

CONESCAPANHONDURAS2025paper106.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Document Details

Submission ID

trn:oid:::14348:477742538

Submission Date

Jul 31, 2025, 10:38 PM CST

Download Date

Aug 12, 2025, 3:10 PM CST

File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper106.pdf

File Size

447.5 KB

5 Pages




2,947 Words

16,991 Characters

26% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 21%  Internet sources
- 13%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags




0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 21%  Internet sources
- 13%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Publication	Geovany Mauricio Azucena de León, German Elías Cuchilla Sánchez, Humberto Al...	5%
2	Internet	www.en-t.org	4%
3	Internet	www.coursehero.com	2%
4	Internet	www.clubmitsubishiasx.com	2%
5	Internet	www.agronomia.ues.edu.sv	1%
6	Internet	lonjadeinversion.emprenemjunts.es	1%
7	Internet	masam.cuautitlan.unam.mx	1%
8	Internet	hdl.handle.net	<1%
9	Internet	sedici.unlp.edu.ar	<1%
10	Internet	dspace.ups.edu.ec	<1%
11	Internet	repository.unad.edu.co	<1%

12	Internet	docplayer.es	<1%
13	Internet	repositorio.utn.edu.ec	<1%
14	Internet	repositorio.uta.edu.ec	<1%
15	Internet	www.publicnow.com	<1%
16	Internet	www.un.org	<1%
17	Publication	Talia G. Anderson, Diego Pons, Matthew Taylor, Antonia Xuruc et al. "Complexity ...	<1%
18	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
19	Internet	www.mdpi.com	<1%
20	Internet	prezi.com	<1%
21	Internet	proceedings.laccai.org	<1%
22	Publication	KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "EIA del Proyecto Constanica-IGA0006961", ...	<1%
23	Internet	www.ticbolivia.net	<1%
24	Internet	dk.testseek.com	<1%
25	Internet	inba.info	<1%

26	Internet	ufdcimages.uflib.ufl.edu	<1%
27	Internet	www.frontiersin.org	<1%
28	Internet	www.universidadabierta.edu.mx	<1%

Implementación de un Sistema Automatizado para Cultivo Hidropónico.

2

line 1: 1st Given Name Surname
line 2: dept. name of organization
(of Affiliation)
line 3: name of organization (of
Affiliation)
line 4: City, Country
line 5: email address or ORCID

line 3: name of organization (of
Affiliation)
line 4: City, Country
line 5: email address or ORCID

line 5: email address or ORCID

line 1: 4th Given Name Surname
line 2: dept. name of organization
(of Affiliation)
line 3: name of organization (of
Affiliation)
line 4: City, Country
line 5: email address or ORCID

line 1: 2nd Given Name Surname
line 2: dept. name of organization
(of Affiliation)

line 1: 3rd Given Name Surname
line 2: dept. name of organization
(of Affiliation)
line 3: name of organization (of
Affiliation)
line 4: City, Country

3

Resumen— Este proyecto presenta el diseño e implementación de un sistema automatizado para cultivo hidropónico, que combina tecnologías como PLC, HMI en LabVIEW y sensores para gestionar el riego y suministro de nutrientes de forma eficiente. Se desarrollaron modos de control manual y automático, programados en TIA Portal con base en un modelo GRAFCET. La estructura física, fabricada en metal y acrílico, permite integrar todos los componentes del proceso. Las pruebas demostraron un funcionamiento confiable en distintos escenarios, y se contemplan futuras mejoras con tecnologías IoT y asistentes virtuales.

5

Palabras Claves— Cultivo hidropónico, automatización agrícola, PLC Siemens S7-1200, TIA Portal, LabVIEW, HMI, control automático, control manual, sensores de nivel, agricultura sostenible.

I. INTRODUCCIÓN

16

En El Salvador, y en Latinoamérica, la agricultura ha representado una parte importante de la actividad económica. Según la CEPAL en América Latina y el Caribe la agricultura representa el 8 % del PIB de la región [1]. Las últimas dos décadas la agricultura ha disminuido su participación en la economía debida a una variedad de factores, como la bajada del precio internacional de productos como el café y el crecimiento del sector industrial y de servicios. Esto ha resultado en que para 2021 solo el 5.8 % del PIB nacional se debía a la agricultura. La baja capacidad agrícola resulta en la necesidad de importar productos alimenticios, ya que la oferta nacional se ve superada por la demanda de tales productos [2]. Dicho fenómeno afecta la dinámica de socioeconómica del país ya que lo vuelve dependiente de los actores internacionales, por lo que es de mucha importancia potenciar el sector agrícola nacional.

