REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

Automatización de un proceso hidropónico basado en el control de la conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, nivel de líquido de la solución nutritiva y el monitoreo de la temperatura

Autor:

Quicaño Paredes, Jean Carlo

ORCID: 0009-0000-3910-9378

para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico

Asesor (a):

Dr. Collado Oporto, Christiam Guillermo

ORCID: 0000-0002-0529-738X

Arequipa - Perú

2025

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 03 de Abril del 2025

Dictamen: 014186-C-EPIMMEM-2025

Visto el borrador del expediente 014186, presentado por:

2012246581 - QUICAÑO PAREDES JEAN CARLO

Titulado:

AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDRÓGENO, NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA Y EL MONITOREO DE LA TEMPERATURA

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO MECATRÓNICO

29592341 - MESTAS RAMOS SERGIO ORLANDO
DICTAMINADOR

40302702 - QUISPE CCACHUCO MARCELO JAIME
DICTAMINADOR

46292714 - SILES NATES FERNANDO DAVID
DICTAMINADOR

Automatización de un proceso hidropónico basado en el control de la conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, nivel de líquido de la solución nutritiva y el monitoreo de la temperatura

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	17%	3%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1%

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

Registro una dedicatoria el haber conocido a mi esposa Katherine en esta etapa de mi vida, siempre dispuesta a mostrarme su apoyo, atravesando el presente y encaminados a un mejor futuro. Ahora entiendo la prosperidad integral, es el producto de tener cuidado y dedicación de cada área en nuestras vidas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTOS

Doy la gloria a Dios por todos los recursos que puedo darme para desarrollarme en el área académica. El inmenso apoyo de mis padres, los cuales me dieron las herramientas necesarias para desarrollarme en este mundo. Y a mi hermano quien me mostro en su perspectiva lo importante que es dar un ejemplo.

Destacó el haber conocido a dos hermanos universitarios, con quienes tomamos la decisión de no tomar atajos frente a los retos académicos y seguir el camino correcto, que nos llevó a ser unos profesionales intachables y una amistad eterna.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema automatizado para el control de parámetros críticos en un sistema hidropónico tipo NFT, específicamente: conductividad eléctrica (CE), potencial de hidrógeno (pH), nivel de líquido y temperatura de la solución nutritiva. Estas variables son determinantes para la disponibilidad de nutrientes, el crecimiento saludable de las plantas y la productividad del sistema. La metodología incluyó el diseño conceptual y físico del sistema, la selección e instalación de sensores, la programación del algoritmo de control y la puesta en marcha del tablero de automatización. El sistema se construyó utilizando sensores de alta precisión, actuadores y un mini PLC Logo 8, programado para realizar ajustes en tiempo real. Durante las pruebas, el sistema demostró un comportamiento estable y eficiente. Se logró mantener el pH dentro del rango ideal de 5.6–6.0 gracias a la dosificación automática de solución ácida. La CE se sostuvo entre 1.5 y 2.0 mS/cm, adaptándose al consumo del cultivo, el cual aumentó de 78 litros el primer día a 100 litros al séptimo día. La precisión promedio de lectura del pH fue del 96%, y el margen de error en la medición de CE fue inferior al 5%. El almacenamiento de datos permitió monitorear el comportamiento de las variables y ajustar el sistema automáticamente según las condiciones del entorno. Los resultados confirman que la automatización mejora la eficiencia del riego, optimiza el uso de insumos y garantiza condiciones constantes de cultivo. La solución es técnicamente viable, replicable y económica, contribuyendo al desarrollo de una agricultura sostenible, precisa y adaptable.

Palabras clave: Automatización de proceso, control de variables, monitoreo de parámetro.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The objective of this research is to design and implement an automated system for the control of critical parameters in an NFT hydroponic system, specifically: electrical conductivity (EC), hydrogen potential (pH), liquid level and temperature of the nutrient solution. These variables are determinant for nutrient availability, healthy plant growth and system productivity. The methodology included the conceptual and physical design of the system, the selection and installation of sensors, the programming of the control algorithm and the commissioning of the automation board. The system was built using high-precision sensors, actuators and a Logo 8 mini-PLC, programmed to make real-time adjustments. During testing, the system demonstrated stable and efficient behavior. The pH was maintained within the ideal range of 5.6-6.0 thanks to the automatic dosing of acid solution. The EC was maintained between 1.5 and 2.0 mS/cm, adapting to the crop consumption, which increased from 78 liters on the first day to 100 liters on the seventh day. The average pH reading accuracy was 96%, and the margin of error in the EC measurement was less than 5%. Data storage made it possible to monitor the behavior of the variables and adjust the system automatically according to environmental conditions. The results confirm that automation improves irrigation efficiency, optimizes the use of inputs and ensures constant crop conditions. The solution is technically feasible, replicable and economical, contributing to the development of sustainable, precise and adaptable agriculture.

Keywords: Process automation, variable control, parameter monitoring.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE

DEDICATORIA iii
AGRADECIMIENTOS iv
RESUMEN v
ABSTRACT vi
ÍNDICE DE TABLAS 8
ÍNDICE DE FIGURAS 10
GLOSARIO/ ABREVIATURAS 14
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO 3
1.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA 3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 4
1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 5
1.3.1. Antecedentes Internacionales 5
1.3.2. Antecedentes Nacionales 6
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 8
1.4.1. Justificación Técnica 8
1.4.2. Justificación Económica 8
1.4.3. Justificación Social 9
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 9
1.5.1. Objetivo General 9
1.5.2. Objetivos Específicos 9
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 10
1.6.1. Limitación Técnica 10
1.6.2. Limitación del Proceso Hidropónico 10
1.7. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN 11
1.8. ÁREA DE CONOCIMIENTO 11
1.9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 11
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO 13

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1. BASES TEÓRICAS EN HIDROPONÍA 13
2.1.1. Definición de Cultivo Hidropónico 13
2.1.2. Ventajas y Desventajas del Cultivo Hidropónico 13
2.1.3. Componentes de los Sistemas Hidropónicos 14
2.1.4. Sistemas Hidropónicos 14
2.1.5. Descripción del Sistemas NFT 15
2.1.6. Componentes del Sistema NFT 16
2.1.7. Variables que Afectan la Solución Nutritiva 18
2.1.8. Método de Control Tradicional de la Solución Nutritiva 23
2.2. BASES TEÓRICAS EN AUTOMATIZACIÓN 24
2.2.1. Definición de Sistemas Automatizados 24
2.2.2. Objetivo y Componentes Básicos de los Automatismos 25
2.2.3. Tipos de Automatización 25
2.2.4. Ventajas y Desventajas de la Automatización 26
2.2.5. Sistema de Control 27
2.2.6. Tipos de Sistemas de Control 28
2.2.7. Variables de Interferencia en el Sistema de Control 30
2.2.8. Modo de Operación de Controladores Automáticos Industriales 30
2.2.9. Elementos de un Sistema de Control Industrial 32
2.2.10. Sensores 33
2.2.11. Actuadores 36
2.2.12. Controlador 38
2.2.13. Características de los Autómatas Programables 39
2.2.14. Software 43
CAPÍTULO III DISEÑO METODOLÓGICO 47
3.1. Metodología de Investigación 47
3.2. Tipo de Investigación 47

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3. Diseño de Investigación 47
3.4. Técnicas e Instrumentos 48
3.4.1. Técnicas 48
3.4.2. Instrumentos 49
3.5. Campo de Verificación 49
3.5.1. Ubicación Temporal 49
3.5.2. Ubicación espacial 50
3.5.3. Unidades de Estudio 50
CAPÍTULO IV DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL 51
4.1. INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA 51
4.2. REQUERIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL 51
4.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL 52
4.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL 53
4.5. VARIABLES DEL SISTEMA DE CONTROL 54
4.5.1. Variables a Controlar 54
4.5.2. Variables a Monitorear 54
4.6. PROPUESTA DE DIAGRAMA P&ID 55
4.7. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL 56
4.7.1. Descripción de los Sensores 56
4.7.2. Descripción de los Actuadores 58
4.7.3. Descripción del Controlador 60
4.7.4. Descripción del Subsistema de Respuesta 62
4.8. PROPUESTA DE ADQUISICIÓN 62
4.8.1. Descripción de las Propuestas 67
4.9. DISEÑO EN LOS SENSORES 69
4.9.1. Adquisición del Nivel de Líquido 69
4.9.2. Adquisición del Potencial de Hidrógeno 70

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.9.3. Adquisición de la Conductividad Eléctrica 73
4.9.4. Adquisición de la Temperatura 75
4.10. DISEÑO EN LOS ACTUADORES 75
4.10.1. Capacidad del Tanque 75
4.10.2. Dimensionamiento de las Electroválvulas 76
4.10.3. Dimensionamiento de las Mini Bombas Sumergibles 79
4.10.4. Relación de Cambio de las Variables de pH y CE 81
4.10.5. Verificación del Caudal de Salida las Mini Bomba Sumergibles 82
4.10.6. Cálculo del Tiempo de Encendido de la Bomba Sumergibles 84
4.10.7. Dimensionamiento de los Contenedores 90
4.11. DISEÑO EN EL CONTROLADOR 93
4.11.1. Controlador del Sistema 93
4.11.2. Distribución de Entradas y Salidas del PLC 94
4.11.3. Conexión del PLC 95
4.11.4. Análisis del Software 96
4.11.5. Estructura del Diagrama de Flujo 97
4.12. DISEÑO EN EL SOFTWARE 98
4.12.1. Descripción del Software 98
4.12.2. Desarrollo del Software 99
4.12.3. Configuración del Display del PLC 127
4.13. DISEÑO EN EL TABLERO DE CONTROL 130
4.13.1. Descripción Estructural del Tablero de Control 130
4.13.2. Documentos Previos 131
4.13.3. Hoja de Resumen 133
4.13.4. Diagrama Eléctrico 135
4.13.5. Tablero Eléctrico 139
CAPÍTULO V IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL 142

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1. FABRICACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE CONTROL 142
5.1.1. Proceso 1, Placa de Montaje 142
5.1.2. Proceso 2, Placa de Montaje 143
5.1.3. Proceso 3, Placa de Montaje 144
5.1.4. Proceso 4, Puerta del Tablero Eléctrico 145
5.1.5. Proceso 5, Puerta del Tablero Eléctrico 145
5.1.6. Proceso 6, Placa de Montaje y Puerta del Tablero de Control 146
5.1.7. Proceso 7, Término del Montaje del Tablero de Control 147
5.2. MONTAJE DE LOS SENSORES 149
5.2.1. Proceso 8, Montaje del Sensor 1 149
5.2.2. Proceso 9, Montaje del Sensor 2 149
5.2.3. Proceso 10, Montaje del Sensor 3 150
5.2.4. Proceso 11, Montaje del Sensor 4 151
5.3. MONTAJE DE LOS ACTUADORES 152
5.3.1. Proceso 12, Montaje de Actuador 1 152
5.3.2. Proceso 13, Montaje de Actuadores 2 152
5.4. CARGA Y EJECUCIÓN DEL SOFTWARE 156
5.4.1. Proceso 14, Implementación del Algoritmo 156
5.5. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE CONTROL 157
5.5.1. Acciones previas antes del accionamiento 157
5.5.2. Acciones durante el accionamiento 157
5.5.3. Acciones de mantenimiento preventivo del sistema de control 158
CAPÍTULO VI RESULTADOS Y ANÁLISIS 159
6.1. RESULTADOS DE LA PARTE FÍSICA 159
6.2. RESULTADOS DE LA INTERFAZ DE USUARIO 160
6.3. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES 163
6.3.1. Análisis de la Variable de Nivel de Líquido 163

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.2. Análisis de la Variable de Conductividad Eléctrica 167
6.3.3. Análisis de la Variable de Potencial de Hidrógeno 169
CAPÍTULO VII COSTOS 172
7.1. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO 172
7.1.1. Costos de Implementación del Controlador 172
7.1.2. Costos de Implementación de los Sensores 174
7.1.3. Costos de Implementación de los Actuadores 175
7.1.4. Costos de Implementación del Software 176
7.1.5. Costo Total del Sistema de Control 177
CONCLUSIONES 178
RECOMENDACIONES 180
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 181
ANEXOS 185
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA 185
ANEXO 2: ALGORITMO DE CONTROL 187
ANEXO 3: PLANOS DEL TABLERO DE CONTROL 197
ANEXO 4: DATASHEET DEL SENSOR DE NIVEL TIPO INTERRUPTOR FLOTADOR 210
ANEXO 5: DATASHEET DE LA SONDA DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO 211
ANEXO 6: DATASHEET DEL TRANSDUCTOR DE LA SONDA DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y SENSOR DE TEMPERATURA 217
ANEXO 7: DATASHEET DE LA SONDA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 220
ANEXO 8: DATASHEET DEL TRANSDUCTOR DE LA SONDA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 223
ANEXO 9: DATASHEET DE LA ELECTROVÁLVULA 225
ANEXO 10: DATASHEET DE LA MINI BOMBA SUMERGIBLE 226
ANEXO 11: DATASHEET DEL PLC LOGO 229
ANEXO 12: DATASHEET DE PORTA FUSIBLE 231
ANEXO 13: DATASHEET DE PILOTO LUMINOSO 234

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 14: DATASHEET DE TERMOMAGNETICO 238
ANEXO 15: DATASHEET DE PULSADOR VERDE.....241
ANEXO 16: DATASHEET DE PULSADOR ROJO 244
ANEXO 17: DATASHEET DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....247
ANEXO 18: DATASHEET DE TABLERO ELECTRICO.....251
ANEXO 19: DATASHEET DE CANALETA RANURADA 254
ANEXO 20: DATASHEET DE CARRIL DIN RANURADO.....255
ANEXO 21: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DEL MODULO 258
APÉNDICE 265

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables del Proceso de Control 12
Tabla 2 Ventajas del Cultivo Hidropónico sus Aspectos 13
Tabla 3 Clasificación, Características y Tipos de los Sistemas Hidropónicos 15
Tabla 4 Características Relevantes del Sistema NFT 16
Tabla 5 Raíz y las Condiciones Óptimas de Funcionamiento 16
Tabla 6 Cálculo de la Capacidad del Estanque Según la Especie Cultivada 17
Tabla 7 Tolerancia a la CE de Algunos Cultivos 21
Tabla 8 Relación entre Temperatura del Agua y el Oxígeno Disuelto 22
Tabla 9 Control del Sistema NFT Comúnmente Usado 23
Tabla 10 Clasificación del Nivel de Automatización 24
Tabla 11 Algunos Tópicos Metodológicos 25
Tabla 12 Componentes de un Automatismo 25
Tabla 13 Descripción de los Tipos de Automatización 26
Tabla 14 Descripción de las Ventajas de la Automatización 26
Tabla 15 Descripción las Desventajas de Automatización 27
Tabla 16 Descripción de los Elementos del Sistema de Control 33
Tabla 17 Principales Características de un Sensor 34
Tabla 18 Características de un Módulo Lógico Universal Siemens 38
Tabla 19 Componente de la Estructura de un Autómata Programable 41
Tabla 20 Ventajas del uso de Autómatas Programables 41
Tabla 21 Desventajas del Uso de Autómatas Programables 42
Tabla 22 Ventajas del Uso de Autómatas Programables 43
Tabla 23 Algunas Funciones del Software 43
Tabla 24 Secuencia para Conmutar LOGO al Modo PLC-LOGO 45
Tabla 25 Secuencia para Conmutar LOGO Automáticamente al Modo PLC-LOGO 46
Tabla 26 Nomenclatura y Descripción del Diagrama P&ID 56
Tabla 27 Lista de Componentes del Subsistema de Captadores 58
Tabla 28 Lista de Componentes del Subsistema de Actuadores 60
Tabla 29 Lista de Componentes del Subsistema de Control 61
Tabla 30 Cuadro Morfológico de la Propuesta de Adquisición 62
Tabla 31 Propuesta de Implementación - Valoración Técnica 68
Tabla 32 Propuesta de Implementación - Valoración Económica 68

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 33 Características del Sensor de Nivel 70
Tabla 34 Características de la Sonda de Potencial de Hidrógeno 71
Tabla 35 Características del Transductor para la Sonda de Potencial de Hidrógeno 72
Tabla 36 Características de la Sonda de Conductividad Eléctrica 73
Tabla 37 Características del Transductor para la Sonda de Conductividad Eléctrica 74
Tabla 38 Característica del Bidón 76
Tabla 39 Característica de la Electroválvula Modelo FCD -180B 78
Tabla 40 Característica de la Mini Bomba Sumergible Modelo G4 80
Tabla 41 Característica de la Mini Bomba Sumergible Modelo G4 93
Tabla 42 Designación de Entradas y Salidas del PLC LOGO 12/24 RC 94
Tabla 43 Identificación de Componentes 95
Tabla 44 Proceso del Sistema a Automatizar 96
Tabla 45 Secuencia de Composición del Proceso 98
Tabla 46 Configuración de Pantallas 127
Tabla 47 Resumen de Identificación de Estructuras 133
Tabla 48 Índice de Páginas 133
Tabla 49 Lista de Artículos 134
Tabla 50 Ejemplo del Índice de Conexiones 135
Tabla 51 Tensión de alimentación 136
Tabla 52 Restablecimiento de Agua para Cada Ciclo de Recirculación en Litros 165
Tabla 53 Porcentaje de Restablecimiento de Agua para Cada Ciclo de Recirculación 166
Tabla 54 Restablecimiento de SNM para Cada Ciclo de Recirculación en Mililitros 169
Tabla 55 Restablecimiento de SA para Cada Ciclo de Recirculación en Mililitros 171
Tabla 56 Costos de la Implementación del Controlador 172
Tabla 57 Costos de la Implementación de los Sensores 174
Tabla 58 Costos de la Implementación de los Actuadores 175
Tabla 59 Costos de la Implementación del software 176
Tabla 60 Costos Total de la Implementación del Sistema de Control 177

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes de los sistemas hidropónicos 14
Figura 2 Esquema simplificado ilustrativo de un sistema NFT 15
Figura 3 Modificación del pH de la solución nutritiva por mecanismo fisiológicos 19
Figura 4 Disponibilidad de los nutrientes en relación con la clasificación del pH 20
Figura 5 Componentes simplificados de un sistema de control 27
Figura 6 Sistema de control a lazo abierto 28
Figura 7 Sistema de control a lazo cerrado 29
Figura 8 Acción controlador de dos posiciones 31
Figura 9 Diagrama de bloque de un control con salto diferencial 32
Figura 10 Ejemplo de un control con salto diferencial en el tiempo 32
Figura 11 Diagrama de bloque de un sistema de control 33
Figura 12 Ejemplo de un sensor de potencial de hidrógeno 35
Figura 13 Ejemplo de un sensor de conductividad eléctrica 35
Figura 14 Ejemplo de un sensor de nivel 36
Figura 15 Ejemplo de un actuador electro válvula 37
Figura 16 Ejemplo de un actuador bomba peristáltica 38
Figura 17 Ejemplo de nano PLC LOGO 8 y módulos de ampliación 39
Figura 18 Funcionamiento de un autómata programable 40
Figura 19 Estructura básica de un autómata programable 40
Figura 20 Interfaz Logo Soft Comfort V8.3 45
Figura 21 Diagrama general del sistema de control 53
Figura 22 Diagrama P&ID del proceso a automatizar 55
Figura 23 Diagrama general del subsistema de captadores 57
Figura 24 Diagrama simplificado para el montaje del sensor de CE 57
Figura 25 Diagrama simplificado para el montaje del sensor de pH 58
Figura 26 Diagrama general del subsistema de actuadores 59
Figura 27 Diagrama simplificado del montaje del actuador para las soluciones 59
Figura 28 Diagrama simplificado del montaje del actuador para el control de líquido 59
Figura 29 Diagrama general del subsistema de control 60
Figura 30 Propuesta de diagrama de alimentación del tablero de control 61
Figura 31 Diagrama general del subsistema de control 62
Figura 32 Matiz de selección 69

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 33 Sensor de nivel tipo interruptor flotador 69
Figura 34 Sensor tipo sonda de potencial de hidrógeno 71
Figura 35 Transductor para la sonda de potencial de hidrógeno 72
Figura 36 Sensor tipo sonda de conductividad eléctrica 73
Figura 37 Transductor para la sonda de conductividad eléctrica 74
Figura 38 Bidón redondo con tapa y suncho 75
Figura 39 Electroválvula modelo FCD -180B 77
Figura 40 Mini bomba sumergible modelo G4 80
Figura 41 Algoritmo para el encendido en un tiempo preestablecido 82
Figura 42 Activación temporizada de las mini bombas sumergibles 83
Figura 43 Medición de volumen de líquido de la prueba 83
Figura 44 PLC logo 12/24 RCE, Siemens 93
Figura 45 Esquema simplificado de las conexiones a PLC LOGO! Siemens 95
Figura 46 Diagrama de flujo del sistema de control 97
Figura 47 Subproceso 1, inicio del sistema 99
Figura 48 Subproceso 2, bienvenida al sistema 102
Figura 49 Subproceso 2, estados del sistema 104
Figura 50 Subproceso 4, rango de operación de variables 106
Figura 51 Subproceso 5, activación de electroválvula para agregar agua 110
Figura 52 Subproceso 6.1, activación de bombas sumergibles para agregar solución nutritiva madre 113
Figura 53 Subproceso 6.2, activación de bombas sumergibles para agregar solución ácida 115
Figura 54 Subproceso 8, Registro de datos 117
Figura 55 Subproceso 7, Monitoreo de agregados 119
Figura 56 Subproceso 9, finalización del ciclo 122
Figura 57 Subproceso 10, desactivación de alarmas 125
Figura 58 Pantalla 1, en espera de activación del sistema 127
Figura 59 Pantalla 2, bienvenida al sistema 128
Figura 60 Pantalla 3, estado de encendido 129
Figura 61 Pantalla 4, sistema parado 129
Figura 62 Pantalla 5, alarma activa 130
Figura 63 La portada 131
Figura 64 Prescripción técnica 132
Figura 65 Prescripciones de seguridad generales 132

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 66 Alimentación a dispositivos 24V 137
Figura 67 Entradas analógicas y digitales 138
Figura 68 Salidas digitales 139
Figura 69 Tablero eléctrico virtual 140
Figura 70 Ubicación de elementos 141
Figura 71 Tablero eléctrico cableado con las características de los planos 141
Figura 72 Demarcado y perforación en la placa de montaje para cada componente 142
Figura 73 Seccionamiento y montaje de canaleta ranurada y carril din ranurado..... 143
Figura 74 Fijación de fuentes de alimentación y montaje en el carril din ranurado 144
Figura 75 Demarcado y perforación de la puerta del tablero eléctrico 145
Figura 76 Montaje del componente accionante en puerta del tablero eléctrico 146
Figura 77 Cableado de los componentes eléctricos..... 147
Figura 78 Visualización del tablero eléctrico completo 148
Figura 79 Montaje del sensor de potencial de hidrógeno..... 149
Figura 80 Montaje del sensor de conductividad eléctrica 150
Figura 81 Montaje del sensor de temperatura 150
Figura 82 Montaje del sensor de nivel de líquido 151
Figura 83 Montaje de la electroválvula y accesorios 152
Figura 84 Agregado de soluciones nutritivas madres a los recipientes..... 153
Figura 85 Agregado de la solución ácida al recipiente 153
Figura 86 Montaje del tubo de silicona a cada mini bomba sumergible 154
Figura 87 Perforación de tapas de cada recipiente 154
Figura 88 Montaje de las válvulas antirretorno para cada mini bomba sumergible..... 155
Figura 89 Carga del software Logo Comfort al mini PLC Logo 8 156
Figura 90 Modulo implementado del sistema de control al tanque colector..... 159
Figura 91 Pantalla del display del mini PLC Logo 8 “Sistema en espera” 160
Figura 92 Pantalla del display del mini PLC Logo 8 “Bienvenida al sistema”..... 161
Figura 93 Pantalla del display del mini PLC Logo 8 “Sistema activo” 161
Figura 94 Pantalla del display del mini PLC Logo 8 “Sistema parado” 162
Figura 95 Pantalla del display del mini PLC Logo 8 “Sistema alarmado” 162
Figura 96 Restablecimiento del agua vs temperatura de la solución nutritiva en un monitoreo de un periodo de 24 horas..... 163
Figura 97 Restablecimiento del agua vs temperatura de la solución nutritiva 164

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 98 Restablecimiento de SNM vs conductividad eléctrica y temperatura en un monitoreo de un periodo de 24 horas 167
Figura 99 Restablecimiento de SNM vs conductividad eléctrica y temperatura..... 168
Figura 100 Restablecimiento de SA vs potencial de hidrógeno y temperatura en un monitoreo de un periodo de 24 horas..... 170
Figura 101 Restablecimiento de SA vs potencial de hidrógeno y temperatura..... 171

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GLOSARIO/ ABREVIATURAS

GLOSARIO

Acidez: Es la cualidad de un ácido. Pueden presentar características tales como sabor agrio, liberación de hidrógeno, o pH menor que 7

Alcalinidad: Dicho de una solución: Que tiene un pH superior a 7.

Algoritmo de control: Conjunto de instrucciones o reglas con una constitución estructural que permite controlar un flujo de acciones para resolver una tarea bajo las condiciones asignadas.

Asfixia: Suspensión o dificultad en la respiración.

Autómata programable: Puede definirse como un equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales.

Balance: Estudio comparativo de las circunstancias de una situación, o de los factores que intervienen en un proceso, para tratar de prever su evolución.

Carencia: Falta de determinadas sustancias en la ración alimenticia.

Crecimiento comercial: Es el peso del material vivo requerido para la venta que se encuentra en un área y un momento dados. En las plantas se separa siempre biomasa viva de biomasa muerta.

Crecimiento vegetativo: Etapa de la planta en la cual se desarrolla un fuerte crecimiento bajo condiciones adecuadas y nutrición que termina con el inicio de la bandera floral.

Conductividad eléctrica: Es la medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él.

Concentración de sales disueltas: Proporciones de compuestos químicos salinos o sales minerales presentes en una solución acuosa.

Consumo nutricional: Capacidad de un organismo para adquirir recursos de un medio y emplearlos para satisfacer sus necesidades.

Control: Regulación, manual o automática, sobre un sistema.

Daño radicular: Afección presente por causas externas que perjudican y destruyen las raíces.

Degradación: Es la perdida de la capacidad innata de un recurso causada por el deterior a lo largo de su uso.

Desarrollo del cultivo: Etapa o estado actual de un cultivo en el periodo, caracterizado por sus diferentes demandas para su desarrollo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Disponibilidad nutricional: El término nutriente disponible se aplica a los minerales que están solubles en un medio acuoso y que pueden ser absorbidos por las plantas.

Hardware: El equipo o soporte físico en informática se refiere a las partes físicas, tangibles, de un sistema informático, sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos.

Hidroponía: Cultivo de plantas en soluciones acuosas, por lo general con algún soporte de arena, grava, etc.

Inanición: Debilidad grande por falta de alimento o por otras causas**.**

Interfaz: Conexión, física o lógica, entre una computadora y el usuario, un dispositivo periférico o un enlace de comunicaciones.

Monitoreo: Observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías.

Nutrientes: Son aquellos elementos químicos que las plantas necesitan para poder crecer, mantenerse y producir frutos y semillas. Estos elementos los obtienen del aire, del suelo y del agua de riego.

Parámetro: Dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación.

Patógeno: Es cualquier microorganismo capaz de producir alguna enfermedad o daño en un huésped, sea animal o vegetal.

Precipitación: Producto de una disolución a una materia sólida que se deposita en el fondo de un recipiente.

Presión osmótica: Es la presión que se debe aplicar a una solución para detener el flujo neto de disolvente a través de una membrana semipermeable.

Potencial de hidrógeno: Conocido como pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa o la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones.

Punto de inflexión: Es la característica donde el registro de un variable cambia su tendencia, expresando algún aspecto resaltante.

Sensor: Dispositivo que tiene la propiedad de variar esta magnitud, también varía con cierta intensidad la propiedad, es decir, manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida.

Sistema de control: Conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Solución acida: Solución con una concentración de sustancias acida que predominan los iones de hidrogeno, empleadas para mantener la proporción de sales elementales de solución nutritiva.

