colocar mesas de manera horizontal
2. Colocar los soportes para el plástico de invernadero
3. Poner el plástico de invernadero para delimitar el área

Fase 3: Colocar ejemplares en el área de estudio(1día)

1. Colocar las 56 especies de echeverias carunculadas cada 22cm

Fase 4: Montaje y configuración de los equipos (8 días)

1. Instalación de sistema de riego, asegurando que el sistema por goteo este colocado debajo de las hojas (preferentemente), para que el agua se dirija directamente al sustrato y no exista contacto entre el agua y las hojas.
2. Instalar bomba de agua para riego en el tanque de 20L
3. Instalar la bomba de control de humedad, directamente a la conexión de agua.
4. Colocar el sensor de humedad en la última maceta que recibe el rego y el sensor de humedad y temperatura al mismo alto que las plantas de estudio.
5. Conectar sensores, Arduino ya programado con el código anteriormente realizado, Esp8266 en Protoboard según especificaciones

Fase 5: Pruebas de integración (3 Días)

1. Monitoreo del adecuado funcionamiento de sensores, bombas y diferentes dispositivos

2. En el caso de existir fallas llamar al ingeniero

Fase 6: Capacitación del personal (1día)

1. Indicar funcionamiento del sistema a trabajador y el funcionamiento de la aplicación móvil.

Fase 7: Evaluación y ajustes (2días)

1. Evaluación del sistema en busca de posibles correcciones o mejoras de este.

Fase 8: Verificación final (1día)

1. Prueba completa del funcionamiento del sistema.

ANALISIS DE COSTOS

Para calcular el costo total del proyecto, primero consideraremos los materiales necesarios, seguido de los costos laborales para los diferentes integrantes del equipo. Luego integraremos todos estos costos para obtener el costo total del proyecto.

- El precio total de los componentes del sistema es \$261.5
- La instalación del sistema de riego y humedad: \$80
- Conexiones: \$120

En el caso de la instalación del sistema de riego y las conexiones eléctricas, se está a la espera de una cotización de una empresa, el precio que se expresa en el trabajo es dado por un trabajador de confianza.

El precio por todo el sistema es de \$461.50

Esto podría variar dependiendo de la zona donde se desee recrear el sistema.

Una vez las plantas crezcan y estén listas para su venta, el ingreso de la venta total de estas equivale a \$1350 lo cual representa una ganancia de casi 3 veces el costo de inversión

CAPÍTULO IV

Conclusiones

A través del análisis estadístico de los datos de producción, se descubrieron patrones y tendencias que revelaron que las plantas carunculadas son las más demandadas por los clientes, representando más del 50% de las ventas desde la apertura del negocio. Sin

embargo, se observaron problemas en el crecimiento de estas plantas, con un 47% de ellas infectadas por diferentes tipos de plagas, lo que retrasa su crecimiento y afecta la calidad del producto final. Específicamente, se encontró que el 47% de las plagas son hongos y el 32% son cochinillas algodonosas, lo que indica que estas plagas son las que mas afectan al negocio.

La determinación de parámetros físicos críticos resaltó que temperaturas por encima de los 42°C y humedades del ambiente superiores al 80% pueden ser perjudiciales para el crecimiento de las suculentas. Además, se observó que una humedad del suelo por debajo del 20% o por encima del 60% puede afectar negativamente el desarrollo de las plantas. Estas características se enfocan en la importancia crucial de mantener a las plantas en condiciones óptimas de temperatura y humedad para el desarrollo saludable de estas.

El desarrollo del circuito y de la aplicación que combinan sensores como el DHT11 para medir temperatura y humedad del ambiente, y el sensor YL69 FC28 con el comparador LM393 para monitorear la humedad del suelo, junto con la programación del Arduino uno en lenguaje (C/C++), el dispositivo Esp8266 para la conexión con la aplicación móvil creada en mi App inventor, y para el control de las variables, una bomba de agua para el sistema de humedad, otra encargada del riego y ventiladores para el control de humedad y temperatura, esto permite obtener mediciones precisas y confiables, mientras que automáticamente se controla el entorno de crecimiento.

Recomendaciones:

Establecer una base de datos general de las ventas de todos los tipos de plantas la cual se pueda actualizar a través del tiempo, y organizar de manera adecuada las diferentes especies o familias de plantas para poder tener un mejor control de ubicación de estas al igual que entablar un estándar que permita el uso de una menor variedad de macetas.

Se recomienda mantener el uso de los sensores dentro del sistema ya que en algún debido caso se pueden agregar a este, otros tipos de familias de plantas las cuales arrojaran otro tipo de necesidades especificas y estos dispositivos ayudaran a determinarlos de forma más acertada.

Se recomienda proporcionar capacitación a los encargados del cuidado de las suculentas sobre el uso efectivo de la Sistema de Control y monitoreo remoto. Esto asegurará que puedan interpretar adecuadamente los datos, realizar ajustes precisos y maximizar los beneficios de la gestión remota. La comprensión profunda de la aplicación facilitará la toma de decisiones informadas para el crecimiento saludable de las suculentas.