28

3

Algunos retos a los que se enfrenta el sector agrícola, además de los fenómenos socioeconómicos nacionales e internacionales, son los eventos meteorológicos,

principalmente en las décadas pasadas. Estos afectan directamente la disponibilidad de recursos como el agua.

Según estimaciones del MARN en el 2022 el sector agropecuario representa aproximadamente un 53 % de la demanda hídrica nacional, frente al 28.97 % destinada para el consumo humano [3]. La crítica relación entre el agua y la agricultura provoca que métodos como la recolección de agua lluvia tomen relevancia, aunque su potencial sigue siendo desconocido y poco reconocido en la región centroamericana [4].

La combinación de estos métodos con las tecnologías de información y comunicación (ICT) pueden ser una alternativa clave para combatir la degradación del sector agrícola. Esta ha tenido un impacto significativo en la economía, especialmente en la agricultura. El progresivo aumento de la conectividad en todo el territorio salvadoreño beneficia esta actividad, aunque la falta de alfabetización digital, capacitación y apoyo técnico limitan los beneficios de estas herramientas [5].

El conjunto de técnicas como la recolección de agua lluvia y la integración de las ICT dan paso a implementar métodos de cultivos alternativos, de manera que se puedan tener una producción fiable. Entre los cultivos alternativos se encuentra la hidroponía, la cual permite producir plantas en el agua (con ciertos nutrientes), sin la necesidad de utilizar en el suelo [6].

La hidroponía definida como la técnica de cultivo de las plantas sin utilizar el suelo, usando un medio inerte, al cual se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales vitales por la planta para su normal desarrollo [7].

Por lo que surge la necesidad de adoptar soluciones innovadoras que respondan de forma sostenible a los desafíos del sector agrícola.

Es aquí donde proyectos que integran tecnologías como la hidroponía y la agricultura vertical con sistemas de control automático son relevantes en nuestro entorno. Estas soluciones permiten una gestión más eficiente de los recursos, como el agua y los nutrientes y posible monitorización y regulación en tiempo real las condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos. En este contexto, se diseñará e implementará un sistema automatizado para cultivos hidropónicos, que aprovecha las Tecnologías de Información y Comunicación (ICT) y principios de control automático. Se introduce el control automático como una herramienta técnica esencial para garantizar la eficiencia, estabilidad y autonomía de estos sistemas.

II. MARCO TEÓRICO

En el contexto de sistemas agrícolas modernos, el control automático juega un papel esencial para garantizar condiciones óptimas y constantes en los cultivos porque permite supervisar y ajustar estos parámetros de forma continua y precisa.

A. Control automático de procesos:

El control automático de procesos o automatización industrial significa convertir las tareas que se realizaban manualmente en procesos ejecutados por máquinas con distintos grados de autonomía en función del tipo de tarea, aportando así distintas soluciones industriales [8].

Tradicionalmente, los procesos agrícolas como el riego o la aplicación de nutrientes se han llevado a cabo mediante control manual, es decir, con la intervención directa de un operario que decide cuándo y cómo actuar sobre el sistema. Aunque este proceso puede ser funcional, este puede verse afectado por errores humanos, tiempos de respuesta tardíos o falta de precisión. Con el desarrollo de la automatización, ha sido posible implementar sistemas de control automático

Control Manual: Es el tipo de control más simple, en el cual el operador debe encender y apagar el sistema para que funcione, casi siempre es un interruptor en serie con el sistema, es decir, el operador debe estar siempre atento al correcto funcionamiento de la máquina [9].

En el sistema se utilizarán entradas digitales manuales que permiten al operario activar los procesos directamente desde la parte física del panel de control. Estas representan señales que el PLC interpreta para encender determinados actuadores, como bombas o válvulas.

Control Automático: Este tipo de control cuenta con los elementos del sistema semiautomático y algunos más, en este tipo de sistemas una vez iniciado su funcionamiento, el operador ya no debe hacerse cargo de nada para que el sistema continúe operando [9].

Este gestiona el flujo de agua y nutrientes según las condiciones detectadas por los sensores y la disponibilidad de las fuentes de agua. El sistema puede operar con agua de lluvia, si las condiciones lo permiten, o bien con agua de red cuando no hay suficiente captación pluvial. En ambos casos, se garantiza que el líquido pase por un proceso de mezcla con nutrientes antes de ser enviado a la torre de cultivo.