Solución diluida: Solución formada por una solución de alta concentración en un mayor volumen de agua, para disminuir la proporción de concentración de las sustancias. Empleada favorecer sus condiciones de uso.

Solución nutritiva: Solución acusa con un volumen adecuado de los fertilizantes para ser recirculación en el sistema y favorecer la absorción de nutrientes por el medio radicular del cultivo.

Soluciones correctoras: Son aditivos químicos que se utilizan para mantener o modificar la solución acuosa.

Soluciones nutritivas madres: Solución concentrada de alta solubilidad de los nutrientes esenciales para el cultivo hidropónico, la cual se añade a la solución nutritiva para su fertiirrigación.

Software: Es el soporte lógico al sistema formal de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas

Transductor: Dispositivo capaz de transformar o convertir una determinada manifestación de energía de entrada, en otra diferente de salida, pero de valores muy pequeños en términos relativos con respecto a un generador.

Variable: Es una característica, cualidad o propiedad que puede variar con relación a sí mismo o a diferentes objetos a lo largo del tiempo y cuya variación es susceptible de medirse u observarse.

Set Point: Es un valor de referencia pre establecido para mantener un sistema en las condiciones objetivo.

Reed Switch: Es un interruptor para la apertura y cierre de contactos, activado al ser sometido a un campo magnético.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ABREVIATURAS

3D	Tres dimensiones
AS-i	Actuator/Sensor – Interface
AND	Operador "Y"
a.m.	Antes de medio día
B	Boro
°C	Grados Celsius
CARD	Tarjeta
CE	Conductividad eléctrica
cm	Centímetro
CPU	Central Processing Unit
DCS	Distributed Control System
ESC	Escape
Fe	Hierro
FCCE	Fallo en el control de conductividad eléctrica
FCpH	Fallo en el control de potencial de hidrogeno
FCNL	Fallo en el control de nivel de líquido
FUP	Funktionsplan
FBD	Diagramas de bloques de funciones
H2O	Agua
H3PO4	Ácido fosfórico
H+	Ion de hidroxilo
HMI	Human-Machine Interface
HN03	Ácido nítrico
ISA	Sociedad Americana de Instrumentos
K	Potasio
KOH	Hidróxido de potasio
KOP	Kontaktplan
Ma	Miliamperio
Mn	Manganeso
Mg	Magnesio
mm²	milímetros cuadrados
Mo	Molibdeno

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

NA	Normalmente abierto
mS/cm	MiliSiemens por centímetro
mV	Milivoltios
NFT	Nutrient Film Technique
NH4+	Amonio
NO3-	Nitrato
NOT	Operador “Negación”
Offset	Desplazamiento del punto 0
OH-	Ion de hidrógeno
Ohm	Ohmio
ON/OFF	Encendido y apagado
OR	Operador “O”
P	Fosforo
PC	Personal Computer
pH	Potencial de hidrógeno
PID	Control Proporcional Integral Derivativo
P&ID	diagrama de tuberías e instrumentación
PLC	Programmable Logic Controller
p.m.	después del medio día
PPM	Partes por millón
PSI	Pound Per Square Inch
PVC	polyvinyl chloride
RNL-H2O	Restablecimiento de nivel de líquido de agua
RUN	Ejecutar o correr un programa
Temp	Temperatura
SA	Solución acida
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SCAN	Shipboard Communications Area Network
SNM	Soluciones nutritivas madres
USB	Universal Serial Bus
V	Voltaje
VDC	Voltios de Corriente Continua
Zn	Zinc

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la incorporación de nuevas tecnologías de automatización, en los diferentes rubros comerciales, ha dado como resultado una mejor productividad en empresas e industrias. Este control sistemático de procesos permite satisfacer las exigencias del mercado, a través de la mejora de la calidad de los productos y servicios, tal como lo destacan Beltramo y Giménez (2015), quienes señalan que la automatización incrementa la eficiencia y calidad del sistema productivo al minimizar errores humanos.

Un factor importante para la introducción de sistemas alternativos en la industria es el crecimiento demográfico, proporcional a la demanda de ciertos productos alimenticios. Por ello, en el desarrollo de la industria surgen nuevas técnicas para incrementar la producción alimentaria, una de ellas es la hidroponía. Esta permite cultivar vegetales sin uso de suelos agrícolas como fuente nutricional. Caracterizada por aprovechar espacios inertes, uso hídrico reducido, alto rendimiento productivo, un mejor control de la calidad del producto, adaptabilidad climática y rentabilidad económica.

Un ejemplo destacable es la empresa ADBlick Agro de Argentina, la cual realizó una inversión de 1.5 millones de dólares para obtener el más grande invernadero hidropónico del país. En el año 2021 producirá de manera sustentable 300 toneladas de frutillas al año. Entre las diversas automatizaciones a sus cultivos, cuenta con un sistema de control automatizado de riego para el control del pH relativo, la recirculación y entre otras. Logrando la reducción del consumo de agua, recuperación de nutrientes y otros beneficios productivos del sistema (Vazquez, 2021).

Entre las principales condiciones para un adecuado desarrollo del cultivo hidropónico tenemos a la solución nutritiva, se caracteriza por brindar la disponibilidad de nutrientes. En condiciones ideales para evitar daños radiculares, precipitación de nutrientes y carencias nutricionales. Al implementar la automatización del proceso de control de la solución nutritiva mediante la corrección de parámetros como el potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y nivel de líquido, se podrá obtener condiciones adecuadas de la solución nutritiva. De esta manera se obtiene un mejor rendimiento vegetativo y genera un menor tiempo de crecimiento comercial. Unas características deseadas por los productores hidropónicos emergentes y experimentados.

En el Capítulo I: Planteamiento del Estudio, se identifica la problemática central que da origen a esta investigación: la necesidad de un sistema eficiente y automatizado para controlar los parámetros críticos de la solución nutritiva (conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

y nivel de líquido) en cultivos hidropónicos. Estos parámetros son esenciales para garantizar la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo óptimo del cultivo. Sin un control adecuado, factores como la evaporación, acumulación de ventas y fluctuaciones de temperatura pueden desestabilizar la solución nutritiva, afectando el rendimiento y la calidad del cultivo. Esta sección también justifica la relevancia técnica, económica y social de la investigación, destacando cómo la automatización puede aportar soluciones sostenibles y de alto impacto.

En el Capítulo II: Marco Teórico, se presentan los fundamentos conceptuales sobre hidroponía y automatización. Este capítulo describe cómo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) utiliza una película fina de agua que recircula continuamente para suministrar nutrientes a las raíces. También se exploran las tecnologías de automatización, como sensores, actuadores y controladores programables, esenciales para monitorear y ajustar en tiempo real las variables críticas de la solución nutritiva.

El Capítulo III: Diseño del Sistema de Control detalla el desarrollo de un esquema de control que integra sensores de alta precisión para medir el nivel de líquido, pH y conductividad eléctrica; actuadores como bombas y válvulas; y un controlador lógico programable (PLC) para gestionar los procesos. Este diseño permite garantizar la estabilidad de los parámetros mediante ciclos regulares de recirculación, minimizando el impacto de factores externos y asegurando un ambiente óptimo para el cultivo hidropónico.

La implementación del sistema se describe en el Capítulo IV: Implementación, donde se detalla la fabricación y montaje de un tablero de control compacto y funcional, junto con la instalación de sensores y actuadores. También se aborda la programación del software, que permite la supervisión y el control automatizado de las variables en tiempo real, adaptándose a los cambios en las condiciones del cultivo y del ambiente.

En el Capítulo V: Resultados, se analizan los datos obtenidos durante el monitoreo de las variables controladas. Los resultados evidenciaron que el sistema mantuvo las variables dentro de los rangos óptimos para el cultivo hidropónico. Por ejemplo, el nivel de líquido mostró un consumo creciente, de 78 litros el primer día a 100 litros al séptimo día, reflejando la demanda hídrica del cultivo. La conductividad eléctrica incrementó de 95 mililitros a 175 mililitros diarios en el mismo período, mientras que el consumo de solución ácida osciló entre 9.2 y 13.1 mililitros diarios, ajustándose al desarrollo del cultivo y manteniendo el pH en los niveles adecuados. Finalmente, en el Capítulo VI: Costos, se evalúa la inversión requerida para implementar el sistema automatizado, destacando su viabilidad económica a mediano plazo debido a la optimización de recursos, reducción de desperdicios y aumento en la productividad. Esta evaluación respalda el potencial de replicabilidad y escalabilidad del sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

1.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Al pasar de los años, la civilización humana tiende a un incremento poblacional y demográfico. Por ello demanda satisfacer una necesidad primordial como la alimentación, la cual logra saciar mediante la adquisición de productos en los mercados. Entre ellos tenemos el consumo de alimentos vegetales frescos, debido a que proporcionan nutrientes esenciales al organismo. Algunos productores de vegetales toman la decisión de implementar y desarrollar técnicas productivas como la hidroponía. Basada en la nutrición del cultivo hidropónico por medio de una solución nutritiva que ingresa a la raíz del cultivo y satisface las necesidades biológicas de la planta.

No obstante, el éxito de los cultivos hidropónicos está directamente relacionado con el manejo adecuado de la solución nutritiva, cuyos parámetros críticos incluyen el potencial de hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica (CE) y el nivel de líquido. Estas variables determinan la disponibilidad de nutrientes para las plantas y, en consecuencia, su desarrollo y productividad. Estudios como los de Resh (2001) y Sandoval (2004) han evidenciado que desequilibrios en estos parámetros pueden causar deficiencias nutricionales, daños radiculares y reducciones significativas en la tasa de crecimiento vegetativo. Además, factores como la evaporación, la acumulación de sales y los cambios de temperatura también pueden alterar la estabilidad de la solución nutritiva.

El manejo manual de estos parámetros representa una limitación considerable. Este método, común en muchos sistemas hidropónicos tradicionales, está sujeto a errores humanos y carece de la precisión necesaria para garantizar la estabilidad de las condiciones ideales. Además, la supervisión manual incrementa los tiempos y costos operativos, afectando tanto la eficiencia del proceso como la calidad final del producto. Por ejemplo, Beltramo y Gimenez (2015) señalan que la falta de control automatizado puede derivar en la proliferación de patógenos, desbalances químicos y asfixia radicular, factores que disminuyen la productividad y rentabilidad del sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En respuesta a estas problemáticas, se plantea la necesidad de automatizar el manejo de la solución nutritiva en sistemas hidropónicos. La automatización ofrece la posibilidad de monitorear y controlar en tiempo real los parámetros críticos, asegurando la disponibilidad constante de nutrientes esenciales para las plantas. Además, permite realizar ajustes automáticos ante cualquier desviación, lo que reduce el margen de error y mejora significativamente la eficiencia del proceso. Investigaciones previas, como las de Linares y Zúñiga (2019), han demostrado que la implementación de sistemas automatizados contribuye a mejorar el rendimiento de los cultivos, optimizar los recursos utilizados y reducir los tiempos de producción. Desde una perspectiva más amplia, la automatización del proceso hidropónico también tiene implicaciones positivas en los ámbitos económico y social. Al garantizar una producción uniforme y de alta calidad, se promueve la competitividad de los productores hidropónicos y se fomenta la seguridad alimentaria, especialmente en contextos urbanos y en regiones con limitaciones de suelo cultivable. Además, al reducir el uso de recursos como agua y fertilizantes, se contribuye al desarrollo sostenible y a la protección del medio ambiente.

Por lo tanto, el problema central identificado radica en la ausencia de un sistema eficiente, medible y automatizado que permita gestionar de manera integral la solución nutritiva en cultivos hidropónicos. Este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema de control automatizado que optimice los parámetros críticos de la solución nutritiva, mejorando la productividad y garantizando la sostenibilidad del proceso. Al abordar esta problemática, se busca no solo superar las limitaciones actuales, sino también establecer un modelo de referencia para la agricultura moderna y tecnificada.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo automatizar un proceso hidropónico basado en el control de la conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, nivel de líquido de la solución nutritiva y el monitoreo de la temperatura?

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Antecedentes Internacionales

A nivel internacional tenemos el siguiente antecedente perteneciente a Sangeetha y Periyathambi (2024) en su artículo *"Automatic nutrient estimator: distributing nutrient solution in hydroponic plants based on plant growth"*, tuvieron como objetivo desarrollar un sistema automatizado para la distribución precisa de soluciones nutritivas en cultivos hidropónicos, utilizando algoritmos avanzados para identificar las etapas de crecimiento de las plantas y ajustar los nutrientes en tiempo real. La metodología incluyó la implementación de sensores conectados a un sistema Arduino, que monitoreaba parámetros como pH, conductividad eléctrica y temperatura, complementados con un algoritmo de identificación de etapas basado en aprendizaje profundo. Los resultados destacaron una precisión del 97,5% al identificar las etapas vegetativa y de floración, y del 99,4% en la etapa de fructificación, optimizando el suministro de nutrientes y minimizando el desperdicio. Las investigaciones previas sobre hidroponía, sensores IoT y modelos de aprendizaje profundo influyen directamente en esta propuesta, proporcionando bases teóricas y técnicas. Esta investigación, a su vez, avanza el campo al integrar tecnología de punta, mejorando la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas hidropónicos modernos.

De la misma manera, Wei y otros (2024) en su artículo *"Regulation of the physicochemical properties of nutrient solution in hydroponic system based on the CatBoost model"*, tuvieron como objetivo desarrollar un sistema de control de fertilización variable para cultivos hidropónicos, basado en un modelo predictivo CatBoost, que permita regular en tiempo real los parámetros fisicoquímicos de la solución nutritiva, como el pH y la conductividad eléctrica (CE) . La metodología empleada incluyó experimentos con combinaciones de nutrientes y el desarrollo de un modelo de predicción para ajustar los compuestos necesarios mediante sensores y un controlador programable. Los resultados demostraron que el sistema logró mantener los parámetros de pH y CE dentro de rangos óptimos (5.8-6.2 para pH y 2000-2500 µS/cm para CE), alcanzando un peso superior a 200 g por planta de lechuga cultivada, lo que Satisface los estándares de calidad. Esta investigación amplía los enfoques anteriores al integrar algoritmos avanzados y sistemas automatizados, proporcionando una base sólida para la implementación de agricultura inteligente en cultivos hidropónicos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Richa y otros (2021) en su artículo *"Advanced monitoring of hydroponic solutions using ion-selective electrodes and the internet of things: a review"*, tuvieron como objetivo evaluar el uso de electrodos selectivos de iones combinados con tecnologías de Internet de las cosas (IoT) para monitorear con precisión soluciones hidropónicas, optimizando parámetros clave como nitratos, potasio y calcio. La metodología consistió en analizar el desempeño de electrodos basados en membranas de cloruro de polivinilo (PVC) y nanotubos de carbono, centrándose en sensibilidad, exactitud y estabilidad. Los resultados mostraron que los electrodos basados en PVC lograron mantener las concentraciones objetivo de nitratos y potasio con un margen de error inferior a 10 mg/L, mientras que los electrodos de calcio presentaron menor sensibilidad, resuelta mediante calibraciones regulares. Esta investigación influye en nuestra propuesta al aportar conocimientos sobre sensores avanzados y estrategias de calibración para sistemas hidropónicos, mientras que nuestro enfoque contribuye al campo al combinar estas tecnologías con sistemas automatizados para una mayor sostenibilidad y precisión en la agricultura moderna.

1.3.2. Antecedentes Nacionales

En el ámbito nacional, el desarrollo de la tecnología y la automatización nacional tenemos el siguiente antecedente de Portilla (2022), donde dio a conocer un *"Sistema hidropónico automatizado para el control de parámetros de solución nutritiva en huertos urbanos"*, tuvo como objetivo diseñar un sistema hidropónico automatizado para el control de parámetros de solución nutritiva en huertos urbanos. Se empleó una metodología cuantitativa de tipo aplicada con diseño no experimental. La investigación se enfocó en seleccionar y modelar una estructura modular adecuada, diseñar un sistema de control de parámetros basado en simulaciones con software, y elaborar un presupuesto detallado para su implementación. Los resultados mostraron que el sistema de control cumplió con la propuesta de programación, garantizando la estabilidad de parámetros clave como pH y conductividad eléctrica, aunque los costos de implementación fueron elevados. Las investigaciones consultadas influyen directamente en esta propuesta al proporcionar antecedentes técnicos sobre sistemas automatizados y su aplicabilidad en contextos urbanos. A su vez, esta investigación amplía el conocimiento previo al integrar soluciones específicas adaptadas a las condiciones locales, contribuyendo al desarrollo sostenible en la agricultura urbana.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

De igual forma tenemos el antecedente por parte de Granda (2022) en su tesis *"Diseño de un sistema de control automático de ph y conductividad eléctrica para garantizar el balance de la solución nutritiva de un sistema hidropónico NFT en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo"*, tuvo como objetivo diseñar un sistema de control automático para manejar el pH y la conductividad eléctrica en un sistema hidropónico NFT, con el propósito de garantizar el equilibrio de la solución nutritiva y mejorar la calidad del cultivo de lechugas. La metodología empleada fue experimental, construyendo dos sistemas hidropónicos paralelos: uno automatizado y otro manual, para realizar comparaciones. Los resultados mostraron que el sistema automatizado logró mantener los niveles óptimos de pH y conductividad eléctrica dentro de los rangos establecidos (6.7-7.8 para pH y 1700-2300 µS/cm para conductividad), obteniendo lechugas de alta calidad similares a las cultivadas manualmente. Esta investigación se fundamenta en trabajos previos que exploran la automatización de sistemas hidropónicos, consolidando su importancia. A su vez, contribuya al campo al demostrar que el uso de tecnología accesible, como Arduino, puede mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los cultivos hidropónicos.

Del mismo modo, en el antecedente de la tesis de Cayllahua (2023) denominado *"Aplicación de un sistema de control basado en IoT para el balance de la solución nutritiva en el cultivo de lechuga por hidroponía en el Distrito de Chilca, Lima, 2021"*, tuvo como objetivo determinar cómo un sistema de control basado en IoT puede mejorar el equilibrio de la solución nutritiva en el cultivo de lechuga por hidroponía en el distrito de Chilca, Lima. La metodología empleada fue de tipo aplicada con diseño cuasi experimental, y se evaluaron los parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE) y temperatura en tiempo real mediante sensores conectados a un sistema IoT. Los resultados demostraron que la implementación de este sistema permitió mejorar significativamente el balance de la solución nutritiva, reduciendo los tiempos de monitoreo y aumentando la eficiencia en el uso de recursos. Además, se optimizó el rendimiento productivo con un incremento en el peso y tamaño de las lechugas. Esta investigación aporta un enfoque práctico y tecnológico que complementa estudios previos sobre hidroponía, demostrando que el uso de IoT no solo facilita el monitoreo, sino que también mejora la sostenibilidad y productividad del cultivo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente proyecto tiene como finalidad mantener los parámetros del método de producción hidropónica empleando un sistema de control sistemático en las variables de conductividad eléctrica, el potencial de hidrogeno y nivel de líquido de la solución nutritiva. Mencionada automatización brindara un mejor manejo de los insumos para controlar las variables, dando como resultado una uniformidad, gestión y monitoreo del tiempo de producción. Permitiendo brindar un aporte a la industria peruana y un producto de calidad para cumplir con la demanda comercial del mercado peruano.

1.4.1. Justificación Técnica

El desarrollo de un sistema de control sistemático para manejar las variables clave de la solución nutritiva, como la conductividad eléctrica, el potencial de hidrógeno y el nivel de líquido, responde a la necesidad de garantizar las condiciones óptimas de desarrollo en los cultivos hidropónicos. Estas variables son fundamentales para el crecimiento adecuado de las plantas, ya que influyen directamente en la absorción de nutrientes esenciales. Además, la automatización del monitoreo y ajuste en tiempo real permite reducir el margen de error asociado al manejo manual, logrando un control preciso y constante. Este avance técnico asegura una mayor eficiencia en el uso de recursos y mejora la productividad del sistema, posicionando la hidroponía como una alternativa tecnológica viable y sostenible para enfrentar los desafíos agrícolas actuales.

1.4.2. Justificación Económica

La automatización del proceso hidropónico de la solución nutritiva tiene un impacto en la eficiencia económica de la producción, dado que, al garantizar un tiempo de crecimiento comercial uniforme, se optimiza la cosecha y se minimizan las pérdidas por variabilidad en la calidad o el desarrollo del producto. Este enfoque permite una mayor homogeneidad en los cultivos, facilitando su comercialización y aumentando la competitividad de los productores en el mercado. Además, al reducir la dependencia de insumos y recursos humanos en el monitoreo manual, se disminuyen los costos operativos, incrementando la rentabilidad del sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.4.3. Justificación Social

La aplicación de un sistema de automatización industrial en la hidroponía contribuye directamente al crecimiento del sector industrial peruano, promoviendo la adopción de este tipo de tecnologías en la agricultura. Este proyecto no solo mejora la calidad de los productos agrícolas, sino que también garantiza un mayor abastecimiento de alimentos frescos y saludables al mercado, respondiendo a las necesidades de la población. Además, fomenta la generación de empleo calificado en áreas como la tecnología, la ingeniería y la agricultura, fortaleciendo la economía local y nacional. En un contexto de creciente urbanización y demanda alimentaria, esta investigación representa una solución que equilibra los aspectos técnicos, económicos y sociales para un desarrollo sostenible.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo General

Automatizar un proceso hidropónico basado en el control de la conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, nivel de líquido de la solución nutritiva y el monitoreo de la temperatura

1.5.2. Objetivos Específicos

a) Definir el proceso hidropónico de la solución nutritiva para conceptualizar las variables que afectan la disponibilidad de nutrientes.
b) Diseñar una estrategia de control que integre sensores, actuadores y un controlador programable para garantizar la regulación precisa de los parámetros de la solución nutritiva.
c) Implementar el sistema de control automatizado, incluyendo la fabricación y montaje de los componentes físicos, así como la carga y ejecución del software desarrollado.
d) Evaluar el desempeño del sistema de control mediante pruebas experimentales que analicen la estabilidad de las variables controladas, su impacto en la repetividad y la uniformidad del proceso hidropónico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Limitación Técnica

El diseño y la implementación del sistema de control se desarrollaron en función de un conjunto de parámetros previamente establecidos. Los periodos programados de riego, las capacidades productivas y la composición nutricional de la solución nutritiva no fueron modificados deliberadamente, con el fin de evitar influencias externas en los resultados del sistema automatizado. Esto implica que la investigación se enfocó exclusivamente en el monitoreo y la regulación de las variables críticas de la solución nutritiva: nivel de líquido, potencial de hidrógeno y conductividad eléctrica.

Asimismo, todas las pruebas y ajustes del sistema se llevaron a cabo dentro de las instalaciones de un sistema hidropónico modular tipo piramidal NFT previamente implementado. Esta condición redujo la posibilidad de evaluar el desempeño del sistema en otros entornos hidropónicos, como sistemas de raíz flotante o cultivos en sistemas verticales. También implica que el análisis del impacto de la automatización se centró en un entorno controlado, lo cual puede dificultar la generalización inmediata de los resultados obtenidos.

1.6.2. Limitación del Proceso Hidropónico

El alcance del control automatizado se restringió a la última etapa de desarrollo del cultivo de lechuga, correspondiente a la tercera fase fenológica en un sistema NFT tipo piramidal. Esta etapa tiene una duración aproximada de dos semanas y se caracteriza por una alta demanda de nutrientes y agua, lo que permitió evaluar el desempeño del sistema bajo condiciones intensivas.

Sin embargo, no se realizaron pruebas en las etapas iniciales del cultivo, como el trasplante o la fase de crecimiento vegetativo temprano. Esto dificulta una comprensión completa del comportamiento del sistema ante demandas menos exigentes o fluctuaciones de menor impacto. Además, las características del sistema NFT empleado podrían no ser representativas de otros métodos hidropónicos, lo que restringe la generalización de los resultados a otras configuraciones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.7. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

- La investigación se enfoca en el diseño e implementación de un sistema de control automatizado para un proceso del sistema hidropónico tipo NFT piramidal.
- El estudio abarca el control y monitoreo de las principales variables de la solución nutritiva: pH, conductividad eléctrica (CE), nivel de líquido y temperatura.
- El sistema considera el uso de sensores, actuadores y un controlador programable, que permiten realizar ajustes automáticos de las variables en tiempo real.
- Todas las pruebas y ajustes del sistema se realizan en el tanque de retorno de la solución nutritiva de manera controlada, utilizando un sistema NFT previamente implementado.
- El alcance del control automatizado comprende la última etapa de desarrollo del cultivo de lechuga, con una duración aproximada de dos semanas, etapa caracterizada por una alta demanda de nutrientes y agua.
- La evaluación se orienta a analizar la estabilidad, uniformidad y repetitividad de las variables controladas durante el proceso de cultivo.

1.8. ÁREA DE CONOCIMIENTO

Área: Ingeniería y Tecnología.

Sub-área: Ingeniería Mecatrónica.

Línea de Investigación: Automatización y Sistemas de Control

1.9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Para desarrollar la automatización de un proceso hidropónico de la solución nutritiva, se requiere dimensionar cada variable, lo que permite tener una perspectiva clara del proceso de control a implementar.

En este estudio se han identificado las siguientes variables:

- **Variable Independiente 1**: Control de variables de la solución nutritiva
- **Variable Dependiente 1**: Automatización del proceso hidropónico

A continuación, se presenta la tabla de operacionalización de las variables, donde se definen sus dimensiones, indicadores, unidades de medida, técnicas, instrumentos y teorías de base. Como se muestra en la tabla 1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 1

Operacionalización de Variables del Proceso de Control

Tipo de variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Técnica	Instrumento	Teoría
Independiente	Es el control de los parámetros de la solución nutritiva para mantener la disponibilidad de nutrientes en la solución nutritiva	Nivel de liquido	Nivel del volumen de un liquido	Litros	Observación de campo	Sensor de nivel de liquido	**Teoría de Hidroponía y Control**
Control de variables de la solución nutritiva		Potencial de hidrogeno	Medida de acidez o basicidad de la solución acuosa	pH		Sensor de potencial de hidrogeno	
		Conductividad eléctrica	Concentración de sales de la solución nutritiva	mS/cm		Sensor de conductividad eléctrica	
Dependiente	Es la implementación de un sistema de control al proceso hidropónico de la solución nutritiva para poder mantener la disponibilidad de nutrientes	Soluciones correctoras	solución acida, nutritivas y agua	ml		Temporizador	
Automatización del proceso hidropónico		Control de mando	Procesamiento y gestión de entras y salidas	A/A		Controlador	
		Función operativa	Adquisición de datos y detección de variación de parámetros	mV		Sensor	
			Estandarización de la señal de entrada	V		Transductor	
			Ejecución de ordenes de mando	V		Actuador	
		Programación	Desarrollo de algoritmo y funciones de seguridad	A/A		Software	
		Control de potencia	Implementación del tablero de potencia	A/A		Tablero eléctrico	
		Supervisión	Monitoreo de variables y visualización de alarmas	A/A		Pantalla del controlador	

Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. BASES TEÓRICAS EN HIDROPONÍA

2.1.1. Definición de Cultivo Hidropónico

El término hidroponía deriva de dos palabras griegas: hydro (agua) y ponos (labor o trabajo). Puede definirse como la ciencia del cultivo de plantas sin uso de tierra, en un medio inerte, siendo este un medio de sustrato agregando solución nutritiva que tiene los elementos esenciales para el crecimiento de la planta (Barbajo, 2005).