Bibliografía

- Camacho, L. (06 de 08 de 2023). *succulentcapital*. Obtenido de succulentcapital: <https://succulentcapital.com/clima-ideal-para-suculentas/>
- Corredera, M. (28 de Octubre de 2021). *Hola.com*. Obtenido de Hola.com: <https://www.hola.com/decoracion/galeria/20211028198594/errores-regar-plantas-mc/1/>
- Ecuador, R. (5 de ENERO de 2024). *riegoecuador.com*. Obtenido de riegoecuador.com: <https://www.riegoecuador.com/index.php/kits/nebulizador-flf--antigoteo--conector>
- Gago, M. (15 de Diciembre de 2017). *Ecologia verde* . Obtenido de Ecologia verde : <https://www.ecologiaverde.com/exceso-o-falta-de-luz-en-las-plantas-897.html>
- Gamarra, J. D. (20 de Junio de 2023). *repositorio.uteq.edu.ec/*. Obtenido de repositorio.uteq.edu.ec/: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/535b6902-379b-4758-baac-19e18c991f5c/content>
- hortoinfo. (- de - de 2022). *hortoinfo*. Obtenido de hortoinfo: <https://hortoinfo.es/category/plagas/>
- Jácome, E. (Enero de 16 de 2022). *EL COMERCIO* . Obtenido de EL COMERCIO : <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/300-viveros-florecieron-nayon-pandemia.html>
- lab, u. (2019). <https://ultra-lab.net/>. Obtenido de <https://ultra-lab.net/>: <https://ultra-lab.net/producto/sparkfun-soil-moisture-sensor-sensor-de-humedad-del-suelo/>
- Lopez, J. C. (7 de Septiembre de 2023). *PROMIX*. Obtenido de PROMIX: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/como-influye-la-humedad-en-la-calidad-de-los-cultivos/>
- MASTERFAN. (9 de Enero de 2015). *beiluminacion.com*. Obtenido de beiluminacion.com: https://www.beiluminacion.com/catalogos/MASTERFAN/MASTERFAN_FICHAS_TECNICAS.pdf
- Ningbo Nuolin mechatronics co., l. (17 de Abril de 2014). *aliexpress.com*. Obtenido de aliexpress.com: <https://es.aliexpress.com/i/4001186107835.html>
- S.A, H. E. (8 de Marzo de 2020). *hydroenv.com.mx*. Obtenido de hydroenv.com.mx: https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=429
- seedstudio. (5 de Febrero de 2020). <https://www.seedstudio.com/>. Obtenido de <https://www.seedstudio.com/>: <https://www.seedstudio.com/blog/2020/04/20/dht11-vs-dht22-am2302-which-temperature-humidity-sensor-should-you-use/>

Toni. (21 de MAYO de 2021). *CLICKOALA*. Obtenido de CLICKOALA:
<https://join.clickoala.com/exito-suculentas/>

wassermann. (14 de Septiembre de 2022). *Amazon*. Obtenido de Amazon :
https://www.amazon.com/dp/B0BF9VYCK8/ref=sspa_dk_detail_1?pd_rd_i=B0BF9VYCK8&pd_rd_w=2MkGx&content-id=amzn1.sym.eb7c1ac5-7c51-4df5-ba34-ca810f1f119a&pf_rd_p=eb7c1ac5-7c51-4df5-ba34-ca810f1f119a&pf_rd_r=M7NR1ZGRKGXWQ6ZFDQM7&pd_rd_wg=PR1bR&pd_rd_r=0cec682d-

Yáñez, S. L. (10 de Abril de 2023). *Libro rojo de las plantas endemica de Ecuador (PUCE)*. Obtenido de Libro rojo de las plantas endemica de Ecuador (PUCE):
<https://bioweb.bio/floraweb/librorojo/patrones/>

Anexos

Anexo 1 Código de Arduino para el sistema de control

```
#include <TimerOne.h>

#include <PC_SIMU.h>

#define SENSOR_HUMEDAD_AMBIENTE 2
#define SENSOR_HUMEDAD_TIERRA 3
#define SENSOR_TEMPERATURA 4
#define BOMBA_AGUA_PIN 5
#define BOMBA_RIEGO_PIN 6
#define VENTILADOR_PIN1 7
#define VENTILADOR_PIN2 8
#define CALEFACTOR_PIN 9

const int umbralHumedadAmbienteAlta = 80;
const int umbralHumedadAmbienteBaja = 30;
const int umbralHumedadTierraBaja = 40;
const int umbralTemperaturaAlta = 42;
const int umbralTemperaturaBaja = 18;

PC_SIMU Arduino;

void setup() {
  pinMode(SENSOR_HUMEDAD_AMBIENTE, INPUT);
  pinMode(SENSOR_HUMEDAD_TIERRA, INPUT);
  pinMode(SENSOR_TEMPERATURA, INPUT);
  pinMode(BOMBA_AGUA_PIN, OUTPUT);
  pinMode(BOMBA_RIEGO_PIN, OUTPUT);
  pinMode(VENTILADOR_PIN1, OUTPUT);
  pinMode(VENTILADOR_PIN2, OUTPUT);
  pinMode(CALEFACTOR_PIN, OUTPUT);
}
```