III. METODOLOGÍA

A. Descripción del sistema:

El sistema cuenta con los siguientes tipos de control cuyo funcionamiento se describe como:

Modo de control manual: el usuario tiene la capacidad de activar directamente los procesos del sistema, ya sea desde el panel físico o desde la interfaz virtual. Está compuesto por:

- Entradas manuales físicas: están conformadas por tres pulsadores conectados directamente al PLC, ubicados en el panel de control local. Estas entradas permiten al operario activar procesos como el encendido de bombas o la apertura de válvulas de manera directa desde el sitio.
- Entradas manuales virtuales: están conformadas por dos botones gráficos integrados en la interfaz HMI desarrollada en LabVIEW, accesible desde una computadora o dispositivo conectado al sistema. Estas entradas permiten al usuario activar manualmente los mismos procesos que los pulsadores físicos, como el encendido de bombas o la apertura de válvulas, pero desde un entorno gráfico.

Modo de control automático: el sistema responde de forma autónoma a las condiciones detectadas por los sensores, gestionando el flujo de agua y el suministro de nutrientes sin necesidad de intervención manual. Para ello, se han definido tres escenarios principales de funcionamiento, los cuales se describen a continuación:

- Caso 1: Uso de Agua de Lluvia.

Condición principal: Se detecta la presencia de lluvia y el sensor S1 indica que el nivel de agua está alto.

Acciones del sistema: Se activa una electroválvula que permite redirigir el agua de lluvia hacia el tanque de acopio. El agua captada fluye desde el acopio hacia la cisterna de almacenamiento. Se envía al mezclador, donde se incorporan los nutrientes necesarios. Finalmente, la solución nutritiva es bombeada hacia la torre de cultivo.

- Caso 2: Acopio Vacío, Uso de Agua de Red.

Condición principal: El tanque de acopio está vacío, por lo que se recurre al uso de agua de la red municipal.

Subcasos y acciones: Subcaso 2.1: Llenado de Cisterna. Se habilita el paso de agua desde la red para llenar la cisterna. Subcaso 2.2: Proceso de mezcla en paralelo. Al mismo tiempo,

se realiza el mezclado de agua con nutrientes para garantizar que el proceso de riego no se interrumpa.

- Caso 3: Cisterna Llena por Agua de Red.

Condición principal: La cisterna ya está llena gracias al suministro desde la red municipal.

Acciones del sistema: Se activa directamente el proceso de mezclado con nutrientes. La solución preparada es bombeada hacia la torre de cultivo.

Las entradas adicionales que se han considerado en la fabricación del mecanismo son las siguientes:

- Sensor de nivel de líquido: Los sensores de nivel de líquido han sido incorporados en cada uno de los recipientes, con el fin de detener automáticamente el sistema cuando se detecte una cantidad insuficiente de líquido.

B. Programación y simulación del sistema:

Se realiza el diseño del GRAFCET, que funciona como punto de partida para idear toda la lógica de programación.

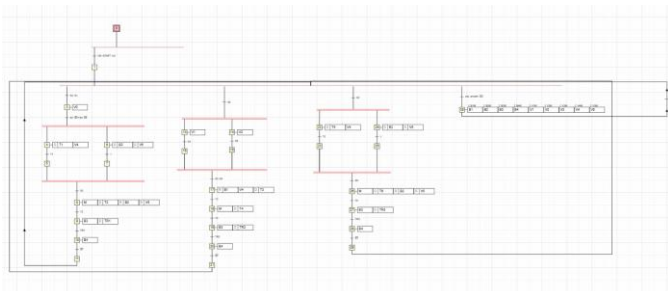


Figura 3.1. Grafcet realizado en JSON

El diseño del programa se realizó utilizando TIA Portal, con el fin de programar el PLC Siemens S7-1200. El enfoque por segmentos facilitó considerablemente el desarrollo del sistema, ya que permitió una visualización del programa de forma ordenada y estructurada. En total, se implementaron 42 segmentos de programación basados en el modelo de Grafcet previamente elaborado, contemplando etapas iniciales, etapas de espera, acciones condicionadas, entre otras, lo que permitió un control secuencial y eficiente del proceso automatizado.

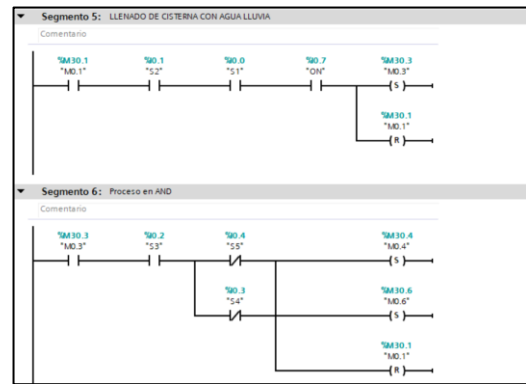


Figura 3.2. Segmento de programación en TIA PORTAL.