2.1.2. Ventajas y Desventajas del Cultivo Hidropónico

Debido a la posibilidad de tener cierto grado de control sobre el método de cultivo hidropónico, atribuye ciertas ventajas en aspectos técnicos, económicos y ambientales, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Ventajas del Cultivo Hidropónico sus Aspectos

Técnicas	Económicas	Ambientales
Ausencia de plagas y enfermedades en la raíz inicial.	Sin la limitante del suelo, puede producirse en cualquier sitio incluyendo los ambientes urbanos.	Reduce la contaminación del ambiente y los riesgos de erosión.
Mantiene la humedad uniforme y controlada.	Mayor limpieza e higiene en los productos obtenidos.	Disminuye el uso de fertilizantes e insecticidas.
Permite cultivar la misma especie ciclo tras ciclo.	Se puede usar agua dura o de cierta salinidad.	Mantiene el equilibrio entre aire, agua y nutrición.
Eficiencia y facilidad de esterilización.	Altos rendimientos por unidad de superficie.	Mayor calidad en los productos cosechados.
Presenta buen drenaje.	Recupera la inversión con rapidez.	Reciclaje del agua.
Admite mayor densidad de población.	Posibilidad de varias cosechas al año.	No depende de fenómenos meteorológicos.
Alto porcentaje de automatización.	Mayor uniformidad en la cosecha.	Productos libres de químicos no nutrientes.
Control eficiente del pH y la salinidad.	Reduce los costos de producción.	Utiliza materiales nativos y de desecho.
Acorta el tiempo para la cosecha.	No requiere mano de obra calificada.	Reducción de maquinaria agrícola.
Balance ideal de agua, oxígeno y nutrientes.	Ahorro en agua y fertilizantes por kilogramos producido.	Estándar de limpieza e higiene de las instalaciones.

Nota. Información recopilada en base de (Smithers, 2016) (Beltramo & Gimenez, 2015) (Zárate, 2014).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

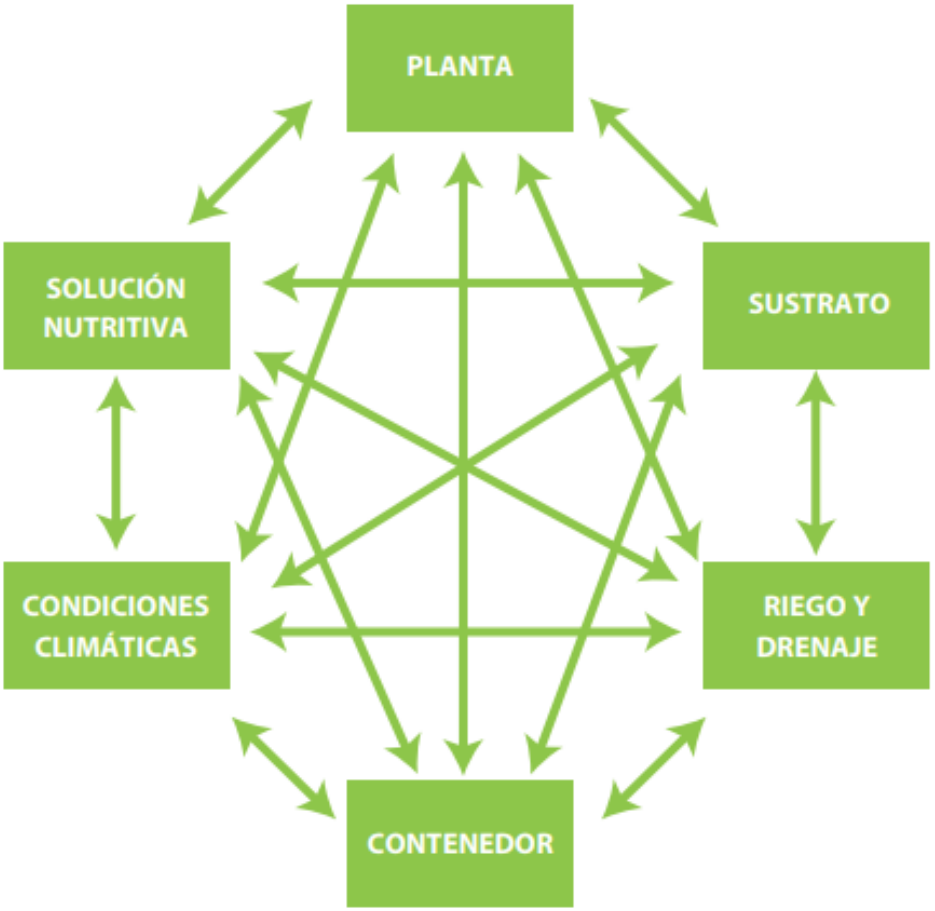
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.3. Componentes de los Sistemas Hidropónicos

Existe una relación estrecha entre los diferentes componentes, como se aprecia en la figura 1, los cuales permiten determinar el método hidropónico a usar. Además, el componente climático guarda relación estrecha con la temperatura, humedad atmosférica y luz, factores necesarios para la vida de la planta, independientemente del método a usar (Smithers, 2016).

Figura 1

Componentes de los sistemas hidropónicos



Nota. Tomado de (Smithers, 2016).

2.1.4. Sistemas Hidropónicos

En la tabla 3, se muestra la clasificación de sistemas hidropónicos. Además, los diferentes métodos pueden contar con un alto grado de tecnología y automatización que se expresa en altas inversiones o procesos más simples. El enfoque del proyecto se direccionará en el método NFT.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3

Clasificación, Características y Tipos de los Sistemas Hidropónicos

Clasificación	Características	Tipos de sistemas
Sistemas hidropónicos puros (en agua)	Cuenta con mayor desarrollo e investigación, las raíces están en contacto directo con la solución nutritiva.	Raíz flotante, NFT
Sistemas en agregados o sustratos	Las raíces se desarrollan, crecen en sustratos inertes, la solución fluye entre las partículas del sustrato humedeciendo las raíces.	Canales, cajuela y mangas colgantes

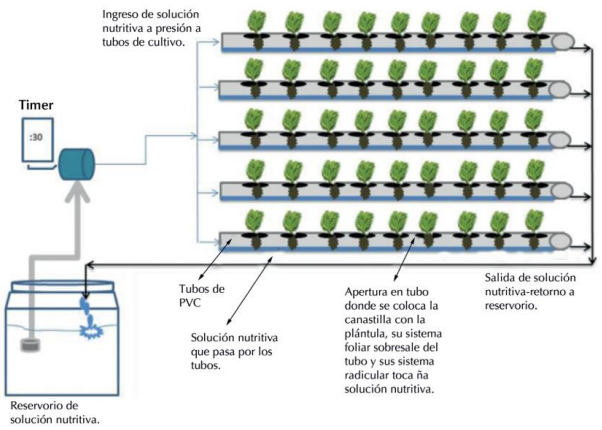
Nota. Información recopilada con base en (Inca, 2013) (Perez & Perez, 2016).

2.1.5. Descripción del Sistemas NFT

El método NFT (Nutrient Film Technique), fue desarrollado a mediados de la década de 1960 en el Glasshouse Crop Research Institute, Inglaterra por el Dr. Alen Cooper. El principio de la técnica hidropónica es el uso de una película fina de agua que continúe una solución nutritiva preparada con los nutrientes disueltos necesarios para el crecimiento vegetativo de las plantas, el cual recircula en intervalos de tiempo en las raíces desnudas del cultivo, no existiendo pérdida o salida al exterior de la solución nutritiva, siendo un sistema de tipo cerrado mostrado en la figura 2. Las plantas se encuentran suspendidas en canales de cultivo. Además, el sistema cuenta con un ligero desnivel o pendiente para la recirculación de la solución nutritiva (Carrasco & Izquierdo, 1996).

Figura 2

Esquema simplificado ilustrativo de un sistema NFT



Nota. Tomado de (Jiménez Morales & Brenes Peralta, 2014).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Dicha solución nutritiva preparada es suministrada a un tanque de abastecimiento del sistema, luego por medio de una bomba es transportada hacia los canales contenedores del cultivo hidropónico para ser nutridos, brindando una característica importante para el sistema y es mantener a la planta nutrida y asegurar una alta capacidad de crecimiento (Linares & Zuñiga, 2019). Cabe mencionar algunas características a tener en cuenta en el empleo de la técnica hidropónica NFT, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Características Relevantes del Sistema NFT

Puntos	Características
1	La solución nutritiva al tener contacto con el cultivo perderá ciertas propiedades al retornar al tanque de abastecimiento.
2	Las raíces del cultivo no deben perder contacto con el líquido.
3	Al realizarse el bombeo del líquido en tiempos programados se permite renovar la oxigenación de la solución nutritiva y evitar el crecimiento de algas por estancamiento.
4	Se puede realizar un mayor control de la nutrición suministrada al cultivo generando un crecimiento efectivo de la planta.

Nota. Información recopilada de (Linares & Zuñiga, 2019).

2.1.6. Componentes del Sistema NFT

2.1.6.1. Planta de cultivo

Es el componente fundamental en la técnica del sistema hidropónico, debido a que la correcta funcionalidad de los demás componentes dependerá de la calidad de la planta que se desea obtener y el rendimiento esperado. De esta manera se enlistan algunas condiciones óptimas para un correcto desarrollo vegetativo, mencionado en la tabla 5 (Smithers, 2016).

Tabla 5

Raíz y las Condiciones Óptimas de Funcionamiento

Puntos	Condiciones óptimas
1	Agua, Contacto permanente con la raíz
2	Nutrientes minerales esenciales en cantidades balanceadas
3	Oxígeno necesario para la respiración celular
4	Establecimiento del espacio entre plantas
5	Sin sales nocivas, elementos tóxicos o desbalances de pH y CE
6	Condiciones óptimas de luz
7	Sin plagas, inóculos de enfermedades o malezas
8	Temperatura apropiada para el óptimo funcionamiento de la raíz

Nota. Información recopilada de (Smithers, 2016).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.6.2. Estanque de abastecimiento

El estanque de abastecimiento o colector cumple la función de almacenar la solución nutritiva a lo largo del proceso de cultivo. Además, se debe calcular el volumen remanente en el estanque, el cual asegura que la bomba no deje de funcionar, se menciona en la tabla 6 (Carrasco & Izquierdo, 1996).

Tabla 6

Cálculo de la Capacidad del Estanque Según la Especie Cultivada

Especie	Volumen aproximado de solución consumida (Litros planta/día)	Densidad de plantación (Planta/m2)	Capacidad aproximada del estanque (Litros/m2)
Lechuga	0.3	24	9
Tomate	2.5	5	16
Pepino	3	5	19

Nota. Información recopilada de (Carrasco & Izquierdo, 1996).

2.1.6.3. Canales de cultivo

Se cultiva directamente en agua con sales minerales disueltas, y por medio de los canales, se brinda el sostenimiento y sujeción de las plantas. Otra función es permitir a la solución nutritiva un transporte en forma expedita a través de esta. Por este motivo se recomienda utilizar canales de sección rectangular para mantener una fina lámina de la solución (Carrasco & Izquierdo, 1996).

2.1.6.4. Sistema de bombeo

La bomba es un componente clave del sistema, su función es impulsar la solución nutritiva en intervalos de tiempo desde estanque colector a los canales de cultivo por medio de un sistema de tuberías de conexión. Debe tenerse en consideración la magnitud de producción de cada módulo, tendrá una relación directa con el grado de supervisión y los dispositivos de alarma de funcionamiento para evitar parada prolongada y pérdidas parciales o totales de producción (Carrasco & Izquierdo, 1996).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.6.5. Red de distribución

La solución nutritiva se distribuye por medio de tubería o mangueras de PVC o goma desde la bomba impulsora hasta los canales, se recomienda no usar elementos metálicos que reaccionan con la solución nutritiva. Además, debe considerarse que el flujo requerido debe ser de 2 a 3 litros/minuto para cada canal (Carrasco & Izquierdo, 1996).

2.1.6.6. Tubería colectora

Cumple la función de recolectar la solución nutritiva luego del trayecto por los canales hasta el estanque colector, Se recomienda un desplazamiento por gravedad y conseguir una oxigenación por caída en el estanque colector. Además, se debe considerar el uso de tubería de PVC para reacciones con la solución nutritiva y diámetro adecuado (Carrasco & Izquierdo, 1996).

2.1.6.7. Solución nutritiva

La nutrición de los cultivos hidropónicos se realiza por medio de una solución nutritiva equilibrada y balanceada, se formula por un análisis de agua, especie vegetal, etapa fenológica y condiciones ambientales. La solución nutritiva es una composición de sales minerales disueltas en agua (Smithers, 2016).

2.1.7. Variables que Afectan la Solución Nutritiva

Existe una gran variedad de variables que influyen en el crecimiento de la lechuga hidropónica. Pueden tener menor o mayor importancia dependiendo de ciertas características: tipo de cultivo, técnica, porcentaje de germinación, envoltura, tipo de sustrato, sustancia de riego, número de riegos, reciclaje de sustancias de riego, exposición de luz solar, temperatura, entre otras (Campillo, 2013). Se dará énfasis en factores que afecten el balance de la solución nutritiva.

2.1.7.1. Influencia del potencial de hidrógeno

Este parámetro guarda relación con la disponibilidad de los elementos para la planta tanto para su insolubilidad o la no admisibilidad por la raíz y un pH extremo daña directamente la raíz. Mediante el diagrama Troug en la figura 3, se muestra la influencia del pH para disponibilidad de elementos de la solución nutritiva en barras de grosor, siendo un rango recomendado de 5.6 a 6. Además, la planta es capaz de modificar el pH de la solución nutritiva a través la absorción

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

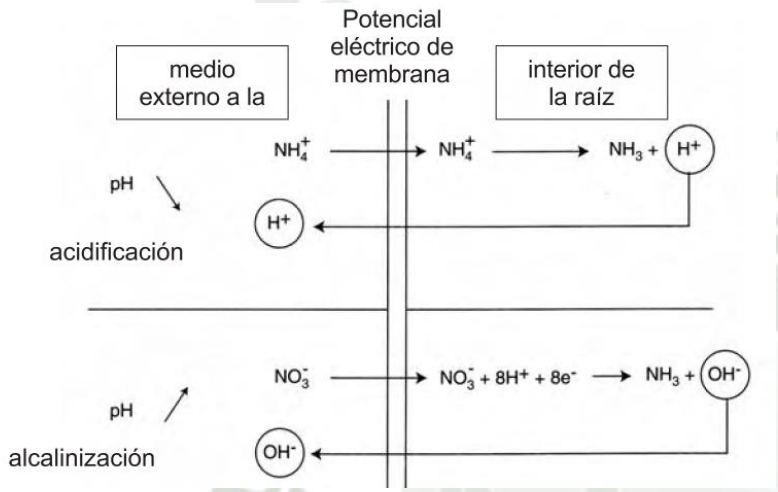
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

diferencia de los iones por las raíces, detallados en la figura 3, si la planta toma aniones (carga negativa) la raíz libera OH - y se alcaliniza la solución. En caso contrario, si toma cationes (carga positiva), la raíz libera iones de H +, entonces se acidifica la solución. Se concluye que la planta al tomar cationes el pH baja, en su defecto si toma aniones el pH sube (Santos & Ríos, 2016).

Figura 3

Modificación del pH de la solución nutritiva por mecanismo fisiológicos



Nota. Tomado de (Lemaire y otros, 1989).

Un pH mayor a 7.5, disminuye la absorción de NO3- y el ion de fosfato, también producen precipitación de los iones como Fe, P, Mn, B y Zn. Si la solución tiene un pH menor a 4, decrece la absorción de Mg, Mo y K (genera desbalance en la polaridad de las membranas celulares de las raíces) y el ion de NH4 + (Beltramo & Gimenez, 2015).

Si el pH se encuentra por encima o debajo del rango ideal, los elementos reaccionan y forman nuevos compuestos insolubles que se precipitan y depositan en el fondo. Por este motivo es recomendable preparar la solución nutritiva con un rango adecuado de pH para favorecer la disolución de los fertilizantes (Smithers, 2016).

Un desarrollo adecuado de las plantas se da cuando la solución nutritiva es medianamente ácida, como se muestra en la figura 4, además un pH óptimo es de 5.8, para el crecimiento de la lechuga (Catata, 2015).

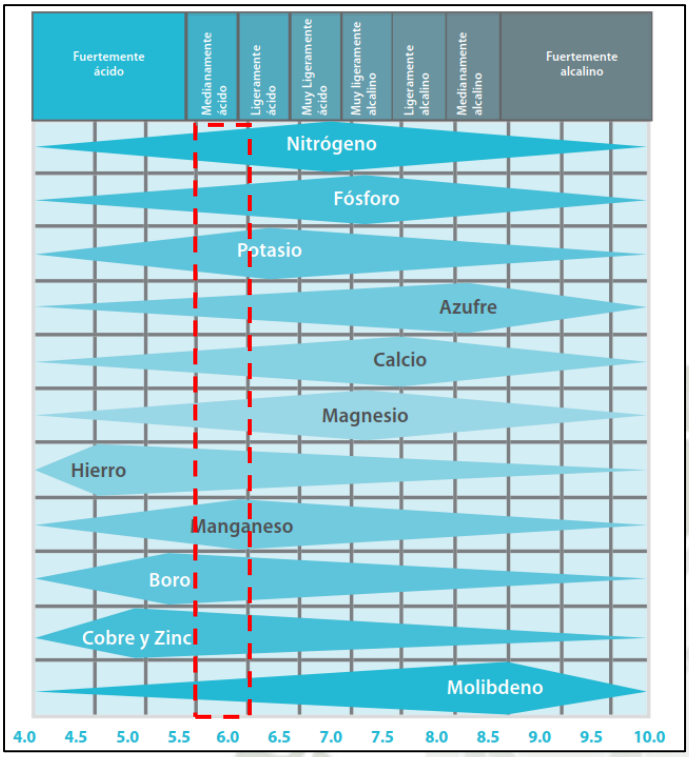
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 4

Disponibilidad de los nutrientes en relación con la clasificación del pH



Nota. Tomado de (Zárate, 2014).

Para disminuir el pH, se agrega una solución ácida, compuesta por una mezcla de ácido nítrico (HN03) y ácido orto-fosfórico (H3PO4) en una proporción de 3:1 y caso contrario para subir el pH se usa solución alcalina, hidróxido de potasio KOH (Carrasco & Izquierdo, 1996).

2.1.7.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es una medición indirecta para cuantificar la concentración de aniones o cationes de la solución nutritiva. Mediante la medida se puede conocer la cantidad necesaria de nutrientes en la solución nutritiva y si está asimilándose. Siendo la condición inicial que la CE de entrada debe ser mayor que la CE de salida. Además, la CE ideal está dada por tipo de especie y etapa fenológica del cultivo (Smithers, 2016).

El concepto de CE se basa en la proporción de la conductividad eléctrica de una solución nutritiva en relación con la concentración de sales disueltas, la unidad es la miliSiemens (mS/cm). Para un cultivo de lechuga con 5 hojas verdaderas no debe ser mayor a 1.5 mS/cm y en su posterior

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

desarrollo no debe sobrepasar los 3 mS/cm. A mayores concentraciones disminuye la absorción de agua y nutrientes, afectando el crecimiento del cultivo (Carrasco & Izquierdo, 1996).

Un rango de CE para un correcto crecimiento del cultivo de lechuga se encuentra en el rango de 1,5 a 2,5 mS/cm, se recomienda mediciones periódicas luego de las etapas de post almácigo y trasplante (Chang y otros, 2000). Además, un mejor desempeño en el sistema en recirculación se da en el rango de 1.8 a 2 mS/cm y en verano no mayor a 1.5 mS/cm (Mendoza, 2017).

Una menor conductividad facilita la absorción de agua y una elevada salinidad ejerce resistencia, por otra parte, se debe asegurar que la planta absorba una cantidad adecuada de elementos. Por tal motivo, la CE óptima puede ser diferente para el crecimiento vegetativo en función de las condiciones agroclimáticas, iones o cultivo, detalladas en la tabla 7 (Santos & Ríos, 2016).

Tabla 7

Tolerancia a la CE de Algunos Cultivos

Cultivo	**CE (mS/cm) para rendimiento potencial**			
	1	0,9	0,75	0,5
Tomate	2.5	3.5	5	7.6
Lechuga	1.3	2.1	3.2	5.1
Zanahoria	1	1.7	2.8	4.6
Fresa	1	1.3	1.8	2.5

Nota. Información recopilada de (Casas & Casas, 1999).

2.1.7.3. Control del volumen de la solución

La evapotranspiración hace que las plantas absorban una mayor concentración de agua frente a los elementos de una solución nutritiva, generando un incremento progresivo en el tiempo del pH y la presión osmótica (dificultad a la absorción de agua por las raíces). Las concentraciones altas de sales generan un retardo o detiene el crecimiento de la planta hasta morir por desecación al salir agua de la raíz. Se recomienda reabastecer el agua producto de la evapotranspiración periódicamente, de esta manera mantener la presión osmótica entre 0.5 a 2 atmósferas y niveles correctos de nutrientes. Además, de usar la solución por periodos indefinidos, es recomendable

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

tener un control de la concentración y monitoreo de la acumulación de ciertos iones para evitar toxicidad de las plantas (Smithers, 2016).

2.1.7.4. Temperatura de la solución nutritiva

Temperatura influye en capacidad de absorción de agua y nutrientes, siendo el rango adecuado no por debajo de 12 °C ni mayor a 29 °C, expresada en la tabla 8 y evita un menor rendimiento de crecimiento de las raíces. Otro factor es la solubilidad de oxígeno, debido a la gran demanda del oxígeno viene dada por esa fracción soluble (Santos & Ríos, 2016).

Tabla 8

Relación entre Temperatura del Agua y el Oxígeno Disuelto

Relación	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)
1	10	11.3
2	15	10.1
3	20	9.1
4	25	8.3
5	30	7.6
6	35	7.0

Nota. Información recopilada de (Santos & Ríos, 2016).

Condiciones fuera del rango de temperatura ideal afectan el metabolismo celular, en temperaturas elevadas hay incremento de la absorción de iones de K, fosfatos y una disminución de la disponibilidad de Fe. A bajas temperaturas, el ion de NH4 + se absorbe en mayor proporción a los iones de NO3- (Beltramo & Gimenez, 2015).

Una temperatura no ideal puede causar en la planta el retardo o detención del crecimiento y también se manifiesta en deficiencias nutricionales. Además, la lechuga crece mejor en temperaturas radiculares bajas dentro del rango (Smithers, 2016).

Es recomendable tener una temperatura de la solución nutritiva en el rango de 18 °C a 25 °C (previene subida de flor de la lechuga en zona desértica y tropicales) y el uso de canales de cultivo de color blanco y la semisombra de cultivo. Una solución muy fría, hay un declive de la tasa metabólica de la raíz y la absorción de nutrientes, por lo contrario, en temperaturas altas afecta la absorción de minerales (Mendoza, 2017).

Para mejorar condiciones de temperatura, se puede hacer uso de coberturas de malla sarán, aislación térmica del reservorio y mayor tiempo en la recirculación (Brenes & Jiménez, 2014).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.8. Método de Control Tradicional de la Solución Nutritiva

Al realizar un control manual de la solución nutritiva, se debe hacer un monitoreo y corrección diaria de los principales parámetros como la conductividad eléctrica y el nivel de acidez, por este motivo se usan instrumentos de medición como es el conductímetro (mS/cm) y peachímetro (pH), detallados en la tabla 9.

Tabla 9

Control del Sistema NFT Comúnmente Usado

Puntos	Método de control tradicional de la solución nutritiva
1	Desactivación de la bomba recirculante y espera del llenado del estanque colector.
2	Restablecer el agua consumida por el sistema hasta el nivel establecido para el estanque colector.
3	Registro manual y medición diaria de los niveles de acidez y conductividad eléctrica.
4	Correcciones manuales de la acidez-alcalinidad, agregando soluciones ácidas/ básicas al estanque colector de la solución nutritiva.
5	Correcciones manuales de la conductividad eléctrica, agregando soluciones fertilizantes al estanque colector de la solución nutritiva.
6	Activación de la recirculación de la solución nutritiva de forma manual o semiautomática, usando temporizadores para la activación de la bomba recirculante.

Nota. Información recopilada con base en (Inca, 2013) (Carrasco & Izquierdo, 1996).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2. BASES TEÓRICAS EN AUTOMATIZACIÓN

2.2.1. Definición de Sistemas Automatizados

La automatización es el uso de las funciones de la máquina para efectuar tareas por la labor humana y ejercer un control secuencial de las operaciones sin una intervención directa humana (Rodríguez, 2014).

Los sistemas automatizados buscan incrementar la productividad, mitigar fallas, mejorar procesos de calidad, así destacar en el mercado competitivo. El automatismo recibe la información y tiene la facultad de generar señales de mando. Es ahí donde la automatización organiza o controla procesos de producción para gestionar recursos y reducir costos (Molina, 2019).

Cabe mencionar que la automatización presenta diferentes niveles de integración en la gestión del sistema a controlar, tal clasificación se expresa en la tabla 10.

Tabla 10

Clasificación del Nivel de Automatización

Niveles	Descripción
Manual	Surgió con los primeros procesos industriales, los operadores realizan el control a través de actuadores.
Clásico	Se desarrolló con la tecnología digital, sensores en línea, comunicación digital, desarrollo del PLC e implementación del control PID.
Avanzado	Se desarrollaron las comunicaciones, mejoras de la interfaz gráficas del usuario, reducción de costos, implementación de DCS y SCADA.
Jerárquico o Gerencial	Inicia las operaciones del proceso en forma interrelacionadas con diversos sectores, la integración de datos del sector productivo, administrativo, mantenimiento, etc. También se logró sistemas de control avanzado, estadístico, estadístico de procesos, bases de datos, sistemas expertos e inteligencia artificial, entre otras.
Automatización Total	Busca alcanzar el máximo grado de automatización con sistemas informáticos integrados, mínima intervención humana, control y decisiones a cargo del sistema.

Nota. Información recopilada de (Rodríguez, 2014).

Al desarrollar un proyecto de automatización, la experiencia industrial destaca algunos puntos a tener en cuenta, detallados en la tabla 11.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 11

Algunos Tópicos Metodológicos

Puntos	Tópicos metódicos
1	Observar y conocer disponibilidad y tendencias del estado del arte de la automatización en máquinas y procesos.
2	Procurar un enfoque abierto y creativo frente a varias alternativas de automatización.
3	Mirada retrospectiva de cómo actúa el ser humano u otros organismos en rutinas de acción.
4	Aplicar una estrategia integrada.

Nota. Información recopilada de (Rodríguez, 2014).

2.2.2. Objetivo y Componentes Básicos de los Automatismos

El principal objetivo de la automatización es buscar tener un control total de la planta sin la intervención humana, empleando la parte operativa y de control, véase en la tabla 12. Además, presenta otros objetivos característicos: repetitividad del proceso, alto rendimiento, optimizar periodos productivos, velocidad del proceso, constancia productiva, facilidad de acciones productivas dificultosas (Orozco y otros, 2008).

Tabla 12

Componentes de un Automatismo

Parte	Descripción
Operativa	Es el conjunto de dispositivos, máquinas y/o subprocesos diseñados para realizar funciones productivas correspondientes en mayoría a la potencia enérgica.
Control	Conformada por los elementos del procesamiento y/o mando, interfaz de comunicación y de diálogo con el hombre.

Nota. Información recopilada de (Orozco y otros, 2008).

2.2.3. Tipos de Automatización

La automatización al emplear componentes y tecnología es necesario que sean capaces de un correcto acoplamiento para el sistema, por este motivo hay tipos de automatización, mostrados en la tabla 13.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 13

Descripción de los Tipos de Automatización

Tipos	Descripción de la automatización
Fija	Se realiza para producciones de gran volumen, y por tal razón son justificables económicamente los elevados costos del diseño. Un inconveniente es su ciclo de vida porque va acorde a la circulación en el mercado del producto.
Programable	Se utiliza cuando el volumen de producción es bajo. Se diseña el sistema para adaptarse a las variaciones de configuración del producto, por medio de un programa (software) se realiza la adaptación.
Flexible	Se utiliza cuando el volumen de producción es medio, contiene características fijas y programables, están compuestos por estaciones de trabajo interconectadas, las cuales están controladas por una computadora.

Nota. Información recopilada de (Andres, 2010).

2.2.4. Ventajas y Desventajas de la Automatización

Debido a la gran diversidad de empresas, sus diferencias, particularidades, procesos industriales, se tiene que analizar si es conveniente realizar un determinado nivel de automatización, el cual cumplirá con las exigencias técnicas, por este motivo se debe analizar las ventajas y desventajas mostradas en la tabla 14 y 15.