Anexo 2 Código de Arduino para el sistema de control

```
74 void apagarBombaAgua() {
75   digitalWrite(BOMBA_AGUA_PIN, LOW);
76   delay(300000); // 5 minutos (ajusta según tus necesidades)
77 }
78
79 void encenderBombaRiego() {
80   digitalWrite(BOMBA_RIEGO_PIN, HIGH);
81 }
82
83 void apagarBombaRiego() {
84   digitalWrite(BOMBA_RIEGO_PIN, LOW);
85 }
86
87 void encenderVentiladores() {
88   digitalWrite(VENTILADOR_PIN1, HIGH);
89   digitalWrite(VENTILADOR_PIN2, HIGH);
90 }
91
92 void apagarVentiladores() {
93   digitalWrite(VENTILADOR_PIN1, LOW);
94   digitalWrite(VENTILADOR_PIN2, LOW);
95 }
96
97 void encenderCalefactor() {
98   digitalWrite(CALEFACTOR_PIN, HIGH);
99 }
100
101 void apagarCalefactor() {
102   digitalWrite(CALEFACTOR_PIN, LOW);
103 }
```

Anexo 3 Código de Arduino para el sistema de control

```
33 void loop() {
34   int humedadAmbiente = leerSensor(SENSOR_HUMEDAD_AMBIENTE);
35   int humedadTierra = leerSensor(SENSOR_HUMEDAD_TIERRA);
36   int temperatura = leerSensor(SENSOR_TEMPERATURA);
37
38   if (humedadAmbiente > umbralHumedadAmbienteAlta) {
39     encenderVentiladores();
40   } else if (humedadAmbiente < umbralHumedadAmbienteBaja) {
41     encenderBombaAgua();
42   } else {
43     apagarVentiladores();
44     apagarBombaAgua();
45   }
46
47   if (humedadTierra < umbralHumedadTierraBaja) {
48     encenderBombaRiego();
49   } else {
50     apagarBombaRiego();
51   }
52
53   if (temperatura > umbralTemperaturaAlta) {
54     encenderVentiladores();
55   } else if (temperatura < umbralTemperaturaBaja) {
56     encenderCalefactor();
57   } else {
58     apagarVentiladores();
59     apagarCalefactor();
60   }
61
62   delay(1000); // Ajusta según la frecuencia de lectura deseada
63 }
```

Anexo 4 Medición de echeverias carunculadas



Anexo 5 Echeverias con quemaduras



Anexo 6 Echeverias carunculadas, enumeradas para desarrollar el estudio



Anexo 7 Echeverias decapitadas por estar infectada con hongos



Anexo 8 Echeveria infectada por hongos



Anexo 9 Vivero de las suculentas de quito



Anexo 10 Piedras para el fondo de macetas para tener mejor drenaje



Anexo 21 pdf de abstrac aprobado por el departamento de idiomas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
Faculty of Engineering, Industry and Production
Industrial Engineering

AUTHOR: ARROYO QUIROZ WILLIAM VINICIO
TUTOR: MSc. TOPON VISARREA BLANCA LILIANA

ABSTRACT
REMOTE CONTROL AND MONITORING SYSTEM FOR THE GROWTH OF SUCCULENT PLANTS IN QUITO CITY.

This research work focuses on the development of a Remote Control and Monitoring System in the "Las Succulentas de Quito" nursery aimed at optimizing the growth of its plants. It addressed issues of sales due to diseases and poor development in its specimens. For these reasons, the creation of a system was proposed, based on the use of technologies such as Arduino Uno, ESP8266, and the MIT App Inventor platform, to create a comprehensive solution that allows precise monitoring and control of the succulent's growth environment. The system uses DHT11 sensors to measure temperature and humidity in the environment, as well as a YL69 FC28 soil moisture sensor with an LM393 comparator to monitor soil moisture. These quantitative data are essential for establishing the ideal conditions for succulent growth, determining that the ideal temperature is in the range of 20°C to 42°C, soil moisture should be maintained between 20% and 50%, and ambient humidity should be kept within a range of 20% to 50%. Additionally, the system incorporates an irrigation design that ensures the substrate is watered accurately without directly wetting the plant leaves, preventing water stagnation on the leaves and reducing the risk of burns during spraying. Likewise, nebulizers are implemented to effectively control ambient humidity. It is noteworthy that proper control of the growth environment can accelerate growth and improve the aesthetics of succulents, thereby contributing to their healthy development. The remote monitoring integration and control system allows for efficient management of the growth environment, resulting in faster succulent growth.

KEYWORDS: control, monitoring, succulent plants.