Para la supervisión y control del sistema, se utilizó una Interfaz Hombre-Máquina HMI que conecta el PLC Siemens S7-1200 con un OPC Server, permitiendo la comunicación en tiempo real entre el controlador y otros dispositivos. Posteriormente, esta información fue integrada en LabVIEW, donde se desarrolló la interfaz gráfica para el usuario.



Figura 3.3. Interfaz HMI.

C. Diseño físico del sistema:

Botonera de control: Montada junto al PLC Siemens S7-1200 y contiene los botones físicos que permiten activar directamente las salidas del sistema, como bombas y electroválvulas, funcionando bajo el modo de control manual, cuenta con botones específicos para encender y apagar el sistema (On/Off), así como para la energización general del PLC y los dispositivos conectados. Además, incluye controles dedicados para la activación o desactivación del modo automático, permitiendo al operador seleccionar fácilmente si desea que el sistema funcione en modo manual o automático.

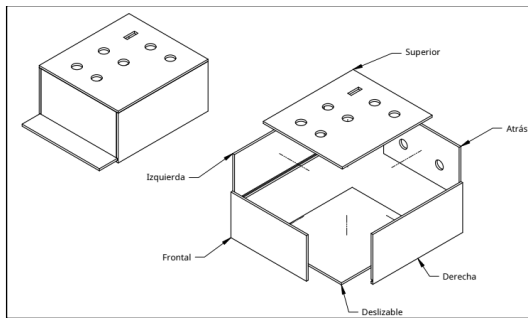


Figura 4.4. Plano de la Botonera.

Estructura física del proceso hidropónico: Incluye los tanques de acopio, cisterna y mezclado, así como las bombas hidráulicas y electroválvulas que regulan el flujo del agua y la solución nutritiva. Todos estos elementos están organizados de manera funcional para representar el flujo real del proceso, desde la captación del agua hasta su distribución hacia la torre de cultivo, integrándose con la lógica de control automatizada y manual programado en el sistema.

Figura 4.5. Estructura Final modelada en CAD.

D. Construcción del sistema:

Se realiza la construcción física de la estructura del sistema. Se opta por utilizar una estructura metálica debido a su mayor resistencia y durabilidad, especialmente para sostener los tubos de acrílico que cumplen la función de cisterna y torre de cultivo. Lo primero fue realizar la medición y corte de las piezas metálicas necesarias para formar el armazón. Una vez listas todas las partes, se monta la estructura ensamblando las uniones que aportan rigidez y soporte a los tubos de acrílico. Finalmente, se aplica una capa de pintura anticorrosiva, con el doble propósito de brindar un acabado estético atractivo y proteger el metal contra la humedad y posibles salpicaduras.



Figura 4.6. Montaje de la estructura

Con la estructura metálica terminada, se instalaron los tubos de acrílico y se realizaron las conexiones hidráulicas y eléctricas necesarias para asegurar el correcto funcionamiento del sistema hidropónico.



Figura 4.7. Estructura Finalizada.

IV. APLICABILIDAD

Se podría considerar el desarrollo de este sistema automatizado para cultivo hidropónico es su potencial escalabilidad y adaptabilidad futura. Con el avance acelerado de las IoT y la IA, realiza la oportunidad de poder integrar herramientas de monitoreo remoto más sofisticadas y algoritmos inteligentes que optimicen el riego y la nutrición de las plantas de manera autónoma. Es decir, el sistema podría conectarse a asistentes virtuales como Alexa, Google Assistant o Siri, permitiendo que los usuarios supervisen y controlen el cultivo mediante comandos de voz, facilitando su operación y accesibilidad.

Además de esto, se podría incorporar sensores avanzados y aprendizaje automático permitiría que el sistema detecte condiciones ambientales cambiantes y ajuste automáticamente parámetros como la cantidad de agua, la mezcla de nutrientes o la iluminación.

Otra posible mejora sería diseñar una versión del sistema especialmente enfocada en la accesibilidad, por ejemplo, para personas con discapacidades visuales, mediante interfaces auditivas y controles por voz que permitan manejar el cultivo sin necesidad de interacción visual directa.

V. RESULTADOS

Luego de completar la construcción física y el cableado del sistema, se realizaron pruebas funcionales para verificar el correcto desempeño del programa según lo establecido en el diseño. Tanto el control manual como el modo automático operaron de forma adecuada; los botones físicos permitieron activar las salidas asignadas, como bombas y electroválvulas, y se comprobó el funcionamiento del botón de encendido y apagado general, así como el de activación y desactivación del modo automático, logrando controlar completamente el sistema según fuera necesario.