Tabla 14

Descripción de las Ventajas de la Automatización

Aspectos	Descripción
Repetición	Procesos repetitivos de forma ininterrumpida con una disponibilidad de 24h, recomendable para empresas con producción periódica.
Niveles de calidad	Mayor nivel de precisión a un proceso manual. Sin presencia de tiempos muertos por errores o cambio del proceso.
Ahorro de costes	Eficiencia energética, materias primas y mano de obra. Reduciendo costes, suministros y stock.
Tiempo	Reducción significativa de tiempo de producción.
Seguridad del personal	Aumento de la seguridad del personal, mejora en la exposición a condiciones peligrosas como grandes pesos, temperaturas elevadas, entre otras.
Flexibilidad	Adaptación a especificaciones técnicas de cada empresa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Flujo de datos	Mejora en la comunicación de datos y toma de acciones.
Ventaja competitiva	Aumenta la competitividad en el mercado al ofrecer productos de mejor calidad y menor tiempo.

Nota. Información recopilada de (MCR, 2016).

Tabla 15

Descripción las Desventajas de Automatización

Aspectos	Descripción
Personal	El personal es especializado y un mayor coste de servicio.
Coste de la inversión	Algunas empresas pueden percibir un coste elevado, sin tener en cuenta el retorno sobre la inversión.
Dependencia tecnológica	La empresa puede ser ligada por contratos de mantenimiento o necesidades de desarrollo específicas.
Obsolescencia tecnológica	Existe riesgo de obsolescencia, debe tener en cuenta la amortización de la inversión, su retorno, entre otros factores.

Nota. Información recopilada de (MCR, 2016).

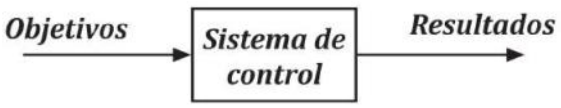
2.2.5. Sistema de Control

Es un conjunto de dispositivos que interactúan entre ellos para administrar, ordenar, dirigir y regular el desarrollo de un proceso y obtener un resultado preestablecido o esperado. Los sistemas automatizados usan una programación para resolver problemas al tratarlos secuencialmente (Molina, 2019).

El objetivo del conjunto de elementos del sistema de control es controlar una salida o resultado, al tratar un modo de control sobre la señal de entrada, como se muestra en la figura 5 (Aguilar & Mayanga, 2019).

Figura 5

Componentes simplificados de un sistema de control



Nota. Tomado de (Aguilar & Mayanga, 2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.6. Tipos de Sistemas de Control

2.2.6.1. Sistema de control a lazo abierto

Larico, define como sistema de control de bucle abierto, debido a que no hay una corrección automática en la salida, es decir, no existe una realimentación entre salida y entrada. Por este motivo, el sistema no puede emitir una salida deseada ni considerar perturbaciones y los cambios se efectúan manualmente. Los sistemas abiertos se componen de controlador y proceso controlado, expresado en la figura 6. Además, se caracterizan por ser simples, de construcción, diseño, económicos y estables, pero poco confiables, inexactos y sin correcciones automáticas (Larico, 2019).

Figura 6

Sistema de control a lazo abierto



Nota. Tomado de (Aguilar & Mayanga, 2019).

2.2.6.2. Sistema de control a lazo cerrado

Larico, describe como un sistema donde la salida afecta a la entrada para mantener un valor preestablecido. En el sistema cerrado al tener retroalimentación se corrigen las perturbaciones de manera automática. Cabe destacar que la variable de salida se compara con la entrada y genera una señal de error, dicha señal es enviada a los elementos de control para realizar una acción correctiva y generar una salida del sistema adecuado, mostrado en la figura 7. Además, el sistema toma en cuenta las perturbaciones y su corrección. El sistema se caracteriza por un control preciso, estable, respuesta oscilatoria, baja afectación de ruido y reducción de ganancia general, pero son costosos, sofisticados y de complejo diseño (Larico, 2019).

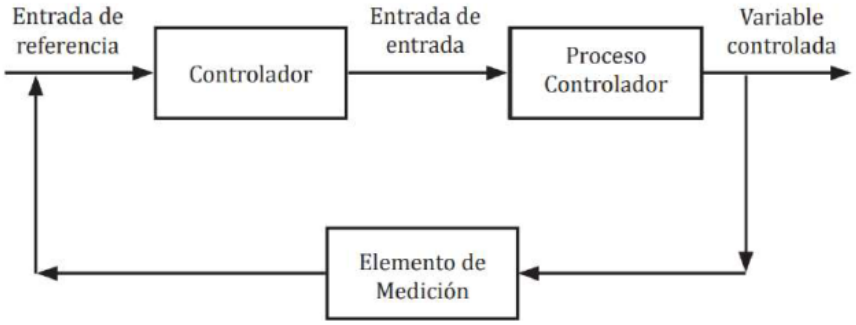
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 7

Sistema de control a lazo cerrado



Nota. Tomado de (Aguilar & Mayanga, 2019).

2.2.6.3. Control ON-OFF

"El regulador on/off se distingue por tener una señal de comando que alterna entre dos estados, similar a un controlador proporcional con una alta ganancia que rápidamente alcanza la saturación. Comúnmente, en sistemas que incorporan este tipo de elementos, se observa una oscilación característica denominada ciclo límite, cuyos parámetros varían según las condiciones de diseño específicas. Este tipo de comando de dos estados es considerado un elemento no lineal" (Larico, 2019).

Las posiciones del controlador on/off, pueden ser descritas a través de la siguiente formulación matemática:

$$u(t)\begin{cases} U_{max} = M & si\ e(t) > 0 \\ U_{min} = -M & si\ e(t) < 0 \end{cases}$$

Donde:

$e(t)$ = Error de control

$u(t)$ = Variable de entrada al proceso a controlar

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.6.4. Comparación de los sistemas de control

Dependiendo de la automatización a un proceso determinado es necesario determinar el uso del sistema de control:

- El lazo abierto caracterizado por ser de simple de diseño, económicos, pero de baja confiabilidad e inexactos.
- El lazo cerrado genera una retroalimentación para un efectivo control, pero son costosos y de complejo diseño.

2.2.7. Variables de Interferencia en el Sistema de Control

Los sistemas de control presentan diferentes comportamientos dinámicos, que al ser controlados empleando diversos métodos matemáticos, generan cambios en los valores a mantener. Para ellos de definirán las siguientes variables relevante:

2.2.7.1. Histéresis

Creus, define como el rango máximo visualizado entre los valores preestablecidos de la señal de salida para un mismo valor del proceso, que se da por medio de un desplazamiento completo en ambos sentidos de la variable (Creus, 2010).

2.2.7.2. Ruido

Según Creus, es aquella perturbación en forma eléctrica o de una señal no deseada que altera la transmisión, indicación o registro de los valores adquiridos. La forma de señal de salida es la suma del ruido latente más el voltaje de salida (Creus, 2010).

2.2.8. Modo de Operación de Controladores Automáticos Industriales

Un controlador automático se caracteriza por comparar un valor real de la salida (planta) con el valor deseado (Set-Point), así disminuir el error del sistema de control. Mientras que el controlador toma una acción de control para determinar la desviación y genera una señal de control que tiende a cero el valor de la desviación (Paz, 2011).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

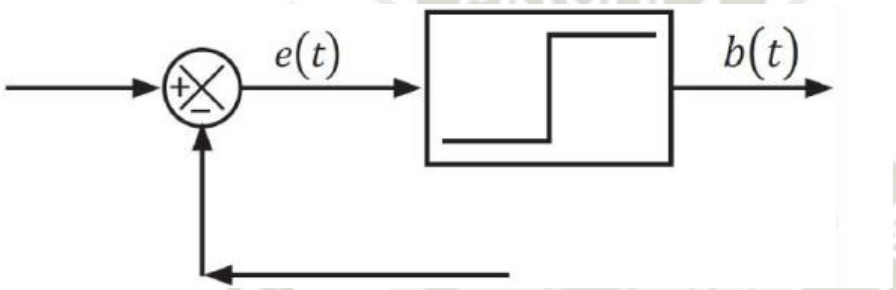
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.8.1. Controlador de dos posiciones o de encendido-apagado

Este tipo de control es barato y sencillo. La finalidad se basa en dos estados: encendido (señal 0) o apagado (señal 1), es decir, si la salida es b(t) y la señal de error es e(t), la señal del controlador b(t) permanece en un valor máximo o mínimo, detallado en la figura 8. Entonces, si e(t) es menor a cero pasa a un estado y si es positivo pasa a otro estado (Aguilar & Mayanga, 2019).

Figura 8

Acción controlador de dos posiciones



Nota. Tomado de (Aguilar & Mayanga, 2019).

2.2.8.2. Controlador de dos posiciones o de encendido-apagado con salto diferencial

Denominado brecha diferencial, debido a que la acción de encendido y apagado se da fuera de un rango de error preestablecido, mostrado en la figura 9. Mencionada brecha permite que la salida del controlador mantenga un valor hasta el momento en el cual la señal se salga del rango de error. Dicho concepto es parametrizado para evitar una acción demasiada recurrente del accionamiento del actuador, como se puede apreciar en la figura 10.

Es posible realizar una reducción de la brecha diferencial basándose en la precisión requerida del sistema y la vida útil de las partes accionantes, pero generara un incremento de las conmutaciones (Ogata, 2010).

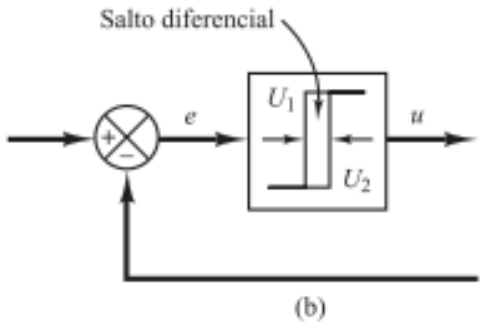
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 9

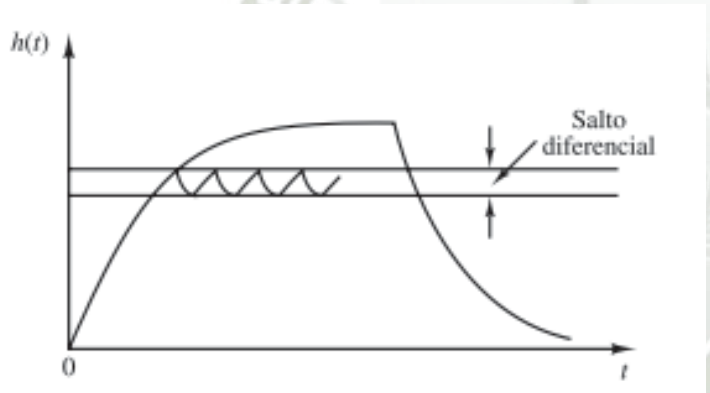
Diagrama de bloque de un control con salto diferencial



Nota. Tomado de (Ogata, 2010).

Figura 10

Ejemplo de un control con salto diferencial en el tiempo



Nota. Tomado de (Ogata, 2010).

2.2.9. Elementos de un Sistema de Control Industrial

Ogata menciona que es posible expresar un sistema de control empleando un diagrama de bloques expresados en la figura 11. Los cuales se conforman por los siguientes elementos detallados en la tabla 16 (Ogata, 2010).

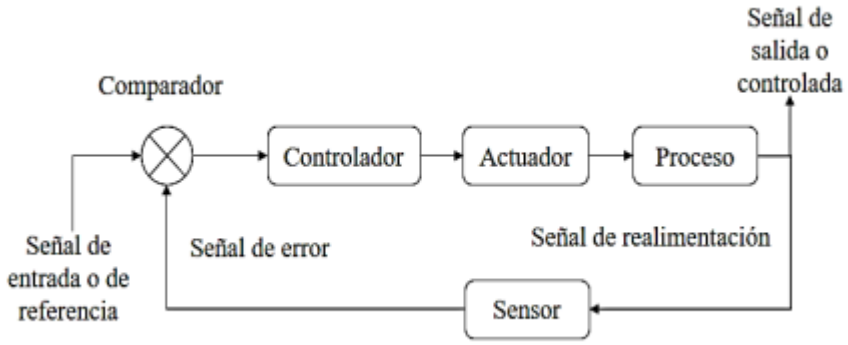
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 11

Diagrama de bloque de un sistema de control



Nota. Tomado de (Valdivia Ortega, 2021).

Tabla 16

Descripción de los Elementos del Sistema de Control

Elementos	Descripción
Comparador	Componente encargado de comparar la entrada de referencia predeterminada por el usuario frente a la señal de error producida por la acción de control al proceso.
Controlador	Encargado del procesamiento de la señal de error obtenida del comparador, aplicando acciones de control como on-off, on-off histéresis, proporcional, derivativa, integral y sus combinaciones.
Actuador	Es un elemento accionante, que produce una potencia en la entrada del proceso para obtener una señal de salida cercano al valor de referencia.
Proceso	Composición de partes que interactúa física y/o químicamente para ser controlados.
Sensor	Dispositivo(s) encargados de estandarizar un tipo de variable de salida para luego ser procesadas por el controlador.

Nota. Información recopilada de (Ogata, 2010).

2.2.10. Sensores

2.2.10.1. Características de un sensor

Es un dispositivo encargado de convertir una señal física o química denominadas variables de instrumentación en una señal eléctrica. Dichas variables usan sensores como: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, velocidad, desplazamiento, presión, fuerza, humedad,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

pH, entre otras. Mientras que las señales eléctricas pueden ser: resistencia eléctrica, capacidad eléctrica, tensión eléctrica, corrientes eléctricas, entre otras. Algunas características se detallan en la tabla 17 (Abril & Xavier, 2010).

Tabla 17

Principales Características de un Sensor

Características	Descripción
Rango de medida	Conjunto de valores medidos por una magnitud que puede aplicarse al sensor.
Exactitud	Se refiere a que tan cerca del valor real se encuentra el valor medido.
Offset	Valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula.
Linealidad	Variables (A y B) existirá correlación si al aumentar los valores de A lo hacen también los de B y viceversa.
Sensibilidad	Mínima variación de la señal de entrada que puede apreciarse a la salida.
Rapidez de respuesta	Tiempo que depende de cuánto varíe la señal a medir. También depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la señal de entrada.
Derivas	Son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida.
Repetitividad	Error al repetir varias veces la misma medida.

Nota. Información recopilada de (Abril & Xavier, 2010).

2.2.10.2. Sensor de potencia de hidrógeno

El sensor potencial de hidrógeno es un instrumento que mide la acidez o alcalinidad de una solución, un ejemplo en la figura 12, donde la unidad de medida es el pH, la cual indica el grado de acidez o alcalinidad en un rango de 0 a 14. La información cuantitativa expresa el grado de acidez de un ácido o alcalinidad de una base en términos de actividad de los iones de hidrógeno. El valor de pH guarda relación directa con la proporción de iones de hidrógeno (H+) e hidroxilo (OH-). Si la concentración de (H+) es equivalente a (OH-) entonces es una sustancia neutra con pH de 7. Una mayor concentración de (H+) con respecto a (OH-) es una sustancia ácida y en su inversa una sustancia básica (Omega, 2015).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 12

Ejemplo de un sensor de potencial de hidrógeno



Nota. Tomado de (Omega, 2015).

2.2.10.3. Sensor de conductividad eléctrica

El principio del sensor se basa en la conductividad eléctrica específica (mS/cm), describe la capacidad de una sustancia (líquido, metales, gases) para conducir la corriente eléctrica. En líquidos es causado por iones cargados positivos y negativos que interactúan con un campo eléctrico aplicado. Los sensores de conductividad usan electrodos conductores (platino, oro, acero, titanio, grafito no metálico) de contacto directo con el medio. Los parámetros principales medidos son la tensión y la corriente aplicada. La interdependencia de ambos parámetros por la ley de Ohm, se determina el cálculo de la conductancia (Siemens) y multiplica por la constante Celular, da el resultado de conductividad de la sustancia. En la figura 13 se muestra un ejemplo del sensor (Optek, 2019).

Figura 13

Ejemplo de un sensor de conductividad eléctrica



Nota. Tomado de (Optek, 2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.10.4. Sensor de nivel

Los sensores de nivel (interruptor de nivel o sensor de boya), es un instrumento que contiene un interruptor de contacto (reed switch) y un flotador magnético, el movimiento del flotador se abre y cierra el contacto eléctrico. Es decir, el sensor funciona detectando la presencia del líquido en tanques o depósitos en el cual se fijaron, indicando por medio de una señal ON/OFF: nivel de llenado, vaciado u otra definición establecida. Al ser componentes fijados no son perturbados por ondulaciones y vibraciones. Asegurando una mejor fiabilidad y repetibilidad. En la figura 14 se muestra un ejemplo del sensor (Eicos, 2017).

Figura 14

Ejemplo de un sensor de nivel



Nota. Tomado de (Eicos, 2017).

2.2.10.5. Características de un transductor

El transductor es un instrumento que capta la variable del proceso y la transmite a distancia a un instrumento indicador o controlador, siendo la función principal de tomar la señal y convertirla en una señal estandarizada para el instrumento receptor. Por ejemplo: neumática (3-15 PSI), electrónica (4-20 mA o 0-10 VDC), digital (0-5 V) y entre otras (Mavainsa, 2007).

2.2.11. Actuadores

2.2.11.1. Características de un actuador

Es un dispositivo que transforma un tipo de energía (hidráulica, neumática, eléctrica, térmica, entre otras) para la activación de un proceso, así generar un efecto sobre un proceso. El actuador recibe la orden del regulador o controlador para ejecutar la activación de un elemento de control (Gutiérrez & Iturralde, 2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.11.2. Actuador electroválvula

Es un dispositivo que controla el flujo de líquidos o gases. La válvula utiliza la fuerza electromagnética para funcionar, una corriente eléctrica pasa por la bobina del solenoide y genera un campo magnético que mueve una varilla de metal ferroso. Por lo general operan de forma abierta o cerrada. Al final del efecto del campo magnético, el émbolo retorna a su posición por efecto de gravedad, resorte o presión de fluido. En la figura 15 se muestra un ejemplo del actuador (Hntools, 2020).

Figura 15

Ejemplo de un actuador electro válvula



Nota. Tomado de Fuente (Hntools, 2020).

2.2.11.3. Actuador bomba peristáltica

La bomba peristáltica se basa en el funcionamiento de rodillos o zapatas que comprimen la manguera al girar, creando un vacío que succiona el fluido a través de esta. Una notable característica es que solo la manguera entra en contacto con el líquido eliminando contaminación. El cierre total se da al comprimir la manguera en su posición de reposo evitando el reflujo. En la figura 16 se muestra un ejemplo del actuador (Watson, 2018).

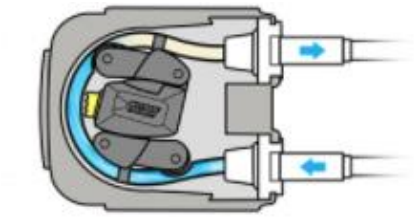
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 16

Ejemplo de un actuador bomba peristáltica



Nota. Tomado de (Watson, 2018).

2.2.12. Controlador

Un controlador logo, ofrece soluciones para aplicaciones domésticas e ingeniería, también permite implementar sistemas de control especiales en invernaderos o invernáculos para el procesamiento de señales de control y mediante conexión de un módulo de comunicación (AS-i), para el control distribuido local de máquinas y procesos, en la tabla 18 se muestran características de un módulo lógico universal siemens (Siemens A. , 2014).

Tabla 18

Características de un Módulo Lógico Universal Siemens

Puntos	Descripción
1	Controles.
2	Unidad de mando y visualización con retroiluminación.
3	Fuente de alimentación.
4	Interfaz para módulos de programa y cable de PC.
5	Interfaz para visualizador de textos HMI (opcional).
6	Funciones básicas para conexión retardada, desconexión retardada, relés de corriente, e interruptor de software.
7	Reloj temporizador.
8	Marcas digitales y analógicas.
9	Determinadas entradas y salidas según tipo de equipo.

Nota. Información recopilada de (Siemens A. , 2014).

El controlador cuenta con un tamaño compacto y bajo coste, brindando mayor potencia de procesamiento, ideal para reemplazar automatismos efectuados con temporizadores electrónicos,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

relés encapsulados, cableado rígido, entre otros. En la figura 17 se muestra un nano PLC LOGO 8 (Siemens A. , 2014).

Figura 17

Ejemplo de nano PLC LOGO 8 y módulos de ampliación



Nota. Tomado de (Siemens A. , 2014).

2.2.13. Características de los Autómatas Programables

2.2.13.1. Definición de autómata programable

El autómata programable o controlador lógico programable es un componente electrónico, enfocado en controlar en tiempo real procesos industriales de manera secuencial. Es decir, cumplir un programa que al ingresar señales de entrada activan y controlan señales de salida internamente. Las funciones lógicas del programa pueden realizarse en: serie, paralelo, temporizado, conteo, cálculos, regulaciones, entre otras (Ahumada, 2017).

2.2.13.2. Funcionamiento

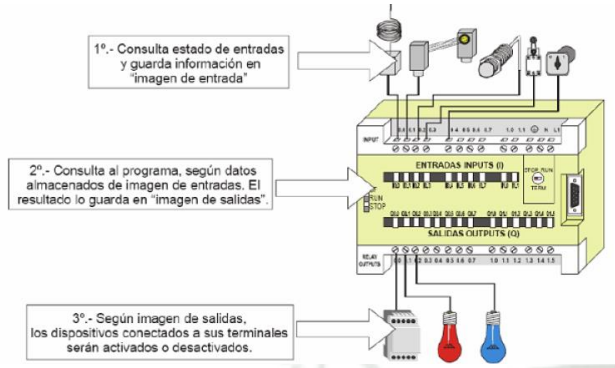
El autómata programable ejecuta ordenadamente instrucciones del programa cargado en su memoria, así envía señales de mando con relación a las señales de entrada para obtener un cambio deseado en la salida del proceso, como se muestra en la figura 18 (Ahumada, 2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 18

Funcionamiento de un autómata programable



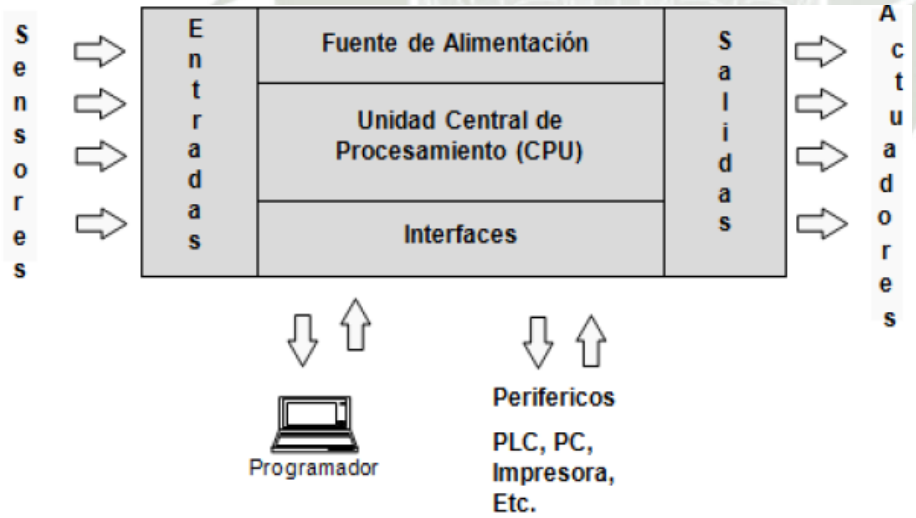
Nota. Tomado de (Siemens A. , 2014).

2.2.13.3. Estructura

La estructura básica de un autómata programado, se detalla en la figura 19 y la descripción en la tabla 19.

Figura 19

Estructura básica de un autómata programable



Nota. Tomado de (Siemens A. , 2014).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 19

Componente de la Estructura de un Autómata Programable

Componentes	Descripción
Fuente de alimentación	Encargada proporcionar la tensión eléctrica necesaria para el autómata, puede dar en un voltaje alterno o continuo.
Unidad central de proceso	El CPU está encargado de interpretar las instrucciones del programa consultando y procesando el estado de las entradas para gestionar la activación de las salidas.
Módulo de entrada	Por medio de los captadores: pasivos (estado lógico activado o desactivado) o activos (estado suministrado por una tensión), en intervalos de tiempo ingresa el estado de la entrada a la memoria para ser procesada por el CPU.
Módulo de salida	Luego de procesar las entradas por medio del CPU envía a los módulos de salida (relés, triac y transistores de colector abierto) para activar o desactivar los actuadores.

Nota. Información recopilada de (Ahumada, 2017).

2.2.13.4. Ventajas y desventajas

En la tabla 20 y tabla 21, se detallan las ventajas y desventajas respectivamente.

Tabla 20

Ventajas del uso de Autómatas Programables

Aspectos	Descripción
Flexibilidad	Un control por PLC tiene la capacidad de adaptarse a cualquier máquina o proceso.
Modificación del programa	La lógica cableada requiere de tiempo y recableado para una alteración, mientras que un cambio de control o corrección de errores en un PLC se puede realizar por una modificación del programa y cableado parcial.
Capacidad de contactos	Un PLC cuenta con una gran capacidad de contactores para cada bobina disponible en su programación. Mientras que la lógica cableada es necesario de añadir relevadores o bloque de contactores para un rediseño de control.
Menor costo	Un PLC puede contar con relevador, temporizador, contadores, secuenciadores, entre otros. A un menor precio que comprar independientes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Observación visual	La operación de un circuito programado puede ser monitorizado y solucionarse por medio de una pantalla, además puede añadirse mensajes de cada posible falla.
Velocidad de operación	La ejecución de un programa en un PLC se da en milisegundos y está determinada por el tiempo de SCAN (búsqueda).
Método de programación	Un PLC permite realizar la programación por diferentes lenguajes (Ladder, booleano, etc.) por medio de un terminal.
Confiabilidad	Un PLC está fabricado por componentes electrónicos de estado sólido con altos estándares de confiabilidad.
Elementos de control	Un PLC puede disponer con diferentes elementos de control: contadores, relevadores, etc. en un mismo componente.
Documentación	Permite obtener el estado de los componentes en cualquier momento del tiempo así facilita su verificación y mantenimiento.
Seguridad	Un PLC permite generar un código de seguridad para tener un acceso al programa y sus terminales.

Nota. Información recopilada de (Ahumada, 2017).

Tabla 21

Desventajas del Uso de Autómatas Programables

Aspectos	Descripción
Tecnología	Nuevas actualizaciones y sistemas complejos requieren de un mayor dominio para satisfacer las necesidades de control.
Aplicación	Para circuitos de control simples sin grandes cambios es más efectivo el uso de relevadores. Además del costo que implica.
Consideraciones ambientales	Los equipos electrónicos como el PLC pueden sufrir interferencias frente a condiciones de alta temperatura y gran vibración.

Nota. Información recopilada de (Ahumada, 2017).

2.2.13.5. Lenguaje de programación

Ante la necesidad de disminuir los cuadros de maniobra, es que aparece un lenguaje de programación fácil de interpretar por los técnicos. En la tabla 22 se muestran los lenguajes de programación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 22

Ventajas del Uso de Autómatas Programables

Lenguaje	Descripción
Contactos ladder	Es una representación gráfica semejante a los esquemas de contacto. La estructura está compuesta por contactores normalmente abiertos, cerrados, elementos de cálculo aritméticos, operaciones de comparación, algoritmos de regulación entre otras para así facilitar la elaboración por el usuario.
Lista de instrucciones	Único lenguaje en autómatas de baja gama, se elabora una lista de instrucciones o mnemónicos hacen uso de operadores booleanos (AND, OR, NOT, etc.) para implementar el circuito de control. Es de rápida programación y efectividad.
Diagrama de funciones	Es un lenguaje gráfico haciendo uso de bloque de funciones (representación de símbolos lógicos) del PLC, así interconectados como un circuito eléctrico. Es un lenguaje fácil de usar, debido a que guarda relación con la lógica de compuertas.

Nota. Información recopilada de autores (Ahumada, 2017) (Tarco & Jaime, 2010).

2.2.14. Software

2.2.14.1. Software de LOGO

El software encargado de la conexión PC al controlador y viceversa es el Logo Soft Comfort. Mencionado software presenta diversas funciones y características, mostrados en la tabla 23 (Siemens A. , 2014).

Tabla 23

Algunas Funciones del Software

Puntos	Descripción
1	Creación off line de programas.
2	Lenguajes empleados: diagrama de funciones (FUP), esquema de contactos (KOP).
3	Herramienta de simulación del circuito programado.
4	Generación e impresión de un diagrama de conjunto del circuito.
5	Protección de datos del programa en disco duro, u otros medios.
6	Transferencia bidireccional entre Logo y PC.
7	Lectura del contactor de horas en funcionamiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

8	Ajuste de la hora.
9	Calibración de horario de verano e invierno.

Nota. Información recopilada de (Siemens A. , 2014).

2.2.14.2. Logo Soft Comfort

Mediante el software se pueden crear programas de conmutación de manera eficaz, manejable y sencilla. Los programas se generan en la PC mediante drag and drop (arrastrar o colocar).

Permitiendo la capacidad de creación de programas para estimar la variante de logo a usar. La opción on-line permite verificar el estado de funciones especiales y documentar minuciosamente los programas de conmutación (Siemens A. , 2014).

La programación permite dos tipos de lenguaje de programación, el diagrama de bloques (FBD) y diagrama de contactos (KOP). Además, incluye funciones personalizadas para la factibilidad de uso: 8 funciones básicas, 14 funciones de temporizador, 3 funciones de contador, 13 funciones analógicas, 8 misceláneos y 1 data log (Siemens A. , 2014).

El software Logo Soft Comfort mostrado en la figura 20, puede mostrar hasta 16 dispositivos conectados. El software ejecuta programación secuencial y simulación sin presencia de un PLC físico.

También cuenta con la conmutación simulada para visualizar y establecer valores de parámetros reales como temperatura, nivel, etc. Por último, es posible simular funciones de conmutación dependientes de la hora y fecha (Siemens A. , 2014).

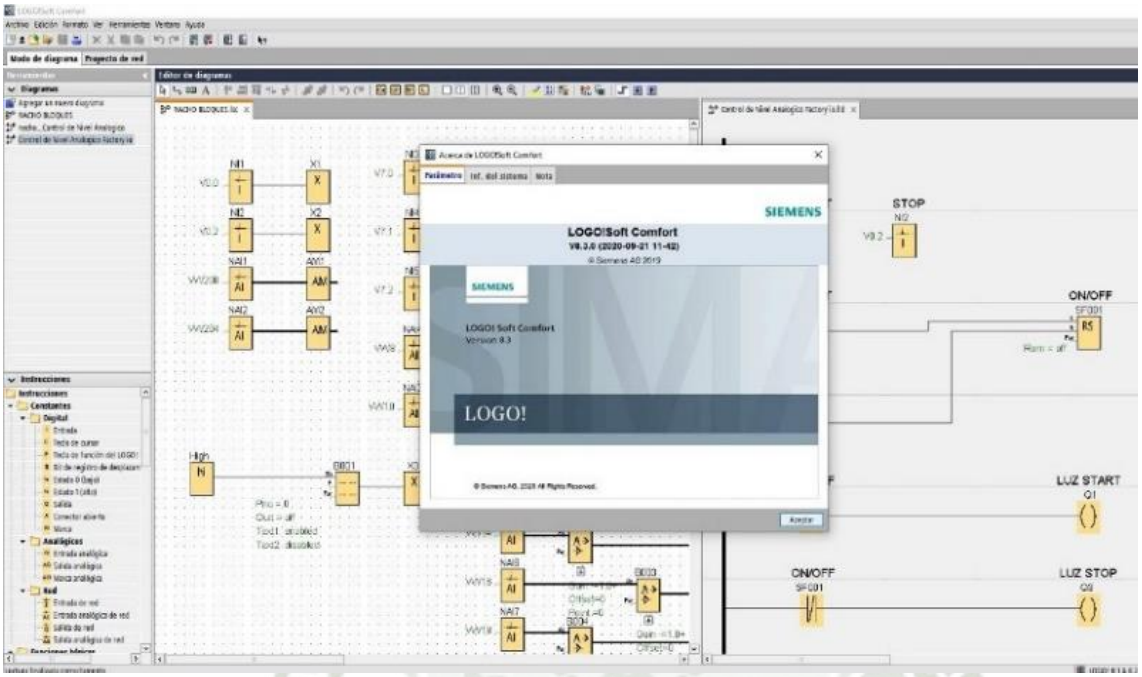
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 20

Interfaz Logo Soft Comfort V8.3.



Nota. Ejemplo de un programa Logo Soft Comfort v8.3.

2.2.14.3. Conectar el cable de PC

Para la conexión del controlador Logo a la PC se usará un cable Ethernet y dispositivo de adaptación de puerto serial a USB (previa instalación de driver en el PC). Conectando el cable Ethernet al módulo del Logo y el extremo al puerto serial de la PC (Siemens A. , 2014).

2.2.14.4. Conectar Logo en modo operación PLC-LOGO

La conmutación el controlador Logo se da en modo de transferencia, siendo de dos formas: secuencia para conmutar el controlador logo en encendido o en automático, detallado en la tabla 24 y 25 respectivamente (Siemens A. , 2014).

Tabla 24

Secuencia para Conmutar LOGO al Modo PLC-LOGO

Puntos	Pasos a seguir
1	Conmute Logo al modo de operación programación: modo RUN: ESC y después ejecute el elemento de menú STOP.
2	Seleccione PC/CARD: teclas abajo ó arriba.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3	Pulse ACEPTAR.
4	Seleccione PC-LOGO: teclas abajo ó arriba.
5	Pulse ACEPTAR.
6	Logo quedará en modo PC-LOGO.

Nota. Información recopilada de (Siemens A. , 2014).

Tabla 25

Secuencia para Conmutar LOGO Automáticamente al Modo PLC-LOGO

Puntos	Pasos a seguir
1	Desconecte la tensión de alimentación de LOGO.
2	Inserte el cable.
3	Conecte nuevamente la red.

Nota. Información recopilada de (Siemens A. , 2014).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Metodología de Investigación

La metodología de la presente investigación se centra en el desarrollo e implementación de un sistema de control automatizado para cultivos hidropónicos, abarcando las etapas de análisis, diseño, implementación y validación. Se empleó un enfoque experimental que permitió probar y ajustar los componentes del sistema en un entorno controlado. Las variables estudiadas incluyen la conductividad eléctrica, el potencial de hidrógeno y el nivel de líquido, fundamentales para garantizar un entorno óptimo para los cultivos hidropónicos.

3.2. Tipo de Investigación

El proyecto corresponde a una investigación aplicada, ya que busca resolver un problema práctico mediante el desarrollo de una solución tecnológica. Además, se considera de tipo experimental, puesto que se evaluaron las variables del sistema en un prototipo diseñado específicamente para probar la eficiencia y estabilidad del control automatizado bajo condiciones controladas.

3.3. Diseño de Investigación

El diseño pertenece al tipo cuasi-experimental, ya que se trabajó con un prototipo diseñado para manipular y controlar las variables principales de la solución nutritiva, permitiendo evaluar su impacto sin necesidad de realizar un experimento completamente aleatorizado. Este diseño permitió establecer comparaciones entre el sistema automatizado y el manejo manual de las variables para validar su efectividad.

El diseño se fundamentó en una estructura basada en un enfoque secuencial desde la identificación de requerimientos hasta la implementación y prueba del sistema de control. Se priorizaron los lineamientos y procedimientos experimentales que aseguraron la coherencia entre los objetivos planteados y la metodología.

El proceso incluyó las siguientes etapas:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. **Recolección de Requerimientos:** Se identificaron los requerimientos técnicos y operativos mediante la revisión de literatura técnica y consultas con expertos en hidroponía.
2. **Diseño del Sistema de Control:** Se elaboraron los diagramas P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) y los esquemas eléctricos que integran los sensores, actuadores, el controlador y el sistema de alimentación eléctrica.
3. **Selección de Componentes:** Se seleccionaron sensores para medir la conductividad eléctrica, pH y nivel de líquido, actuadores como electroválvulas y bombas sumergibles, y un controlador lógico programable (PLC) para el manejo centralizado del sistema.
4. **Desarrollo del Software:** Se programó el sistema de control utilizando herramientas de programación compatibles con el controlador seleccionado, asegurando su funcionalidad para el monitoreo y ajuste en tiempo real.
5. **Montaje y Configuración:** Se ensambló el sistema en un tablero de control, verificando la correcta conexión de todos los componentes y su operatividad.
6. **Pruebas Experimentales:** Se realizaron pruebas en un entorno controlado para evaluar el desempeño del sistema automatizado en comparación con un manejo manual de las variables.

El diseño se centró en garantizar la estabilidad, precisión y reproducibilidad del sistema, considerando las mejores prácticas descritas en el documento y la experiencia de los desarrolladores en sistemas automatizados para aplicaciones agrícolas.

3.4. Técnicas e Instrumentos

3.4.1. Técnicas

Para el desarrollo de este proyecto se emplearon las siguientes técnicas:

a) **Observación Directa:** Se utilizó para identificar los requerimientos funcionales del sistema de control y analizar el comportamiento de las variables en un sistema hidropónico convencional.
b) **Pruebas Experimentales:** Se llevaron a cabo para evaluar el desempeño del sistema automatizado en el control de la conductividad eléctrica, el potencial de hidrógeno y el nivel de líquido, comparándolo con el manejo manual.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c) **Simulación:** Se realizaron simulaciones computacionales para predecir el comportamiento del sistema de control y validar los algoritmos implementados en el controlador.

3.4.2. Instrumentos

a) **Sensores:**

- Sensor de conductividad eléctrica: Para medir la concentración de sales disueltas en la solución nutritiva.
- Sensor de pH: Para monitorear y ajustar el nivel óptimo de acidez o alcalinidad.
- Sensor de nivel de líquido: Para verificar la disponibilidad de la solución nutritiva en el sistema.

b) **Controlador Lógico Programable (PLC):** Responsable de procesar los datos recolectados por los sensores y ejecutar las acciones necesarias para ajustar las variables.

c) **Actuadores:**

- Bombas sumergibles: Para regular el flujo de la solución nutritiva.
- Electroválvulas: Para controlar la adición de agua o nutrientes en el sistema.

d) **Software de Simulación:** Herramientas computacionales utilizadas para modelar y analizar el comportamiento del sistema de control antes de su implementación.

e) **Tablero de Control:** Diseñado para integrar todos los componentes electrónicos y garantizar una operación segura y eficiente.

f) **Instrumentos de Medición:** Multímetro, medidor de temperatura y herramientas auxiliares para verificar la operatividad de los componentes electrónicos y mecánicos.

3.5. Campo de Verificación

3.5.1. Ubicación Temporal

La investigación se realizará durante el año 2024.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.5.2. Ubicación espacial

La investigación se llevará a cabo en la ciudad de Arequipa, en instalaciones experimentales con acceso a los recursos necesarios para desarrollar y validar el sistema hidropónico automatizado, según los requerimientos establecidos.

3.5.3. Unidades de Estudio

Las unidades de estudio estarán conformadas por los componentes tecnológicos y funcionales del sistema de control, incluyendo sensores, actuadores y el controlador principal, así como las variables analizadas en la solución nutritiva: conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno y nivel de líquido. También se considerará el rendimiento de los cultivos como un indicador para evaluar la efectividad del sistema automatizado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

4.1. INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

En el presente proyecto se busca controlar los parámetros del proceso hidropónico de la solución nutritiva. Para ello se emplea: actuadores, sensores, transductores industriales para un desempeño de funcionamiento continuo. Un controlador industrial robusto, compacto y económico con mínimo de 2 entradas analógicas para los sensores, 3 entradas digitales para los sensores y pulsadores, 4 salidas relés para la activación de los actuadores y una pantalla de visualización para el monitoreo de los parámetros.

Además, cabe resaltar que el proceso es añadir sustancias hasta llegar a los valores preestablecidos para la solución nutritiva.

4.2. REQUERIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL

Según la investigación del marco teórico y la experiencia del productor, se tiene los parámetros necesarios para el control de la solución nutritiva en la hortaliza de lechuga hidropónica, los cuales son:

- En la variable de potencial de hidrógeno está comprendida en un rango recomendado de 5.6 pH a 6.2 pH y óptimo de 6 pH.
- En la variable de conductividad eléctrica, el rango recomendado es de 1.3 mS/cm a 1.5 mS/cm y óptimo para la tercera etapa de desarrollo a 1.4 mS/cm.
- La variable de nivel de líquido de la solución nutritiva, debe permanecer entre el 90% y 100% del volumen total, siendo el punto adecuado el restablecimiento de un 100% del volumen total de la solución nutritiva.
- La temperatura de la solución nutritiva en un rango adecuado de 18 °C a 25 °C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL

Una de las características relevantes del control tradicional de la producción hidropónica empleando el método NFT, se da en los tiempos de recirculación de la solución nutritiva, mencionados tiempos guardan relación directa con el método.

Dicha frecuencia de recirculación tiene influencia con el nivel de oxigenación de la solución nutritiva en los tubos con cultivo, el restablecimiento del estado de las variables de la solución nutritiva y el consumo energético del tiempo de encendido de la bomba para la recirculación de la solución nutritiva.

Entonces antes de cada recirculación de la solución nutritiva es necesario de mantener los valores de consigna, el sistema cuenta con un tanque o contenedor que almacena solución nutritiva para ser bombeado a los tubos de cultivo, lugar donde se realizara el restablecimiento con las condiciones al finalizar la recirculación, añadiendo los insumos necesarios según el cambio presente detectado por los sensores, para luego realizar la siguiente recirculación.

Teniendo en cuenta dichas características la estrategia de control ON/OFF HISTERESIS, la cual satisface la principal función de encendido y apagado condicionado y preestablecido del actuador en un determinado rango de funcionamiento.

Permitiendo cumplir con el propósito de diseño para el sistema de control. Encargado de agregar las soluciones correctoras para cada variable de manera específica en proporción al parámetro leído. En el instante preestablecido y ejecutando un restablecimiento de los valores de cada variable de la solución nutritiva.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

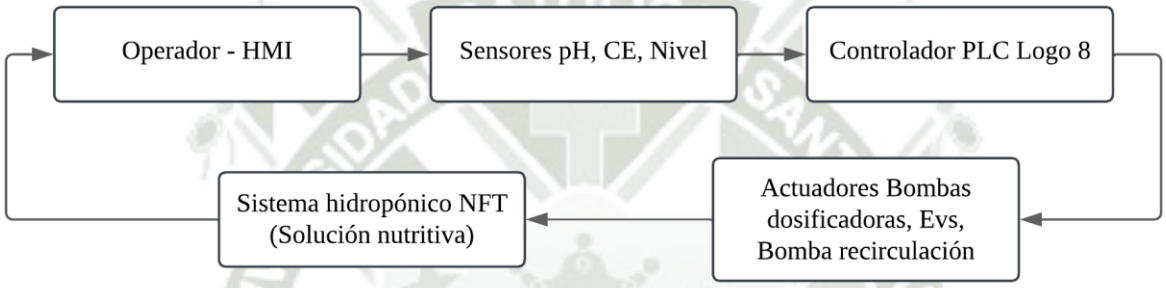
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL

Realizado la investigación del marco teórico y generando las variables involucradas para la implementación de un sistema automatizado del control de un proceso hidropónico, se explicará de manera genérica el funcionamiento del prototipo y las acciones de ejecución. Como se muestra a continuación en la figura 21.

Figura 21

Diagrama general del sistema de control



Nota. Elaboración propia.

El sistema de control mostrado en la figura se compone de cuatro bloques principales: el operador–HMI, los sensores, el controlador PLC Logo 8 y los actuadores conectados al sistema hidropónico NFT. El proceso inicia cuando el operador, a través del HMI, establece los valores de referencia para las variables de pH, conductividad eléctrica (CE), nivel de líquido y el monitoreo de la temperatura. Los sensores ubicados en el sistema hidropónico captan la información correspondiente a cada parámetro y la envían al controlador PLC Logo 8, donde se procesan las señales y se comparan con los valores preestablecidos. Según la diferencia entre el valor medido y el valor deseado, el controlador activa o desactiva los actuadores (bombas dosificadoras, electroválvulas y bomba de recirculación) con el fin de mantener las variables dentro del rango establecido. Finalmente, el sistema devuelve la información al operador mediante el HMI, mostrando los valores actuales de cada variable, las alarmas y el estado operativo general del sistema. Este flujo de comunicación permite visualizar y supervisar en tiempo real todo el proceso hidropónico, asegurando un control eficiente y automatizado de la solución nutritiva.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.5. VARIABLES DEL SISTEMA DE CONTROL

4.5.1. Variables a Controlar

- Potencial de hidrógeno: Por medio de la adquisición de datos del sensor y transductor, se ejecutará un procesamiento para generar una señal mando y activar en un periodo de tiempo de tres mini bombas de agua sumergibles simultáneamente para proporcionar solución nutritiva madres A, B, C al tanque colector, dependiendo de la diferencia establecida para el parámetro.
- Conductividad eléctrica: mediante la adquisición de datos del sensor y transductor, se ejecutará un procesamiento para generar una señal mando y la activación en un periodo de tiempo de una mini bomba de agua sumergible que proporcionará solución ácida al tanque colector, dependiendo de la diferencia establecida para el parámetro.
- Nivel de líquido: a través del sensor, la señal será procesada por el controlador para generar una señal mando, permitiendo la activación en un periodo de tiempo de una electroválvula que proporcionará agua procesada al tanque colector, dependiendo de la diferencia establecida para el parámetro.

4.5.2. Variables a Monitorear

- Temperatura de la solución nutritiva: Por medio de la adquisición de datos del sensor y transductor del potencial de hidrógeno o conductividad eléctrica, proporcionará dicho parámetro, el cual nos dará información de la condición actual de la variable.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

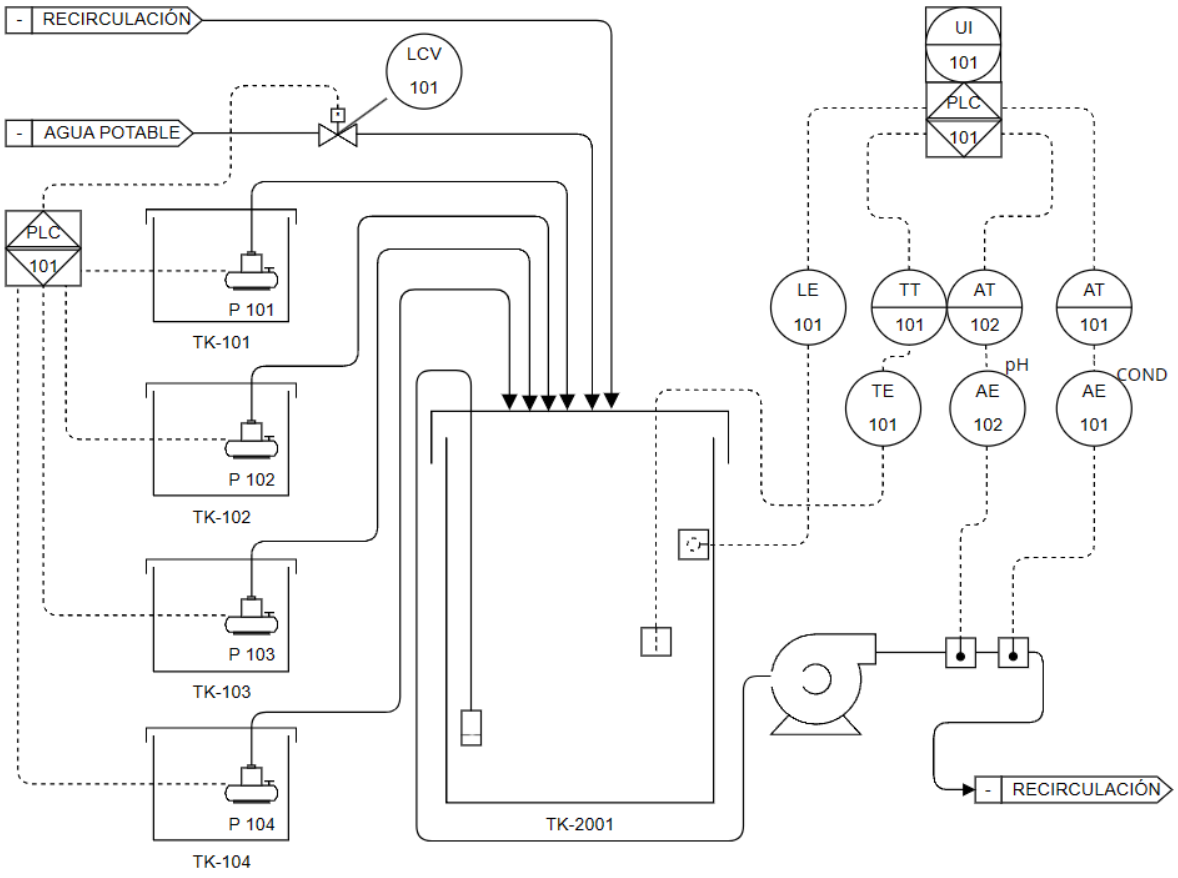
4.6. PROPUESTA DE DIAGRAMA P&ID

Mediante el diagrama P&ID se representa gráficamente los instrumentos a emplear y el proceso de automatización del sistema de control propuesto, además permite visualizar la relación de cada elemento de medición y control mediante un código, de tal manera que facilita la comprensión del proceso y los detalles de alcance, como se puede apreciar en la figura 22.

Los símbolos y nomenclatura para el desarrollo del diagrama de instrumentación serán elaborados mediante la norma ISA (Instrument Society of America), En la siguiente Tabla 26, se mostrará la nomenclatura y descripción de los elementos empleados.

Figura 22

Diagrama P&ID del proceso a automatizar



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 26

Nomenclatura y Descripción del Diagrama P&ID

Nomenclatura	Descripción
PLC-101	Controlador lógico programable.
UI-101	Pantalla del controlador.
AT-101	Transductor de conductividad eléctrica.
AT-102	Transductor de potencial de hidrógeno.
TT-101	Transductor de temperatura.
AE-101	Sensor de conductividad eléctrica.
AE-102	Sensor de potencial de hidrógeno.
TE-101	Sensor de temperatura.
LE-101	Sensor de nivel tipo interruptor flotador.
P-101	Bomba sumergible. Bombea solución madre nutritiva A.
P-102	Bomba sumergible. Bombea solución madre nutritiva B.
P-103	Bomba sumergible. Bombea solución madre nutritiva C.
P-104	Bomba sumergible. Bombea solución ácida.
TK-101	Tanque de solución madre A.
TK-102	Tanque de solución madre B.
TK-103	Tanque de solución madre C.
TK-104	Tanque de solución ácida.
TK-2001	Tanque de solución nutritiva.
LCV-101	Válvula solenoide de llenado del tanque con agua potable.

Nota. Elaboración propia.

4.7. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL

4.7.1. Descripción de los Sensores

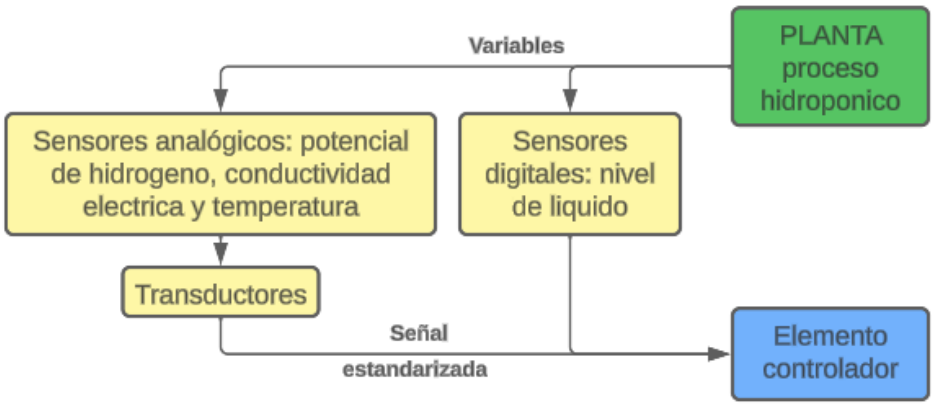
El subsistema a implementar permitirá la adquisición de datos por medio de sensores analógicos para la adquisición del potencial de hidrógeno, la conductividad eléctrica y la temperatura. Los cuales generan una señal en milivoltios (mV) y sus transductores amplifican a una señal estándar al controlador en voltios (V). Además, sensores digitales para el nivel de líquido como se puede apreciar en la figura 23.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 23

Diagrama general del subsistema de captadores

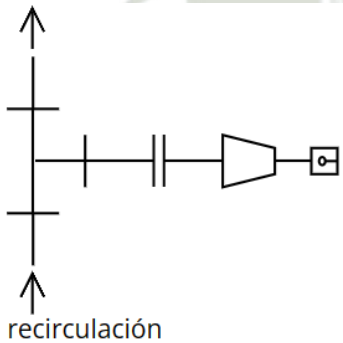


Nota. Elaboración propia.

En las siguientes figuras se muestra de manera simplificada la simbología de los elementos a emplear para el montaje de los sensores CE y pH para la recolección de datos de la tubería de recirculación. Como se muestra en la figura 24 y 25.

Figura 24

Diagrama simplificado para el montaje del sensor de CE



Nota. Elaboración propia.

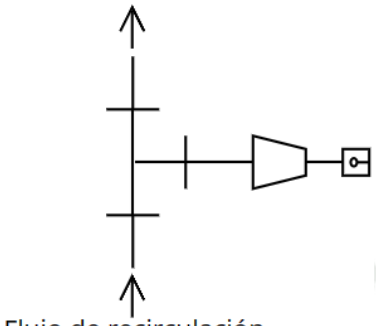
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 25

Diagrama simplificado para el montaje del sensor de pH



Nota. Elaboración propia.

Teniendo en consideración el diagrama P&ID y los expuesto en el punto 2.6.1 se propone emplear los siguientes componentes para el subsistema de captadores, como se muestra en la tabla 27.

Tabla 27

Lista de Componentes del Subsistema de Captadores

Puntos	Descripción de piezas	Cantidad	U.D.M.
1	Sensor de nivel.	1	Und.
2	Electrodo de pH.	1	Und.
3	Electrodo de CE.	1	Und.
4	Tubería en tee.	2	Und.
5	Tubería niple.	2	Und.
6	Tubería reductora.	2	Und.
7	Tubería de unión.	1	Und.

Nota. Elaboración propia.

4.7.2. Descripción de los Actuadores

El subsistema deberá activar/desactivar las electroválvulas para el agregado de agua procesada y las mini bombas sumergibles para el agradado de soluciones madres A, B, C y solución ácida, en un periodo de tiempo preestablecido luego del procesamiento del controlador, el cual dará la señal de mando como se observa en la figura 26.

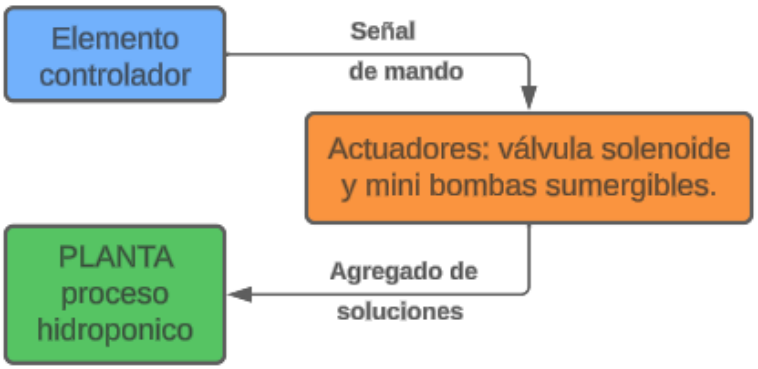
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 26

Diagrama general del subsistema de actuadores

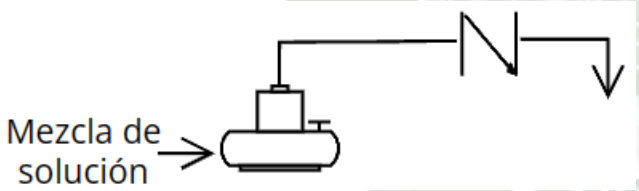


Nota. Elaboración propia.

Los actuadores deben ser montados en la línea de suministro de agua y mezcla de las soluciones. En las siguientes propuestas, se expresan diagramas simplificados de los componentes necesarios para el montaje del actuador de bomba sumergible y válvula solenoide, como se muestra en la figura 27 y 28 respectivamente.