En cuanto a la interfaz HMI desarrollada en LabVIEW, se verificó que las entradas virtuales permitieran controlar los mismos procesos que los botones físicos, funcionando como una alternativa eficiente para el manejo remoto. Además, se evaluó el comportamiento del sistema ante distintas condiciones hidráulicas simuladas. En todos los casos definidos

para el control automático (uso de agua de lluvia, red con cisterna vacía, y cisterna llena), se observaron las respuestas programadas del PLC, con activación precisa de las electroválvulas y bombas según la lógica establecida.

La etapa de lectura de sensores también funcionó sin errores. Se validó la detección de niveles mediante los sensores instalados en los diferentes recipientes, y se comprobó que, ante un nivel insuficiente, el sistema detiene automáticamente los procesos e impide nuevas acciones hasta que el estado se normalice.

VI. CONCLUSIONES

- El sistema desarrollado automatiza de manera eficiente el control del flujo de agua y nutrientes, respondiendo correctamente a las condiciones definidas por los sensores y ejecutando las acciones, lo cual representa una solución viable y funcional para cultivos hidropónicos de pequeña escala.
- La incorporación de una botonera física junto con una interfaz HMI en LabVIEW permitió un control versátil del sistema, ofreciendo al usuario opciones tanto locales como remotas para operar el proceso facilitando tareas de mantenimiento, pruebas o supervisión continua.
- La estructura metálica, junto con los tubos de acrílico que conforman la cisterna y la torre de cultivo, proporcionó un montaje sólido y funcional, permitiendo visualizar y distribuir el sistema de forma ordenada y accesible para futuras ampliaciones o mantenimiento.

REFERENCIAS

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Un camino digital para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe (LC/CMSI.8/3), Santiago, 2022. Accedido el 10 de julio de 2025. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a978ff0a-06bf-42ad-84d4-388c8ccecf4/content>
- Ficha sectores: Sectores agroalimentario y pesquero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)- Gobierno de España. Accedido el 10 de julio de 2025. [En línea]. Disponible: https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/ministerio/mapa-en-el-exterior/costa-rica-y-caribe/el-salvador/fichasectores_sv.pdf
- Informe de investigación: Acceso al agua de calidad. I Ed. San Salvador, El Salvador. Publicaciones Académicas UCA. Accedido el 10 de julio de 2025. [En línea]. Disponible: <https://apicrai.uca.edu.sv:8080/riuca/api/core/bitstreams/aflfd9a6-021e-4500-bbda-625d7a8a6cb4/content>
- “FAO: La agricultura demanda un 50.5% de agua para la producción de alimentos.” Karla Alfaro. La Prensa Gráfica. Accedido el 10 de julio de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.laprensagrafica.com/economia/FAO-La-agricultura-demanda-un-50.5-de-agua-para-la-produccion-de-alimentos-20240327-0062.html>
- Lara-Ascencio, F. “La agricultura salvadoreña y el nuevo paradigma: la revolución de la agricultura digital”. AGROCIENCIA. Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Accedido el 10 de julio de 2025. [En

línea]. Disponible:

<https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia/index.php/agrociencia/article/view/189/213>

- Carla Valerio Gottig y Fabricio Pérez Buttori. “Sistema de automatización y control de cultivos hidropónicos”. Facultad Regional Paraná. Julio 2021. Accedido el 10 de julio de 2025. [En línea]. Disponible:

<https://ria.utn.edu.ar/server/api/core/bitstreams/c3d411e9-2cb2-4e5c-ad5f-88b6700103ba/content>

- Omar Rojas Cardona, Jessica Zulaydi Vaca Lozano y Yeison Adalbert Vaca Lozano. “Diseño e implementación de un sistema automatizado para invernadero hidropónico”. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Colombia. Accedido el 10 de julio de 2025. [En línea]. Disponible:

<https://repositorio.unad.edu.co/handle/10596/13093>

- John Liriano y Steeven Rodríguez. “Automatización de un sistema de riego hidropónico en una granja vertical mediante comunicación IOT”. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. Accedido el 10 de julio de 2025. [En línea]. Disponible:

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24016>

- Marcelo Marinelli, Graciela Lombardo, Kuna Horacio, Guillermo Wurn, Ruben Urquijo, Veronica Gonzalez. “Implementación de sistemas de control automático para cultivos hidropónicos en invernaderos de la provincia de Misiones”. Universidad Nacional de Misiones. Accedido el 10 de julio de 2025. [En línea]. Disponible: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67063>