Figura 27

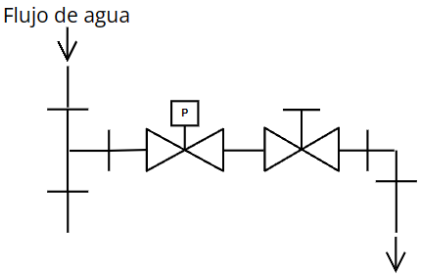
Diagrama simplificado del montaje del actuador para las soluciones



Nota. Elaboración propia.

Figura 28

Diagrama simplificado del montaje del actuador para el control de líquido



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Considerando el diagrama P&ID y los expuesto en el punto 2.6.2 se propone emplear los siguientes elementos para el subsistema de actuadores, mostrada en la tabla 28.

Tabla 28

Lista de Componentes del Subsistema de Actuadores

Puntos	Descripción de piezas	Cantidad	U.D.M.
1	Bomba de agua.	4	Und.
2	Electroválvula.	1	Und.
3	Tubería en tee.	1	Und.
4	Tubería niple.	4	Und.
5	Llave de paso.	1	Und.
6	Tubería de 90º.	1	Und.
7	Válvula check.	1	Und.
8	Manguera.	1	Und.
9	Recipientes.	4	Und.

Nota. Elaboración propia.

4.7.3. Descripción del Controlador

El subsistema obtendrá mediante las entradas analógicas y digitales los datos en tiempo real de las variables a controlar, para luego generar señales de mando a los actuadores por medio de la comparación de un punto fijo y determinar los tiempos de encendido y apagado, además de establecer el estado del sistema y las alarmas, el cual se visualiza en la figura 29.

Figura 29

Diagrama general del subsistema de control



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

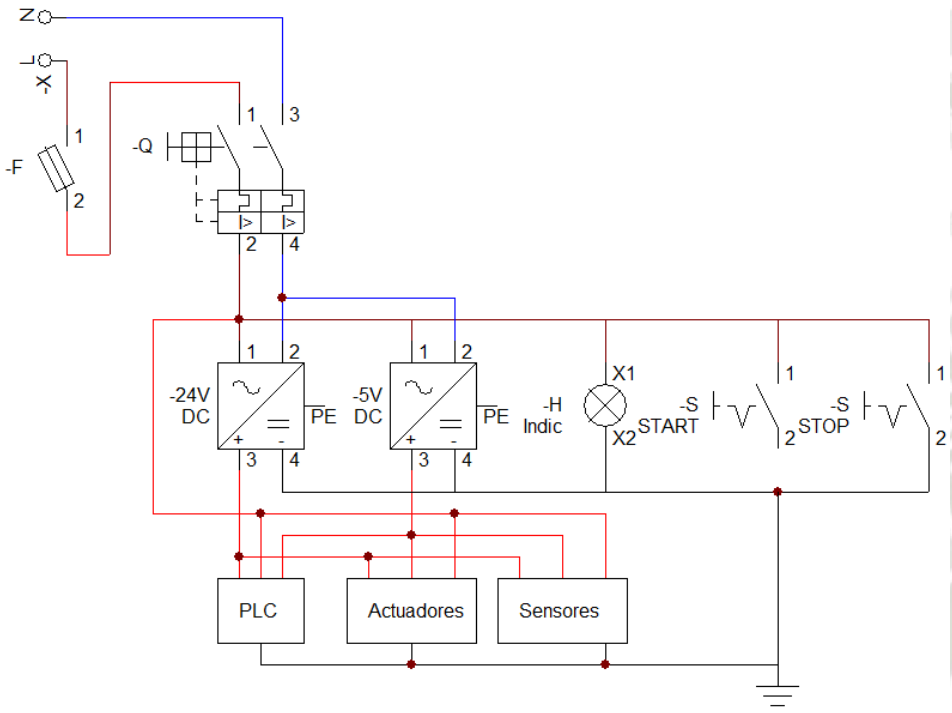
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para la generación de un tablero de control es necesario considerar las fuentes de alimentación del controlador, los sensores, actuadores, pulsadores, indicadores. Expuestos en un diagrama simplificado de alimentación eléctrica, como se muestra en la figura 30.

Figura 30

Propuesta de diagrama de alimentación del tablero de control



Nota. Elaboración propia.

Considerando el diagrama P&ID y los expuesto en el punto 2.6.3 se propone emplear los siguientes elementos para el subsistema de control, como se muestra en la tabla 29.

Tabla 29

Lista de Componentes del Subsistema de Control

Puntos	Descripción de piezas	Cantidad	U.D.M.
1	Tablero de control	1	Und.
2	Porta fusible	1	Und.
3	Llave termomagnética	1	Und.
4	Alimentación componentes del tablero de control	1	Und.
5	Alimentación de actuadores	1	Und.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6	Controlador	1	Und.
7	Transductor	2	Und.
8	Pulsadores	2	Und.
9	Piloto luminoso	1	Und.

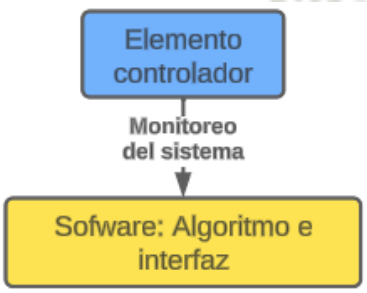
Nota. Elaboración propia.

4.7.4. Descripción del Subsistema de Respuesta

El subsistema permitirá visualizar las variables del sistema de control (variables a controlar y monitorear), mostrando en tiempo real los parámetros del nivel de líquido, el potencial de hidrógeno, la conductividad eléctrica y la temperatura, estado del sistema y sus alarmas, diagramado en la figura 31.

Figura 31

Diagrama general del subsistema de control



Nota. Elaboración propia.

4.8. PROPUESTA DE ADQUISICIÓN

Para realizar el diseño de los elementos del sistema de control, se procede a realizar un cuadro morfológico, en el cual se presentará los componentes posibles a emplear y generar un diseño a partir de los beneficios expuestos. Se presenta en la tabla 30.

Tabla 30

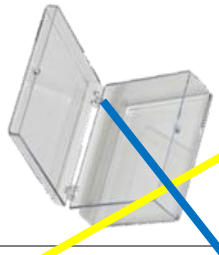
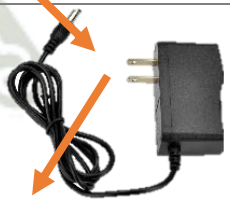
Cuadro Morfológico de la Propuesta de Adquisición

Elemento	Componentes	Descripción (detalle e imagen)		
Controlador		Plástico	Acrílico	Lata

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

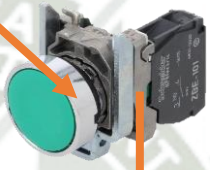
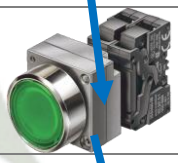
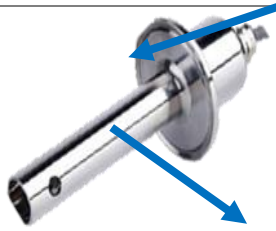
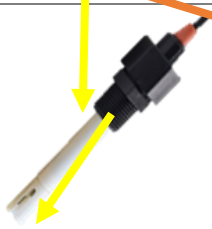
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tablero de control			
Porta fusible	Chint	Schneider	Siemens
			
Llave termo-magnética	Chint	Schneider	Siemens
			
Alimentación componentes del tablero de control	Adaptador	Portátil	Fuente conmutada
			
Alimentación de actuadores	Portátil	Adaptador	Fuente conmutada
			
Controlador	Easy	Schneider	**Siemens**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

				
	Transductor	Jxct	Earu-electric	Ji-shen
				
	Pulsadores	Chint	Schneider	Siemens
				
	Piloto luminoso	Chint	Schneider	Siemens
				
Sensor	Sensor de nivel	Plástico	Metálico	Contrapeso
				
	Electrodo de pH	Jxct	Earu-electric	Ji-shen
				
	Electrodo de CE	Jxct	Earu-electric	Ji-shen
				
	Tubería en T	Plástico	Metálico	Inserto metálico

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

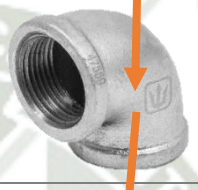
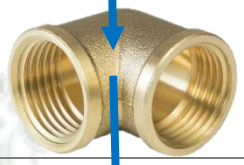
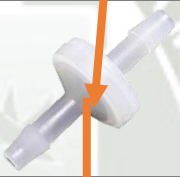
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Tubería niple	Plástico	Galvanizado	Bronce
	Tubería reductora	Plástico	Galvanizado	Bronce
	Tubería de unión	Plástico	Galvanizado	Bronce
Actuador	Bomba de agua	Sumergible	Succión	Peristáltico
	Electroválvula	Plástico	Metálico	Proporcional
	Tubería en T	Plástico	Metálico	Inserto metálico
	Tubería niple	Plástico	Galvanizado	**Bronce**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

				
Llave de paso		Plástico	Metal-Bola	Metal-Tornillo
				
Tubería de 90º		Plástico	Galvanizado	Bronce
				
Válvula check		Retención	Membrana	Resorte
				
Manguera		Cristal	Neumática	Gamada
				
Recipientes		Plástico	Vidrio	Inoxidable
				
Fecha	Color	Propuesta 3	Propuesta 2	Propuesta 1

Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.8.1. Descripción de las Propuestas

De la propuesta 1, presentan los mejores atributos para el desarrollo del proyecto:

- Elevado costo de adquisición, necesario de hacer pedido en proveedores.
- Materiales de alto grado de resistencia o durabilidad.
- Actuadores, sensores y transductores de muy alta precisión.
- Mayor cuidado de sensores frágiles.
- Resistencia frente a soluciones químicas.
- Necesario de diseño adicional para realizar el montaje de algunos componentes.

De la propuesta 2, se propone componente con características por encima del promedio, pero es necesario de un mayor cuidado, como se menciona:

- Mediano costo de adquisición.
- Materiales de mediano grado de resistencia o durabilidad.
- Actuadores, sensores y transductores de alta precisión.
- Mayor cuidado de recipiente frágiles.
- Resistencia frente a soluciones químicas.
- Necesario de diseño adicional para realizar el montaje de algunos componentes.

De la propuesta 3, se muestra elementos con características adecuadas para cumplir con los parámetros en el desarrollo del proyecto, algunas de ellas son:

- Componentes de fácil adquisición en el mercado industrial.
- Materiales con aceptable resistencia o durabilidad.
- Actuadores, sensores y transductores de buena precisión.
- Facilidad de cambio de repuestos.
- Resistencia frente a soluciones químicas.
- Facilidad en el montaje de componentes, fijación estandarizada.

Para la determinación de la propuesta a emplear en el proyecto, se realizará un criterio de evaluación a nivel técnica frente a una evaluación económica, detallados en la tabla 31 y la tabla 32 respectivamente. Basado en un P (puntaje, 0= Inaceptable; 1=Tolerable; 2=Suficiente; 3=Correcto; 4=ideal) y un G (peso ponderado en función de la importancia de los criterios de evaluación). En la figura 32 destaca la propuesta 3 como la más adecuada a ser empleada, según los criterios de evaluación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 31

Propuesta de Implementación - Valoración Técnica

Variante del concepto			Propuesta Nº1		Propuesta Nº2		Propuesta Nº3		Ideal	
Puntos	**Criterio de evaluación**	**G**	**P**	**GP**	**P**	**GP**	**P**	**GP**	**P**	**GP**
1	Función	3	4	12	3	9	3	9	4	12
2	Diseño	4	2	8	2	8	3	12	4	16
3	Seguridad	4	3	12	3	12	3	12	4	16
4	Ergonomía	2	2	4	2	4	2	4	4	8
5	Fabricación	4	4	16	3	12	3	12	4	16
6	Montaje	4	1	4	2	8	3	12	4	16
7	Tamaño	4	2	8	2	8	3	12	4	16
Puntaje máximo ∑G y ∑GP		**25**		**64**		**61**		**73**		**100**
Valor técnico Xi				**0.85**		**0.81**		**0.97**		**1**

Nota. Información recopilada de (Valdivia Ortega, 2021).

Tabla 32

Propuesta de Implementación - Valoración Económica

Variante del concepto			Propuesta Nº1		Propuesta Nº2		Propuesta Nº3		Ideal	
Puntos	**Criterio de evaluación**	**G**	**P**	**GP**	**P**	**GP**	**P**	**GP**	**P**	**GP**
1	Fácil adquisición	2	1	2	2	4	3	6	4	12
2	Cantidad de piezas	4	3	12	3	12	3	12	4	16
3	Costo del elemento	4	1	4	2	8	3	12	4	16
4	Mantenimiento	3	1	3	2	6	3	9	4	8
5	Fabricación	4	4	16	3	12	3	12	4	16
6	Montaje	4	1	4	2	8	3	12	4	16
7	Garantía	4	3	12	3	12	2	8	4	16
Puntaje máximo ∑G y ∑GP		**25**		**53**		**62**		**71**		**100**
Valor técnico Yi				**0.71**		**0.83**		**0.95**		**1**

Nota. Información recopilada de (Valdivia Ortega, 2021).

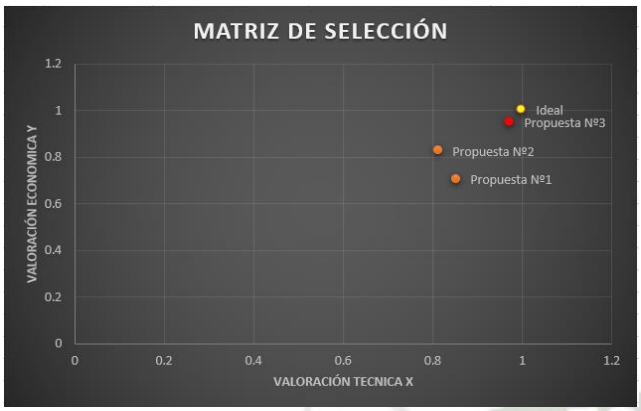
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 32

Matiz de selección



Nota. Elaboración propia.

4.9. DISEÑO EN LOS SENSORES

4.9.1. Adquisición del Nivel de Líquido

Para la adquisición del nivel de líquido, se usará un sensor de nivel tipo interruptor flotador como se muestra en la figura 33, el cual cuenta con un interruptor de contacto por medio de un flotador permite la apertura de contacto eléctrico. Tal dato es tomado por el controlador para generar la señal de mando.

Figura 33

Sensor de nivel tipo interruptor flotador



Nota. Tomado de (Asocie, 2021).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la tabla 33, se muestran algunas características del sensor a emplear, obtenidas de su datasheet en el ANEXO 3.

Tabla 33

Características del Sensor de Nivel

Características	Descripción
Modelo.	F6-HPS-15-CMS
Tensión de conmutación máxima.	220 VAC
Corriente de conmutación máxima.	0.5 Amp.
Clasificación de temperatura.	-30 ºC a 125 ºC
Tipo de interruptor.	NA oNC
Dimensión larga.	91 mm
Dimensión diámetro máximo.	22 mm
Tipo de montaje.	Horizontal
Conexión eléctrica.	22 AWG

Nota. Información recopilada de (Asocie, 2021).

4.9.2. Adquisición del Potencial de Hidrógeno

Para la adquisición del potencial de hidrógeno, se emplea en primera instancia un sensor analógico tipo sonda para uso industrial, como se muestra en la figura 34, el cual cuenta con características de baja impedancia en electrodo al estar hecha de una película sensible al vidrio, usado en aplicaciones de rápida medición y estabilidad térmica.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 34

Sensor tipo sonda de potencial de hidrógeno



Nota. Tomado de (XinNuoQi, Sonda de pH industrial, 2019).

En la tabla 34, se detalla algunas las características del sensor a emplear, las cuales fueron seleccionadas del ANEXO 4.

Tabla 34

Características de la Sonda de Potencial de Hidrógeno

Características	Descripción
Modelo.	H – 101
Tipo conector.	BNC
Tipo de sonda.	Moldeado OD28
Rango de medición.	0 – 14 pH
Precisión.	0.01 pH
Rango de compensación de temperatura.	0 – 100 ºC
Temperatura de funcionamiento.	0 – 80 ºC

Nota. Información recopilada de (XinNuoQi, Sonda de pH industrial, 2019).

La señal generada por el sensor de sonda tipo electrodo debe ser estandarizada o amplificada, por este motivo debe emplearse un transductor específico para este tipo de sonda, como se muestra en la figura 35. El cual brinda compensación automática de temperatura, proceso de calibración, protección de sobre corrientes, precisión de medición, larga vida útil y señal estandarizada.

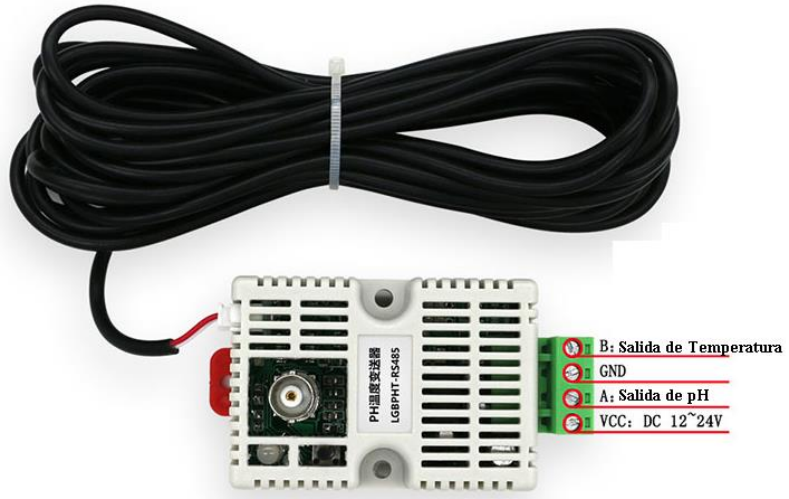
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 35

Transductor para la sonda de potencial de hidrógeno



Nota. Tomado de (Logoele, 2021).

En la tabla 35 se detalla características del transductor las cuales son tomadas del datasheet en el ANEXO 5.

Tabla 35

Características del Transductor para la Sonda de Potencial de Hidrógeno

Características	Descripción
Fuente de alimentación.	12 – 24 V(CC)
Salida de señal.	0 – 10 V (CC)
Rango de medición de temperatura.	-20 a +80 ºC
Precisión de medición de temperatura.	+/- 0.5ºC
Rango de medición del pH.	0.0 a 14.0 pH
Precisión de medición del pH.	+/- 0.1 pH
Consumo de energía.	1W
Temperatura de funcionamiento.	-20 a +80 ºC
Dimensionamiento.	65 x 46 x 28.5 mm

Nota. Información recopilada de (Logoele, 2021).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.9.3. Adquisición de la Conductividad Eléctrica

Para la adquisición de la conductividad eléctrica, se usará en primera instancia un sensor analógico tipo sonda para uso industrial, como se muestra en la figura 36, aplicado para mediciones de líquidos industriales.

Figura 36

Sensor tipo sonda de conductividad eléctrica



Nota. Tomado de (XinNuoQi, Sonda de conductividad eléctrica, 2019).

En la siguiente tabla 36 se muestran las características del sensor a emplear, tomadas del datasheet expuesto en el ANEXO 6.

Tabla 36

Características de la Sonda de Conductividad Eléctrica

Características	Descripción
Constante de celda.	1.0 1/cm
Estructura del electrodo.	bipolar
Material del electrodo.	ABS
Sensor de temperatura.	NTC 10K
Rosca del hilo.	½” NPT
Presión de trabajo.	0 a 0.5 Mpa
Temperatura de operación.	0 – 50 ºC
Longitud del cable.	5 m

Nota. Información recopilada de (XinNuoQi, Sonda de conductividad eléctrica, 2019).

La señal generada por el sensor de sonda tipo electrodo debe ser estandarizada o amplificada, por este motivo debe emplearse un transductor específico para este tipo de sonda,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

como se muestra en la figura 37. El cual brinda compensación automática de temperatura, proceso de calibración, protección de sobre corrientes, precisión de medición, larga vida útil y señal estandarizada.

Figura 37

Transductor para la sonda de conductividad eléctrica



Nota. Tomado de (NiRun, 2020).

En la tabla 37 se detalla características del transductor las cuales serán tomadas por el controlador para generar la señal de mando, las características se pueden visualizar en el datasheet del ANEXO 7.

Tabla 37

Características del Transductor para la Sonda de Conductividad Eléctrica

Características	Descripción
Fuente de alimentación.	12 – 24 V(CC)
Salida de señal.	0 – 10 V (CC)
Resistencia de carga, salida de voltaje.	R carga ≥ 5K ohm
Resistencia de carga, salida de corriente.	R carga ≤ Uvcc-3/0.02 ohm
Rango de medición de temperatura.	-20 a +80 ºC
Precisión de medición de temperatura.	+/- 0.5ºC
Rango de medición del CE.	0.0 a 4400 uS/cm
Precisión de medición del CE.	+/- 2% F.S.
Consumo de energía.	<1 W
Temperatura de funcionamiento.	-20 a +80 ºC
Dimensionamiento.	65 x 46 x 28.5 mm

Nota. Información recopilada de (NiRun, 2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.9.4. Adquisición de la Temperatura

El transductor proporciona la compensación de la temperatura para obtener valores cercanos a los reales con respecto a la relación temperatura y la solución nutritiva, como es el caso de los transductores para la medición de conductividad eléctrica y el potencial de hidrógeno, de tal manera que proporciona una señal estandarizada al controlador del valor de la temperatura.

4.10. DISEÑO EN LOS ACTUADORES

4.10.1. Capacidad del Tanque

El sistema hidropónico cuenta con un tanque contenedor para la solución nutritiva empleado en el proceso de recirculación del mismo, denominado “Bidón Redondo Araña Anchovetero” como se detalla en la figura 38.

Figura 38

Bidón redondo con tapa y suncho



Nota. Tomado de (Glovesa, 2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la tabla 38 detalla las características del contenedor:

Tabla 38

Característica del Bidón

Puntos	Características
1	Bidón de Polietileno de alta densidad.
2	Alta resistencia al impacto y capacidad de apilamiento.
3	Inocuo y aprobado para alimentos.
4	Hermético y disponible con tapa rosca o suncho.
5	Capacidad 230 Litros.

Nota. Información recopilada de (Glovesa, 2019).

4.10.2. Dimensionamiento de las Electroválvulas

Para la selección de las electroválvulas, es necesario considerar que el consumo de agua procesada de un cultivo de lechuga hidropónica en un día es aproximadamente 80 litros entre el proceso de evapotranspiración y consumo de agua del cultivo. Los ciclos totales de recirculación de la solución nutritiva son 18 veces, duran todo el día. De esta manera determinamos el consumo hídrico por ciclo de recirculación diaria aproximada, donde:

$$Consumo\ agua\ procesada\ por\ ciclo = C_{APC}$$

$$Consumo\ agua\ procesada\ diaria = C_{APD}$$

$$Número\ total\ de\ ciclos\ diarios = N_{CD}$$

$$C_{APC} = \frac{C_{APD}}{N_{CD}}$$

$$C_{APC} = \frac{80\ litros}{18\ ciclo}$$

$$C_{APC} = 4.4\frac{litros}{ciclo}$$

Entonces el consumo de agua por ciclo es de 4.4 litros.

El periodo de activación de la recirculación de la solución nutritiva es de 10 min de encendido y de 30 min de apagado, en el horario de 8:00 am a 4:00 pm y durante el resto del día

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

la activación de la recirculación es de 10 min encendido y 50 min de apagado. Por tal motivo implica, luego de la activación de la recirculación de la solución nutritiva, en un periodo de 12 minutos y 30 segundos se reabastece al sistema 4.4 litros de agua, procesada por ciclo. Entonces determinamos un caudal mínimo necesario para abastecer el agua procesada antes de la activación de la bomba, donde:

$$Caudal\ de\ reabastecimiento\ por\ ciclo = C_{RC}$$

$$Tiempo\ para\ reabastecimiento\ necesario = T_{RN}$$

$$C_{RC} = \frac{C_{APC}}{T_{RN}}$$

$$C_{RC} = \frac{4.4\,\frac{litro}{ciclo}}{5\ min}$$

$$C_{RC} = 0.88\,\frac{litro}{min * ciclo}$$

Entonces el caudal de reabastecimiento mínimo es de 0.88 litros por minuto.

El actuador seleccionado es la electroválvula modelo FCD -180B como se muestra en la figura 39, el cual cumple con el requerimiento necesario y permite acción de mando por un controlador.

Figura 39

Electroválvula modelo FCD -180B



Nota. Tomado de (Shenzhen, 2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Las características detalladas en la Tabla 39, tomadas del datasheet en el ANEXO 8.

Tabla 39

Característica de la Electroválvula Modelo FCD -180B

Características	Descripción
Voltaje nominal	AC 220 V
Temperatura ambiental	0 a 40 ºC
Humedad relativa del aire	<95% a temperatura de 25 ºC
Corriente nominal	24 V – 220 mA
Modo de trabajo	Intermitente
Grado de aislamiento	Grado E
Temperatura del fluido	0 a 55 ºC
Presión de agua	0.02 a 0.8 Mpa
Caudal de agua doméstico	>3 a >25 L/min
Caudal de agua estándar de fábrica	>5 a >32 L/min
Vida útil	100 000 ciclos

Nota. Información recopilada de (Shenzhen, 2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.10.3. Dimensionamiento de las Mini Bombas Sumergibles

Para la selección de las mini bombas sumergibles, es necesario considerar la proporción de corrección de la variable de conductividad eléctrica, añadiendo diariamente soluciones nutritiva madres, la cual está conformada por 150 mililitros de concentrado A, B y C, diluido en 500 mililitros de agua potable. Para la corrección de la variable del potencial de hidrógeno, se da añadiendo al día una solución ácida conformada por 6 mililitros ácido fosfórico aproximadamente, diluido en 500 mililitros de agua potable. Los ciclos totales de recirculación de la solución nutritiva son 18 veces, duran todo el día. De esta manera determinamos el consumo de las soluciones nutritivas madres por ciclo de recirculación diaria aproximada. Donde:

$$Consumo\ solución\ nutritiva\ madre\ por\ ciclo = Consumo_{SNMC}$$

$$Consumo\ solución\ nutritiva\ madre\ diaria = Consumo_{SNMD}$$

$$Consumo\ solución\ ácida\ por\ ciclo = Consumo_{SAC}$$

$$Número\ total\ de\ ciclo\ diario = Número_{TCD}$$

$$Consumo_{SNMC} = \frac{Consumo_{SNMD}}{Número_{TCD}}$$

$$Consumo_{SNMC} = \frac{500\ mililitros}{18\ ciclos}$$

$$Consumo_{SNMC} = 27.78 \frac{mililitros}{ciclos}$$

Entonces al ser el consumo de solución nutritiva madre por ciclo igual que el consumo de solución ácida por ciclo, tenemos:

$$Consumo_{SAC} = 27.78 \frac{mililitros}{ciclos}$$

El actuador seleccionado es una mini bomba sumergible modelo G4 como se muestra en la figura 40, el cual cumple con el rango de requerimiento necesario para el caudal de abastecimiento de las soluciones nutritivas madres y solución ácida. Además, permite un accionado por mando a través de un controlador.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 40

Mini bomba sumergible modelo G4



Nota. Tomado de (Unit, 2019)

Las características se detallan en la tabla 40, seleccionada del datasheet en el ANEXO 9.

Tabla 40

Característica de la Mini Bomba Sumergible Modelo G4

Características	Descripción
Voltaje nominal.	DC 2.5 a 6 V
Potencia.	0.4 a 1.5 W
Elevación.	20 a 110 cm
Caudal.	80 a 120 L/H (21 a 33 mL/s)
Modo de trabajo.	Intermitente
Modo de conducción.	Diseño cc, motriz magnética
Corriente de operación.	300 mA
Vida útil.	500 horas
Dimensión de la bomba.	D: 24 mm; L: 45mm y A:30mm
Diámetro interior y exterior de salida.	5 - 7.5 mm

Nota. Información recopilada de (Unit, 2019) .

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.10.4. Relación de Cambio de las Variables de pH y CE

Según la información obtenida del monitoreo diario por parte del productor, se tiene la información necesaria para desarrollar el cálculo de las dosificaciones para una capacidad de 200 litros del "Bidón Redondo Araña Anchovetero":

De la experiencia por parte del productor tenemos, una CE de 1294 µS/cm, es necesario de 75 ml de cada solución nutritiva madre A, B y C, dando un total de agregado de 225 ml. Obteniendo una CE de 1370 µS/cm. Entonces se determinará el cambio en la variable de CE producida por unidad de mililitro. Donde:

$$Conductividad\ eléctrica, relación\ de\ cambio = CE_{RC}$$

$$Conductividad\ eléctrica\ inicial = CE_I$$

$$Conductividad\ eléctrica\ final = CE_F$$

$$Consumo\ de\ solución\ nutritiva\ madre\ del\ A, B\ y\ C = C_{SNM}$$

$$CE_{RC} = \frac{CE_I - CE_F}{C_{SNM}}$$

$$CE_{RC} = \frac{1370 \mu S/cm - 1294\ \mu S/cm}{75\ ml}$$

$$CE_{RC} = 1.0133 \frac{\mu S/cm}{ml}$$

Entonces por cada mililitro de solución nutritiva madre del A, B y C; se incrementa la CE en 1µS/cm aproximadamente.

Luego, para la variable de pH, tenemos que inicialmente un pH de 7.07, para ello es necesario agregar 5 ml de solución ácida diluida en 150 ml agua. Dando un como resultado un pH de 6.57. Entonces se determinará el cambio en la variable de pH producida por unidad de mililitro. Donde:

$$Potencial\ de\ hidrógeno, relación\ de\ cambio = PH_{RC}$$

$$Potencial\ de\ hidrógeno\ eléctrica\ inicial = pH_I$$

$$Potencial\ de\ hidrógeno\ eléctrica\ final = pH_F$$

$$Consumo\ de\ solución\ ácida = C_{SA}$$

$$PH_{RC} = \frac{pH_I - pH_F}{C_{SA}}$$

$$PH_{RC} = \frac{7.07\ pH - 6.57\ pH}{5\ ml}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

$$PH_{RC} = 0.1 \frac{pH}{ml}$$

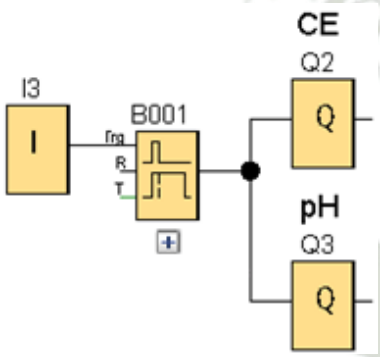
Entonces por cada mililitro de solución ácida diluida; se disminuye el pH en 0,1.

4.10.5. Verificación del Caudal de Salida las Mini Bomba Sumergibles

El primer paso, es generar y emplear un algoritmo para el encendido temporizado por 10 segundos las mini bombas sumergibles por medio de pulsador en el tablero eléctrico. Para luego poder medir el volumen de líquido bombeado. De tal manera, determinar la pérdida por altura de bombeo, pérdida por accesorios. Visualizado en la figura 41.

Figura 41

Algoritmo para el encendido en un tiempo preestablecido



Nota. Elaboración propia.

Además, se va a emplear una válvula unidireccional o antirretorno para evitar el retorno del flujo y tener simultáneamente el agregado de las soluciones en la activación temporizada de la mini bomba sumergible. Visualizado en la figura 42.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 42

Activación temporizada de las mini bombas sumergibles



Nota. Elaboración propia.

De la prueba se obtiene, un volumen de líquido de 90 ml. Indicado en la figura 43.

Figura 43

Medición de volumen de líquido de la prueba



Nota. Elaboración propia.

Mediante la relación de volumen del líquido entre el tiempo encendido, se puede determinar el caudal real por segundo de encendido. Donde:

$Tiempo\ de\ encendido = T_E$

$Volumen\ líquido = V_L$

$Caudal\ de\ salida\ mini\ bombas\ sumergibles = Q_{MB}$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Q_{MB} = \frac{V_L}{T_E}$$

$$Q_{MB} = \frac{90\ ml}{10\ seg.}$$

$$Q_{MB} = 9\ \frac{ml}{seg.}$$

4.10.6. Cálculo del Tiempo de Encendido de la Bomba Sumergibles

Dando que las proporciones de agregado de las soluciones nutritivas madres A, B, C y la solución acida es de unos cuantos mililitros, para cada inicio del ciclo de recirculación de la solución nutritiva y teniendo una capacidad de bombeo de 9 mililitros por cada segundo de la bomba sumergible, es necesario de diluir en agua las soluciones para incrementar su volumen, obtener periodos de activación de la bomba sumergible en periodos más prolongados y tener un mejor manejo de los tiempos de activación.

4.10.6.1. Tiempo mínimo requerido para el encendido de las mini bombas sumergibles

Primeramente, es necesario determinar el tiempo mínimo requerido para incrementar en una unidad la CE y disminuir en una décima de unidad el pH. Para ello vamos a considerar el caudal de la mini bomba sumergible en 9 ml/seg, un volumen de 1 mililitro de solución nutritiva madre y un 1 mililitro de solución ácida. Donde:

$Tiempo\ por\ unidad\ CE\ o\ pH = T_{UCEpH}$

$Volumen\ unitario\ de\ CE\ o\ pH = V_{UCEpH}$

$Caudal\ de\ minibomba = Q_{MB}$

$$T_{UCEpH} = \frac{V_{UCEpH}}{Q_{MB}}$$

$$T_{UCEpH} = \frac{1\ ml}{9\ ml/seg}$$

$$T_{UCEpH} = 0.11\ seg.$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En primera instancia, según la relación de cambio de las variables tenemos que para incrementar en una unidad la CE y disminuir la décima parte de unidad del pH, es necesario de un tiempo mínimo 0.11 segundos del encendido de la mini bomba sumergible.

Para tal motivo es necesario de incrementar el volumen, diluyendo las mencionadas soluciones nutritivas madres A, B, C y solución acida en proporción de agua.

4.10.6.2. Consumo diario de las soluciones correctoras

Considerando que el consumo de soluciones nutritivas madres A, B, C es de 150 ml y solución ácida es de 6 ml diariamente, en un total de 18 ciclos por día. Entonces debemos calcular el consumo por ciclo y determinar el cambio producido.

Primeramente, se determinará para el consumo de las soluciones nutritivas madres A, B y C. Donde:

$$Consumo\ por\ ciclo\ sin\ diluir\ SNM = C_{CSDSNM}$$

$$Consumo\ por\ ciclo\ sin\ diluir\ SA = C_{CSDSA}$$

$$Consumo\ de\ solución\ ácida\ diaria = C_{SAD}$$

$$Consumo\ de\ solución\ nutritiva\ madre\ diaria = C_{SNMD}$$

$$Número\ ciclos\ diarios = N_{CD}$$

$$C_{CSDSNM} = \frac{C_{SNMD}}{N_{CD}}$$

$$C_{CSDSNM} = \frac{150\ ml}{18\ ciclo}$$

$$C_{CSDSNM} = 8.3\ \frac{ml}{ciclo}$$

Entonces el consumo es de 8.3 ml de solución nutritiva madre A, B, C por ciclo de recirculación de la solución nutritiva. Y se determinará el cambio de la variable de CE del consumo por ciclo. Donde:

$$Cambio\ de\ la\ variable\ de\ CE = \Delta CE$$

$$\Delta CE = CE_{RC} * C_{CSDSNM}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\Delta CE = 1.0133\ \frac{\mu S/cm}{ml} * 8.3\ ml$$

$$\Delta CE = 8.4\ \mu S/cm$$

De esta manera podemos demostrar que el cambio puede ser registrado por los componentes de censado de la variable, debido a que el cambio está por encima del parámetro de precisión de medición de CE (+/- 2 uS/cm).

$$C_{CSDSA} = \frac{C_{SAD}}{N_{CD}}$$

$$C_{CSDSA} = \frac{6\ ml}{18\ ciclo}$$

$$C_{CSDSA} = 0.33\ ml\ por\ ciclo$$

Entonces el consumo es de 0.33 ml de solución ácida por ciclo de recirculación de las soluciones nutritivas A, B y C.

En segundo, se determinará para el consumo de la solución acida. Donde:

$Cambio\ de\ la\ variable\ de\ pH = \Delta pH$

$$\Delta pH = PH_{RC} * C_{CSDSA}$$

$$\Delta pH = 0.102\frac{pH}{ml} * 0.33\ ml$$

$$\Delta pH = 0.033\ pH$$

De esta manera podemos demostrar que el cambio no puede ser registrado por los componentes de censado de la variable, debido a que se encuentra por debajo del parámetro de precisión de medición del pH (+/- 0.1 pH) del equipo.

4.10.6.3. Tiempo mínimo de encendido del consumo de soluciones correctoras

Considerando lo anterior, es necesario determinar el tiempo de encendido de las bombas sumergibles sin diluir agregando agua. Donde:

$Tiempo\ encendido\ sin\ diluir\ la\ SNM = T_{ESDSNM}$

$Tiempo\ encendido\ sin\ diluir\ la\ SA = T_{ESDSA}$

$Volumen\ por\ ciclo\ SNM = V_{CSNM}$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$Volumen\ por\ ciclo\ SA = V_{CSA}$

$Caudal\ de\ minibomba = Q_{MB}$

$$T_{ESDSNM} = \frac{V_{CSNM}}{Q_{MB}}$$

$$T_{UCEpH} = \frac{8.3\ ml}{9\ ml/seg}$$

$$T_{UCEpH} = 0.92\ seg$$

Según el consumo diario de la solución correctora, el encendido de la mini bomba sumergible de las soluciones nutritivas madres por 0.92 segundos para incrementar CE de la solución nutritiva. Es decir, un tiempo muy corto de encendido.

$$T_{ESDSA} = \frac{V_{CSA}}{Q_{MB}}$$

$$T_{ESDSA} = \frac{0.33\ ml}{9\ ml/seg}$$

$$T_{ESDSA} = 0.037\ seg$$

Entonces es necesario el encendido de la mini bomba sumergible de la solución ácida por 0.037 segundos para disminuir el pH de la solución nutritiva**.** Es decir, un tiempo muy corto de encendido.

4.10.6.4. Ajuste del tiempo de encendido de las mini bombas diluyendo en agua

Conociendo el caudal de salida, y teniendo los tiempos de encendido de la variación de consumo de la CE y PH, se va a estandarizar a un tiempo fijo mínimo de encendido de 1 segundo para el bombeo de solución ácida y soluciones nutritivas madres.

De tal manera que se puede calcular el volumen de solución a ser suministrado por la mini bomba sumergible. Donde:

$Tiempo\ encendido\ mini\ bombas = T_{EMB}$

$Volumen\ de\ solución = V_D$

$$V_D = T_{EMB} * Q_{MB}$$

$$V_D = 1\ seg * 9\ ml/seg$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$V_D = 9\ ml$$

Para el cambio de potencial de hidrógeno por cada 1 ml de solución ácida, se modifica en 0.1 pH. Entonces es necesario determinar la proporción de solución ácida y de agua para ser bombeado. Donde:

$Volumen\ diluido\ de\ SA = V_{DSA}$

$Volumen\ agua\ en\ la\ SA = V_{ASA}$

$$V_{ASA} = V_D - C_{CSDSA}$$

$$V_{ASA} = 9\ ml - 0.33ml$$

$$V_{ASA} = 8.67\ ml$$

Entonces para modificar en 0.033 pH es necesario del encendido de la mini bomba sumergible por 1 segundo. De la solución diluida en una proporción de 8.67 ml de agua y 0.033 ml solución ácida.

Para el cambio de conductividad eléctrica, por cada 1 ml de solución nutritiva madre, se modifica en 1.0133 uS/cm. Entonces. Donde:

$Volumen\ mínimo\ de\ cambio\ SNM\ y\ pH = V_{MCSNMPH}$

$$V_{MCSNMPH} = 9\ ml$$

Entonces para modificar en 9.12 uS/cm es necesario el encendido de la mini bomba sumergible por 1 segundo.

4.10.6.5. Cálculo del factor multiplicativo para el algoritmo del PLC

Considerando la adquisición de datos del PLC por medio de los sensores y la operación por medio del algoritmo, el cual trabaja tomando valores analógicos comprendidos en un rango de 0 a 4400 us/cm y 0 a 14 pH, se debe considerar que la adquisición de datos se realizará un arreglo de unidades para operar adecuadamente los valores de cada variable de 0 a 4400 para la CE y 0 a 1400 para el pH solo para ejecución de variables, de tal manera que pueda ejecutar operaciones básicas sin inconvenientes de redondeo en decimales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para las operaciones es necesario de encontrar un factor multiplicativo de tiempo para el encendido de las mini bombas sumergibles, de tal manera que se incrementa en una unidad como mínimo la CE y decrementa en una décima de unidad como mínimo el pH. Para ello determinaremos el factor de tiempo en relación del volumen entre el caudal:

En primera instancia, por medio de la regla de tres simple, se obtendrá el volumen mínimo para incrementar la variable de CE en una unidad. Donde:

$$Factor\ multiplicativo\ de\ tiempo\ para\ SNM = F_{MTSNM}$$

$$Volumen\ para\ incrementar\ la\ CE\ en\ una\ unidad = V_{ICEU}$$

$$Cambio\ de\ la\ variable\ de\ CE\ unitario = \Delta CEU$$

$$V_{ICEU} = \frac{V_{MCSNMPH} * \Delta CEU}{CE_{RC} * C_{CSDSNM}}$$

$$V_{ICEU} = \frac{9\ ml * \Delta CEU}{1.0133\ \frac{\mu S/cm}{ml} * 8.3\ ml}$$

$$V_{ICEU} = 1.07\ \frac{ml}{\mu S/cm} * \Delta CEU$$

Entonces para modificar en 1 uS/cm la solución nutritiva es necesario de agregar 1.07 ml de soluciones nutritivas madres.

$$F_{MTSNM} = \frac{V_{ICEU}}{Q_{MB}}$$

$$F_{MTSNM} = \frac{1.07\ \frac{ml}{\mu S/cm} * \Delta CEU}{9\ ml/seg}$$

$$F_{MTSNM} = 0.1188\ \frac{seg}{\mu S/cm} * \Delta CEU$$

Entonces el factor multiplicativo para el encendido de las mini bombas sumergibles es 0.12 seg para modificar en una 1 us/cm la CE.

En segunda instancia, por medio de la regla de tres simple, se obtendrá el volumen para incrementar la variable de pH. Donde:

$$Factor\ multiplicativo\ de\ tiempo\ para\ SA = F_{MTSA}$$

$$Volumen\ para\ incrementar\ el\ pH = V_{IPH}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Cambio\ de\ la\ variable\ de\ pH\ unitario = \Delta pHU$$

$$V_{IPH} = \frac{V_{DSNMSA} * \Delta pHU}{pH_{RC} * C_{CSDSA}}$$

$$V_{IPH} = \frac{9\ ml * \Delta pHU}{0.1\ \frac{pH}{ml} * 0.33\ ml}$$

$$V_{IPH} = 270 \frac{ml}{pH} * \Delta pHU$$

Entonces para modificar en 1 pH la solución nutritiva es necesario agregar 270 ml de solución ácida diluida.

$$F_{MTSA} = \frac{V_{IPHDU}}{Q_{MB}}$$

$$F_{MTSA} = \frac{272 \frac{ml}{pH} * \Delta pHU}{9\ ml/seg}$$

$$F_{MTSA} = 30 \frac{seg}{pH} * \Delta pHU$$

Entonces el factor multiplicativo para el encendido de las mini bombas sumergibles es necesario de 30.3 segundos para modificar en una 0.1 de pH.

4.10.7. Dimensionamiento de los Contenedores

Para la selección de los contenedores, es necesario considerar el consumo diario de solución nutritiva madres diluidas y de la solución ácida diluida. Para determinar la capacidad requerida de los contenedores, en un periodo de un mes.

En primera instancia, se determinará las proporciones de la mezcla de solución nutritiva madres diluidas. Donde:

$$Periodo\ de\ abastecimiento = P_A$$

$$Consumo\ de\ solución\ nutritiva\ madre\ diario = C_{SNMD}$$

$$Capacidad\ de\ un\ contenedor\ de\ nutritiva\ madre\ diario = C_{CSNM}$$

$$C_{CSNM} = C_{SNMD} * P_A$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$C_{CSNM} = 150\frac{ml}{día} * 30\ días$$

$$C_{CSNM} = 4500\ ml$$

Estandarizando la capacidad a un contenedor comercial tenemos:

$$C_{CSNM} = 10\ litro$$

En segunda instancia, se determinarán las proporciones de solución ácida y agua de la mezcla de solución ácida diluida. Donde:

$$Volumen\ de\ solución\ ácida\ para\ abastecimiento = V_{SAPA}$$

$$V_{SAPA} = C_{SAD} * P_A$$

$$V_{SAPA} = 6\frac{ml}{día} * 30\ días$$

$$V_{SAPA} = 180\ ml$$

$$Consumo\ de\ agua\ para\ diluir\ en\ la\ solución\ acida = C_{ADSA}$$

$$C_{ADSA} = \frac{C_{SAD} * V_{ASA}}{V_{SA}}$$

$$C_{ADSA} = \frac{6\frac{ml}{día} * 8.667ml}{0.333ml}$$

$$C_{ADSA} = 156\frac{ml}{día}$$

$$Volumen\ de\ agua\ para\ abastecimiento = V_{APA}$$

$$V_{APA} = C_{SNMD} * P_A$$

$$V_{APA} = 156\frac{ml}{día} * 30\ días$$

$$V_{APA} = 4680\ ml$$

Entonces tenemos que la mezcla debe ser una proporción de 180 ml de solución ácida diluido en 4680 ml de agua.

$$Capacidad\ de\ un\ contenedor\ de\ solución\ ácida = C_{CSA}$$

$$C_{CSA} = V_{SAPA} + V_{APA}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

$$C_{CSA} = 180ml + 4680\ ml$$

$$C_{CSA} = 4860\ ml$$

Estandarizando la capacidad a un contenedor comercial tenemos:

$$C_{CSA} = 10\ litro$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.11. DISEÑO EN EL CONTROLADOR

4.11.1. Controlador del Sistema

El programador lógico programable encargado de controlar el sistema de proceso es un PLC LOGO SIEMENS, véase en la figura 44. El cual tiene la función de recibir la adquisición de datos de los captadores, y luego ejecutar un algoritmo establecido en su programación para generar señales de activación en los actuadores. Además, en la pantalla se visualizarán las características del sistema.

Figura 44

PLC logo 12/24 RCE, Siemens



Nota. Tomado de (Siemens, 2020).

En la tabla 41 se muestran algunas características del controlador a emplear, obtenidas de su datasheet en el ANEXO 10.

Tabla 41

Característica de la Mini Bomba Sumergible Modelo G4

Características	Descripción
LOGO 8.	6ED1052-1MD08-0BA0
Display.	Si
Valor Nominal.	12 VDC / 24 VDC
Rango de Tensión.	10.8VDC – 28.8VDC
N° de Entradas Digitales.	8 (4 aptas como AI 0-10V)
N° de Salidas Digitales.	4 (Relay)
Intensidad de Salida.	0,416666667

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Protocolos de Comunicación.	Comunicación S7, Ethernet IP, Modbus TCP/IP, Comunicación GPRS y KNX
Web Service.	Si
Dimensión.	Ancho: 71.5 mm, Altura: 90 mm y Profundidad: 60 mm

Nota. Información recopilada de (Siemens, 2020) .

4.11.2. Distribución de Entradas y Salidas del PLC

Mediante la Tabla 42, se detalla la designación de la lógica para las entradas y salidas digitales, además de las entradas analógicas y las funciones de cada elemento. Se mostrará las características de la distribución, permite visualizar la conexión hardware y software.

Tabla 42

Designación de Entradas y Salidas del PLC LOGO 12/24 RC

Ítem	Característica	Elemento	Objeto	Función
I1	Entrada digital	Pulsador de marcha.	LE101	Contacto NA
I2	Entrada digital	Pulsador de paro.	LE101	Contacto NC
I3	Entrada digital	Sensor de nivel tipo interruptor flotador.	LE101	Contacto NC
AI1	Entrada análoga	Transductor del sensor de potencial de hidrógeno.	AT102	Acondicionamiento
AI2	Entrada análoga	Transductor del sensor de conductividad eléctrica.	AT101	Acondicionamiento
AI7	Entrada análoga	Transductor del sensor de temperatura.	TT101	Acondicionamiento
Q1	Salida digital	Electroválvula.	LCV101	Contacto NA
Q4	Salida digital	Iluminación pilotada.	H	Estado del sistema
Q2	Salida digital	Bomba sumergible solución ácida.	P104	Contacto NA
Q3	Salida digital	Bombas sumergibles de la solución nutritiva madre A, B y C.	P101, P102, P103	Contacto NA

Nota: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

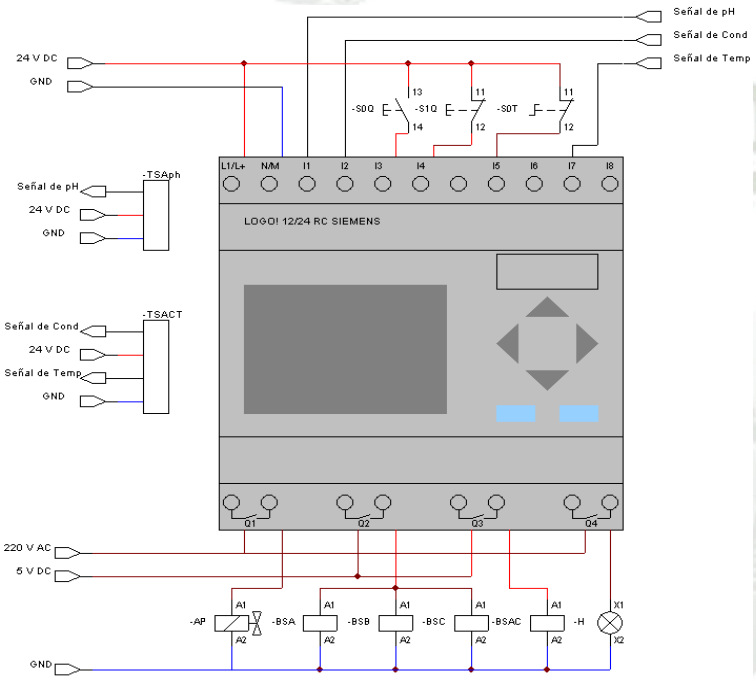
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.11.3. Conexión del PLC

Mediante el esquema en la figura 45, se puede visualizar de forma simplificada las conexiones del PLC LOGO 12/24RC Siemens y la Tabla 43 detalla la identificación de componentes.

Figura 45

Esquema simplificado de las conexiones a PLC LOGO! Siemens



Nota. Elaboración propia.

Tabla 43

Identificación de Componentes

N.º	Componente	Descripción
1	-S0Q	Pulsador de marcha 1NA.
2	-S1Q	Pulsador de parada 1NC.
3	-S0T	Sensor de nivel flotador tipo interruptor.
4	-AP	Bobina de la válvula solenoide para llenar agua potable.
5	-BSA	Bobina de la bomba sumergible para solución madre A.
6	-BSB	Bobina de la bomba sumergible para solución madre B.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7	-BSC	Bobina de la bomba sumergible para solución madre C.
8	-BSAC	Bobina de la bomba sumergible para solución ácida.
9	-TApH	Transductor del sensor analógicos de pH.
10	-TACT1	Transductor del sensor analógico de conductividad.
11	-TACT2	Transductor del sensor analógico de temperatura.
12	-H	Señalización lumínica.

Nota. Elaboración propia.

4.11.4. Análisis del Software

La creación de un software depende de un análisis de las variables involucradas en la automatización con respecto a las acciones del controlador a los actuadores, permitiendo satisfacer, ejecutar y controlar un proceso adecuado, además estipular la prevención de fallas de operación y accionar de alarma. En la Tabla 44 se detalla el proceso de control.

Tabla 44

Proceso del Sistema a Automatizar

N.º	Descripción
1	Encender el sistema.
2	Adquisición y visualización de estado de variables en la pantalla del PLC.
3	Adquisición y visualización del estado del sistema en la pantalla del PLC.
4	Adquisición y visualización del estado de las alarmas en la pantalla del PLC.
5	Activación y encendido del temporizador de activación.
6	Visualización y espera del llenado de tanque.
7	Restablecimiento del nivel de líquido de la solución nutritiva.
8	Generación de tiempo de activación de bombas sumergibles.
9	Corrección de conductividad eléctrica y potencial de hidrógeno.
10	Reinicio del temporizador de activación y tiempos de activación de los actuadores.

Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

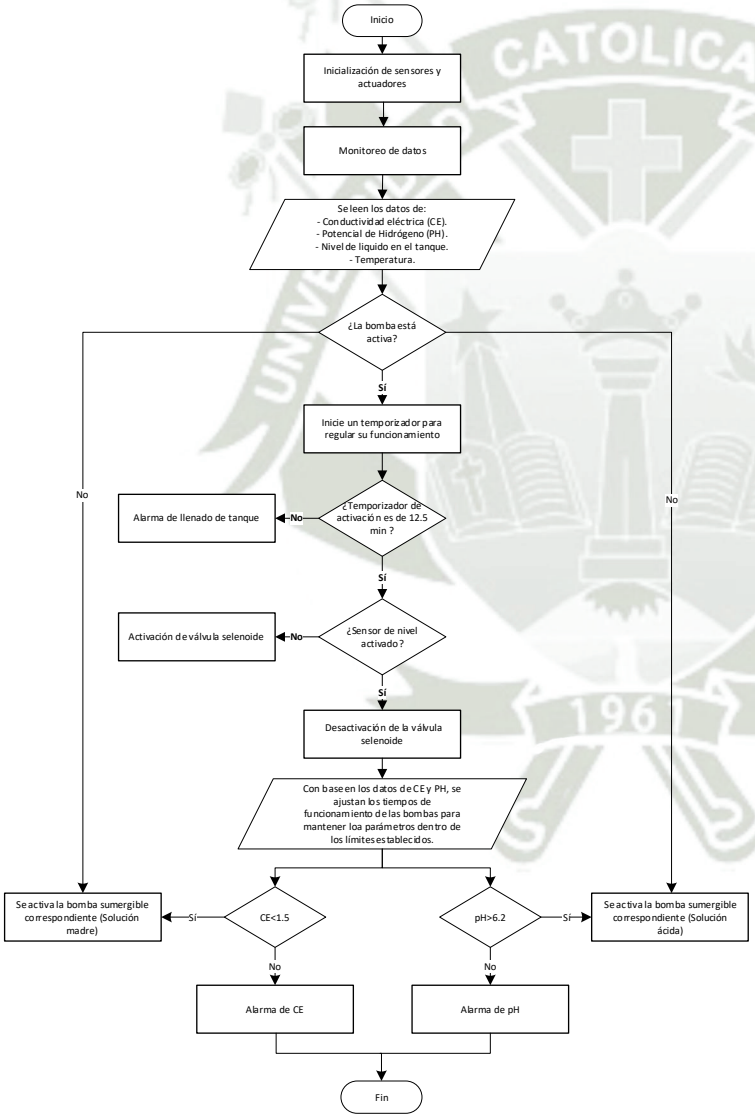
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.11.5. Estructura del Diagrama de Flujo

Luego de organizar, planificar el proceso a controlar y detallar la secuencia del proceso mediante el análisis del software. Se procede a diseñar el diagrama de flujo que satisface y permite generar la programación en el PLC. Además, el diagrama muestra las funciones principales y secundarias que lo componen, como se muestra en la figura 46.

Figura 46

Diagrama de flujo del sistema de control



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.12. DISEÑO EN EL SOFTWARE

El proceso a seguir es crear, desarrollar un programa que cumpla los requerimientos propuestos. Realizando simulaciones y verificación de su accionar, para luego ejecutar pruebas online. Finalmente, generar la documentación necesaria.

Un punto a destacar es establecer correctamente la secuencia de sucesos del programa, debido a que al ser sensible el proceso a controlar, puede generar condiciones adversas en la solución nutritiva, afectando directamente el cultivo hidropónico y ocasionando la pérdida parcial o total de la producción.

4.12.1. Descripción del Software

Usando el análisis del software podemos establecer los subprocesos que ejecutarán de manera secuencial el algoritmo de control, como se puede ver en la Tabla 45.

Tabla 45

Secuencia de Composición del Proceso

Subproceso	Descripción
1	Inicio del sistema.
2	Bienvenida al sistema.
3	Estados del sistema.
4	Rango de operación de variables.
5	Activación de electroválvula.
6	Activación de las bombas sumergibles.
7	Registro de datos.
8	Monitoreo de agregados.
9	Finalización de ciclo.
10	Desactivación de alarma.

Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.12.2. Desarrollo del Software

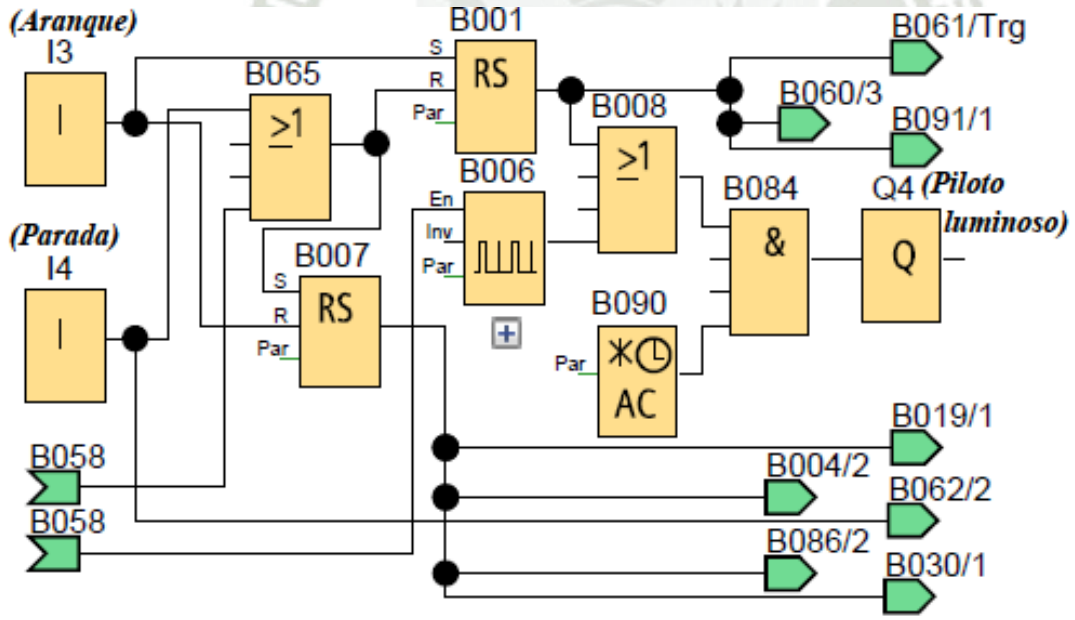
En el siguiente apartado de detalla la composición de los bloques que conforman los diferentes subprocesos y la configuración de cada uno de estos. Además de una descripción del funcionamiento de cada subproceso. Detallado específicamente en el Anexo 1.

4.12.2.1. Subproceso 1.- Inicio del sistema

El arranque del sistema se realizará por medio de un pulsador NA, emitiendo una señalización lumínica constante. Además, la parada del sistema está a cargo de otro pulsador y la activación de alguna alarma, genera una señalización luminosa parpadeante. Finalmente, el piloto luminoso solo está activo durante el día. En la figura 47 se muestra el esquema de bloques del subproceso 1.

Figura 47

Subproceso 1, inicio del sistema



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A continuación, se presenta el siguiente pseudocódigo que describe a la figura 47:

```
INICIO

// Definición de Entradas
I3 (Botón de Arranque)
I4 (Botón de Parada)

// Definición de Salidas
Q4 (Piloto Luminoso)
B061/Trg
B060/3
B091/1
B019/1
B004/2
B062/2
B086/2
B030/1

// Variables Intermedias
B001 (Latch RS - Control de Encendido)
B007 (Latch RS - Control de Parada)
B065 (Comparador >= 1)
B008 (Comparador >= 1 para otra señal)
B006 (Generador de pulsos)
B084 (Operador AND)
B090 (Temporizador con función AC)

// Lógica del Programa
// Botón de Arranque activa B001 si cumple condición B065
SI (I3 = PRESIONADO Y B065 >= 1) ENTONCES
    B001 = ACTIVADO
FIN_SI

// Botón de Parada activa B007 y resetea B001
SI (I4 = PRESIONADO) ENTONCES
    B007 = ACTIVADO
    B001 = DESACTIVADO
FIN_SI

// Generador de pulsos conectado a lógica
SI (B001 = ACTIVADO) ENTONCES
    B006 = GENERAR_PULSOS
FIN_SI

// Comparador B008 evalúa condición y activa AND
SI (B008 >= 1 Y B084 = TRUE) ENTONCES
    B090 = INICIAR_TEMPORIZADOR
FIN_SI

// Activación del Piloto Luminoso (Q4)
SI (B090 = COMPLETADO) ENTONCES
    Q4 = ACTIVADO
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
FIN_SI

// Salidas adicionales
SI (B001 = ACTIVADO) ENTONCES
    B061/Trg = ACTIVADO
    B060/3 = ACTIVADO
    B091/1 = ACTIVADO
    B019/1 = ACTIVADO
    B004/2 = ACTIVADO
    B062/2 = ACTIVADO
    B086/2 = ACTIVADO
    B030/1 = ACTIVADO
FIN_SI

FIN
```

Donde:

a) **Botón de arranque (I3):** Activa el sistema siempre que se cumpla la condición establecida en el comparador B065.
b) **Botón de parada (I4):** Desactiva el sistema mediante un reset lógico en B001 y activa B007.
c) **Lógica interna:** Se utilizan comparadores, un generador de pulsos y un temporizador para definir las condiciones de funcionamiento del sistema.
d) **Salidas:** Varias salidas se activan en función del estado de B001 y del temporizador B090.

4.12.2.2. Subproceso 2.- Bienvenida al sistema

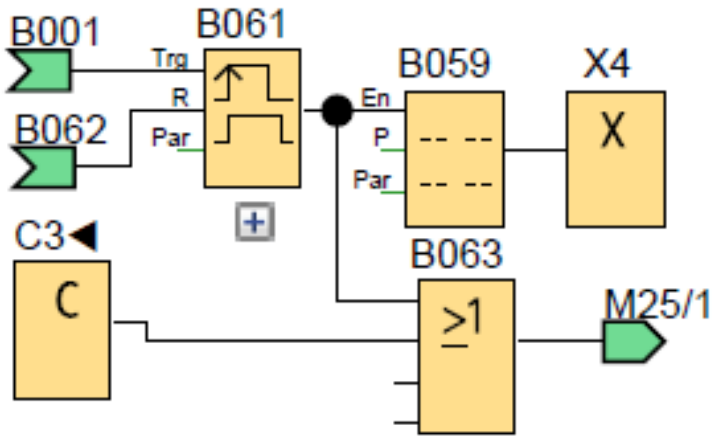
En el momento que se acciona el inicio del sistema, se visualizará una bienvenida al sistema, mostrando las siglas de la universidad y el nombre del proyecto desplazándose de izquierda a derecha durante 8 segundos. En la figura 48 se detalla el esquema de bloques del subproceso 2.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 48

Subproceso 2, bienvenida al sistema



Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presenta el siguiente pseudocódigo que describe a la figura 48:

```
INICIO

// Definición de Entradas y Salidas
B001 (Inicio del Sistema - Trigger)
B062 (Parada del Sistema - Reset)
C3 (Contador de Tiempo - 8 segundos)
X4 (Display para la Bienvenida)
M25/1 (Indicador de Finalización)

// Variables Intermedias
B061 (Flip-Flop RS - Control de Visualización)
B059 (Habilitación del Desplazamiento)
B063 (Comparador de Tiempo >= 1)

// Lógica del Subproceso de Bienvenida
// Activación del sistema de bienvenida
SI (B001 = ACTIVADO) ENTONCES
    B061 = SET (Activar visualización)
    C3 = INICIAR (Contador de 8 segundos)
FIN_SI

// Reset del sistema de bienvenida
SI (B062 = ACTIVADO) ENTONCES
    B061 = RESET (Desactivar visualización)
    C3 = REINICIAR
FIN_SI

// Control del desplazamiento del texto
SI (B061 = ACTIVADO) ENTONCES
    B059 = HABILITAR (Desplazamiento de texto)
    X4 = MOSTRAR (Siglas de la universidad y nombre del proyecto)
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
FIN_SI

// Finalización del subproceso
SI (C3 >= 8 SEGUNDOS) ENTONCES
    B063 = VERDADERO
    B061 = RESET (Finalizar visualización)
    M25/1 = ACTIVADO (Indicar finalización del subproceso)
FIN_SI

FIN
```

Donde:

a) **Activación del sistema de bienvenida**: Se activa con la señal de inicio (B001), iniciando un contador de 8 segundos y habilitando la visualización del texto en la pantalla (X4).

b) **Desplazamiento del texto**: Mientras el sistema de bienvenida está activo (B061), el texto se desplaza de izquierda a derecha.

c) **Finalización del subproceso**: Una vez que el contador (C3) alcanza los 8 segundos, se desactiva la visualización y el indicador de finalización (M25/1) se activa.

d) **Restablecer manual**: Si se acciona la señal de parada (B062), el proceso se reinicia.

4.12.2.3. Subproceso 3.- Estados del sistema

Mediante el subproceso se mostrará las condiciones actuales del sistema. En primera instancia tenemos en el display un mensaje de "EN ESPERA DE ACTIVAR EL SISTEMA", se activará al momento de energizar el PLC y proporciona información de la hora y fecha actual.

Al momento de activar el pulsador de arranque se visualizará la pantalla de ESTADO ENCENDIDO, donde podremos apreciar el valor actual de los sensores como la conductividad eléctrica, el potencial de hidrógeno, la temperatura y sus estados de los parámetros (1S= parámetro bajo, 2S= parámetro óptimo y 3S= parámetro alto), siendo el ideal en 2S, también el estado actual de los actuadores (A1= electroválvula, A2= bombas sumergibles de las soluciones nutritivas madres y A3= bomba sumergible de solución ácida), de la misma manera se visualizará la fecha y hora actual. Además, pulsando la tecla "C2" del PLC se podrá iluminar la pantalla momentáneamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

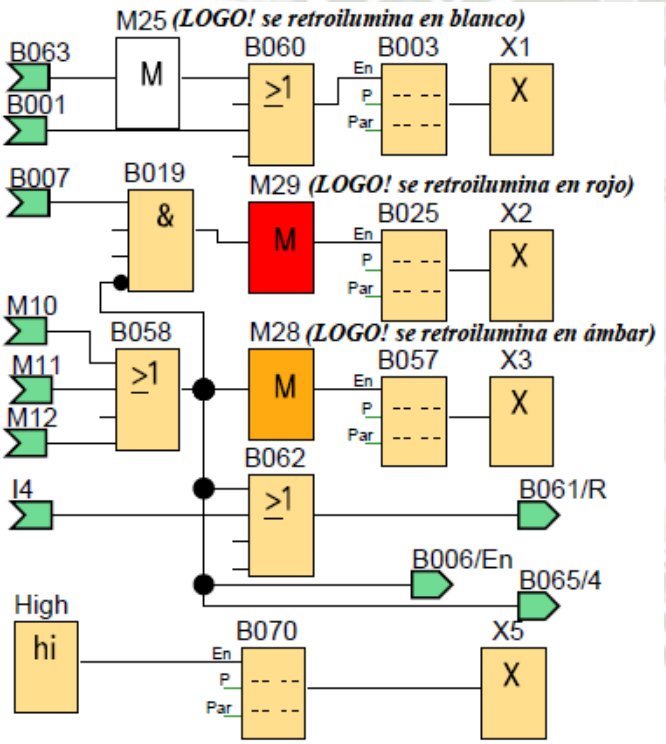
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Luego la pantalla de SISTEMA PARADO, en la cual nos muestra el valor actual de los parámetros como temperatura, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, además la fecha y hora del suceso.

Por último, tenemos la pantalla de ALARMA ACTIVA, brindará información del valor actual de las variables e indicará la falla activa (FCCE= falla en el control de CE, FCpH= fallo en el control de pH y FCN= fallo en el control de nivel) del parámetro(s) alarmado(s). Además, se visualizará un mensaje de corrección manual de la falla y pulsar la tecla "C4" del PLC para desactivar la alarma activa. En la figura 49 se detalla el esquema de bloques del subproceso 3.

Figura 49

Subproceso 2, estados del sistema



Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presenta el siguiente pseudocódigo que describe a la figura 49:

```
INICIO

// Definición de Entradas y Salidas
B001 (Inicio del sistema)
B007 (Parada del sistema)
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
M10, M11, M12 (Condiciones de estado del sistema)
I4 (Reset manual)
High (Señal de alta prioridad)

// Salidas del sistema
M25 (Retroiluminación en blanco - Estado inicial)
M29 (Retroiluminación en rojo - Estado de error)
M28 (Retroiluminación en ámbar - Estado de advertencia)
X1, X2, X3, X5 (Indicadores visuales de los estados)

// Variables Intermedias
B019 (Lógica AND - Confirmación de estado de error)
B058 (Comparador >= 1 - Verifica condiciones de advertencia)
B062 (Reset del estado de advertencia)
B060 (Comparador >= 1 - Control de retroiluminación blanca)
B025 (Control de retroiluminación roja)
B057 (Control de retroiluminación ámbar)
B070 (Verificación de estado de alta prioridad)

// Lógica del subproceso
// Estado inicial: Retroiluminación en blanco
SI (B001 = ACTIVADO Y B063 = TRUE) ENTONCES
    M25 = ACTIVADO (Retroiluminación en blanco)
    X1 = ENCENDIDO (Indicador de estado inicial)
FIN_SI

// Estado de error: Retroiluminación en rojo
SI (B007 = ACTIVADO Y B019 = TRUE) ENTONCES
    M29 = ACTIVADO (Retroiluminación en rojo)
    X2 = ENCENDIDO (Indicador de estado de error)
FIN_SI

// Estado de advertencia: Retroiluminación en ámbar
SI (B058 >= 1) ENTONCES
    M28 = ACTIVADO (Retroiluminación en ámbar)
    X3 = ENCENDIDO (Indicador de advertencia)
FIN_SI

// Reset del estado de advertencia
SI (I4 = ACTIVADO) ENTONCES
    B062 = RESET (Estado de advertencia)
FIN_SI

// Prioridad alta: Señal High
SI (High = ACTIVADO) ENTONCES
    B070 = ACTIVADO
    X5 = ENCENDIDO (Indicador de alta prioridad)
FIN_SI

FIN
```

Donde:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

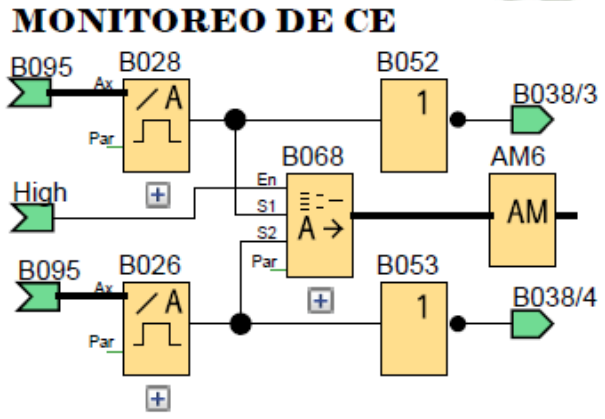
- **Estado inicial (Blanco):** Se activa la retroiluminación blanca (M25) cuando el sistema está en el estado inicial (indicador encendido) y las condiciones de arranque (B001y B063) están activas.
- **Estado de error (Rojo):** Si el sistema detecta un error confirmado mediante la lógica AND (B019) y se activa la señal de parada (B007), la retroiluminación roja (M29) se enciende junto con el indicador visual (X2).
- **Estado de advertencia (Ámbar):** Si alguna de las condiciones relacionadas con el comparador (B058) se cumple, el sistema entra en estado de advertencia, activando la retroiluminación ámbar (M28) y el indicador visual correspondiente (X3).
- **Reset del estado de advertencia:** Un reset manual (I4) permite desactivar el estado de advertencia mediante el control lógico de reset (B062).
- **Alta prioridad:** Si se detecta una señal de alta prioridad (High), el sistema activa el indicador visual asociado (X5) y habilita el estado correspondiente.

4.12.2.4. Subproceso 4.- Rango de operación de variables

El subproceso tiene la finalidad de generar indicadores del estado de los parámetros representados en el display para cada variable monitoreada por medio de un rango de operación preestablecido (1 = bajo, 2 = óptimo y 3 = alto). En la figura 50 se detalla el esquema de bloques del subproceso 4.

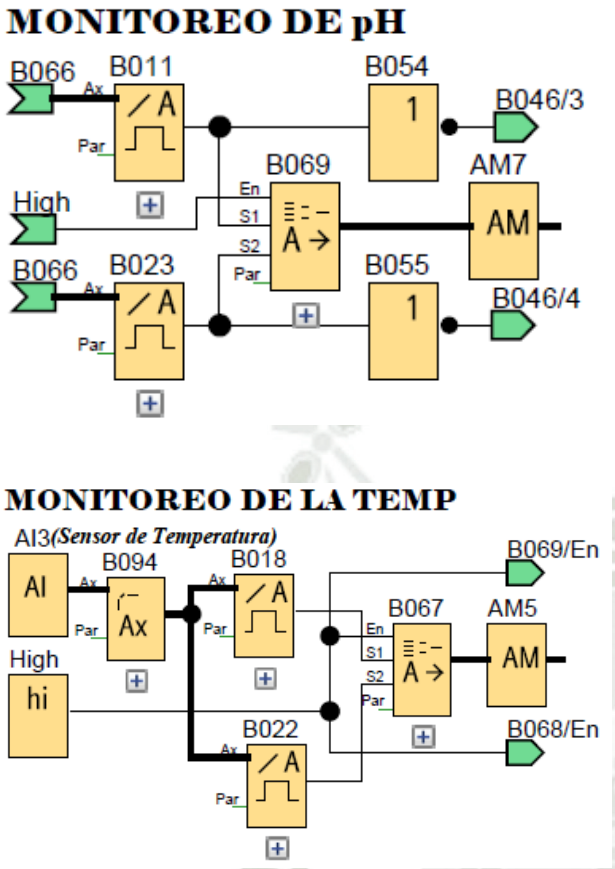
Figura 50

Subproceso 4, rango de operación de variables



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presenta el siguiente pseudocódigo que describe a la figura 50:

```
INICIO

// Definición de Entradas y Salidas
B095 (Entrada de CE - Sensor)
B066 (Entrada de pH - Sensor)
AI3 (Entrada de Temperatura - Sensor)
High (Señal de prioridad alta)

// Salidas del sistema
B038/3, B038/4 (Indicadores de rango de CE)
B046/3, B046/4 (Indicadores de rango de pH)
B069/En, B068/En (Indicadores de rango de temperatura)

// Variables Intermedias - Monitoreo de CE
B028 (Comparador CE - Condición Ax)
B026 (Comparador CE - Condición Ay)
B068 (Selector CE - Selección de rangos)
B052, B053 (Controladores de rango de CE)

// Variables Intermedias - Monitoreo de pH
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
B011 (Comparador pH - Condición Ax)
B023 (Comparador pH - Condición Ay)
B069 (Selector pH - Selección de rangos)
B054, B055 (Controladores de rango de pH)

// Variables Intermedias - Monitoreo de Temperatura
B094 (Comparador Temperatura - Condición Ax)
B018 (Comparador Temperatura - Condición Ay)
B022 (Comparador Temperatura - Condición Az)
B067 (Selector Temperatura - Selección de rangos)

// Lógica del Subproceso
// Monitoreo de CE
SI (B095 = EN_RANGO Ax) ENTONCES
    B028 = ACTIVADO
    B052 = ENCENDIDO (Rango inferior de CE - B038/3)
FIN_SI

SI (B095 = EN_RANGO Ay) ENTONCES
    B026 = ACTIVADO
    B053 = ENCENDIDO (Rango superior de CE - B038/4)
FIN_SI

SI (High = ACTIVADO) ENTONCES
    B068 = ACTIVAR_SELECCION (Indicar prioridad en rangos de CE)
FIN_SI

// Monitoreo de pH
SI (B066 = EN_RANGO Ax) ENTONCES
    B011 = ACTIVADO
    B054 = ENCENDIDO (Rango inferior de pH - B046/3)
FIN_SI

SI (B066 = EN_RANGO Ay) ENTONCES
    B023 = ACTIVADO
    B055 = ENCENDIDO (Rango superior de pH - B046/4)
FIN_SI

SI (High = ACTIVADO) ENTONCES
    B069 = ACTIVAR_SELECCION (Indicar prioridad en rangos de pH)
FIN_SI

// Monitoreo de Temperatura
SI (AI3 = EN_RANGO Ax) ENTONCES
    B094 = ACTIVADO
    B067 = SELECCIONAR_RANGO (Indicar prioridad en rango de temperatura -
B069/En)
FIN_SI

SI (AI3 = EN_RANGO Ay) ENTONCES
    B018 = ACTIVADO
    AM5 = ENCENDIDO (Rango medio de temperatura)
FIN_SI
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
SI (AI3 = EN_RANGO Az) ENTONCES
    B022 = ACTIVADO
    B068/En = ACTIVADO (Rango superior de temperatura)
FIN_SI

FIN
```

Donde:

Monitoreo de CE:

- Se comparan los valores de CE con los rangos definidos (Ax y Ay).
- Dependiendo del rango, se activarán las señales correspondientes (B038/3y B038/4).

Monitoreo de pH:

- Se evaluarán las lecturas de pH frente a los rangos establecidos (Ax y Ay).
- Los indicadores de rango (B046/3, B046/4) se encienden según el valor detectado.

Monitoreo de temperatura:

- El sensor AI3 mide la temperatura, y sus valores se comparan con tres rangos (Ax, Ay, Az).
- Dependiendo del resultado, se activarán los indicadores de temperatura (B069/En, B068/En) o se seleccionarán prioridades para el rango.

Alta prioridad (High):

- Si se activa la señal High, se otorga prioridad a las condiciones críticas del sistema, ajustando los rangos o indicadores correspondientes.

4.12.2.5. Subproceso 5.- Activación de electroválvula

Para la activación del actuador, en este caso la electroválvula, la cual cumplirá la función del restablecimiento de nivel de líquido de la solución nutritiva por medio del agregado de agua potable. Dicho accionar debe tener condiciones. En primera instancia, para la activación de la electroválvula, debe pasar 12 minutos y 30 segundos, luego de la activación del sistema de recirculación de la solución nutritiva y el sensor de nivel debe estar normalmente abierto. Luego por medio del sensor se debe desactivar el actuador. Finalmente, enviar una señal retardada de 2 minutos y 30 segundos para la activación de los actuadores de corrección de la conductividad

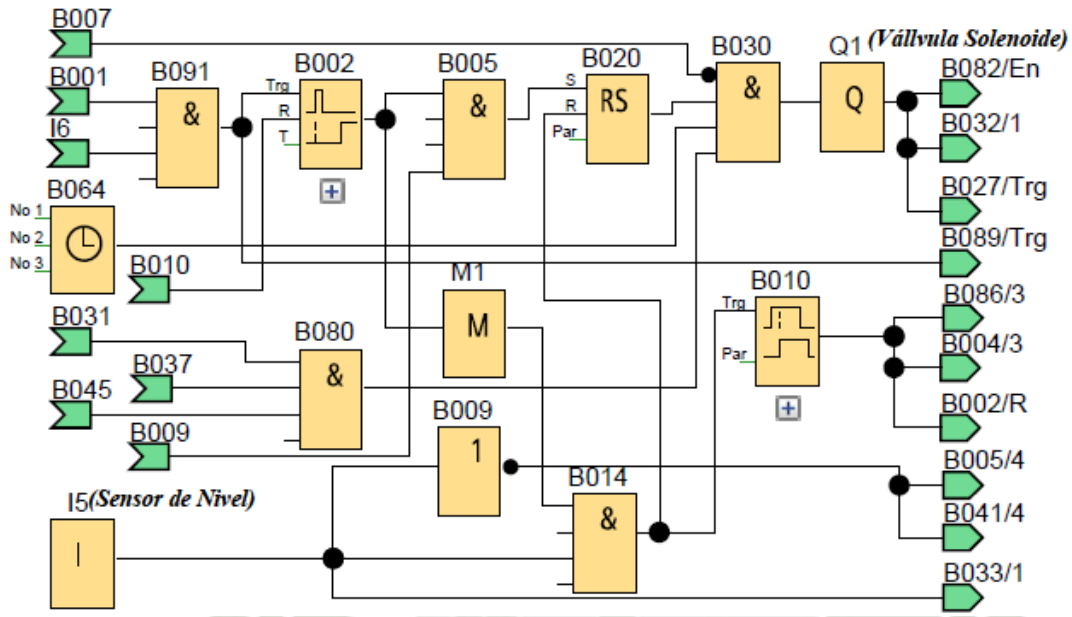
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

eléctrica y potencial de hidrógeno. En la figura 51 se detalla el esquema de bloques del subproceso 5.

Figura 51

Subproceso 5, activación de electroválvula para agregar agua



Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presenta el siguiente pseudocódigo que describe a la figura 51:

```
INICIO

// Definición de Entradas
B007 (Señal de inicio)
B001 (Señal de activación manual)
I6 (Entrada de señal de control)
I5 (Sensor de nivel)
B064 (Temporizador - Control de tiempo de operación)
B037, B045 (Señales auxiliares)
No1, No2, No3 (Estados predefinidos del temporizador)

// Salidas
Q1 (Electroválvula - Activación)
B032/1, B027/Trg, B089/Trg (Indicadores de estado)
B086/3, B004/3, B002/R, B005/4, B041/4, B033/1 (Señales adicionales)

// Variables Intermedias
B091 (Lógica AND - Condición de inicio)
B002 (Flip-Flop - Control de activación)
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

```
B005, B030 (Lógica AND - Control de electroválvula)
B020 (Latch RS - Estado de la válvula)
B010 (Temporizador adicional)
B009 (Comparador - Verificación de estado)
M1 (Indicador de operación)

// Lógica del Subproceso
// Condición de inicio y habilitación de la válvula
SI (B007 = ACTIVADO Y B001 = ACTIVADO Y I6 = ACTIVADO) ENTONCES
    B091 = VERDADERO
    B002 = SET (Control de inicio de electroválvula)
FIN_SI

// Temporizador principal
SI (B064 = FINALIZADO) ENTONCES
    Q1 = DESACTIVADO (Cerrar electroválvula)
    B020 = RESET (Estado de válvula desactivado)
FIN_SI

// Control de nivel del sensor
SI (I5 = NIVEL_BAJO) ENTONCES
    B030 = VERDADERO
    Q1 = ACTIVADO (Abrir electroválvula)
    B020 = SET (Estado de válvula activado)
FIN_SI

// Control adicional con señales auxiliares
SI (B037 = ACTIVADO Y B045 = ACTIVADO) ENTONCES
    M1 = ACTIVADO (Indicador de operación)
    B010 = INICIAR (Temporizador adicional)
FIN_SI

// Verificación y señales adicionales
SI (B009 = EN_RANGO) ENTONCES
    B032/1 = ACTIVADO
    B027/Trg = ACTIVADO
    B089/Trg = ACTIVADO
FIN_SI

// Señales auxiliares según condiciones
SI (B010 = FINALIZADO) ENTONCES
    B086/3 = ACTIVADO
    B004/3 = ACTIVADO
    B002/R = ACTIVADO
    B005/4 = ACTIVADO
    B041/4 = ACTIVADO
    B033/1 = ACTIVADO
FIN_SI

FIN
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde:

- **Condición de inicio:** La válvula (Q1) se habilita si las señales de inicio (B007, B001, I6) están activas y cumplen con las condiciones lógicas definidas.
- **Control de temporizador:** Un temporizador (B064) regula el tiempo de activación de la válvula. Al finalizar, se desactivará automáticamente.
- **Control de nivel:** Si el sensor de nivel (I5) detecta un nivel bajo, la válvula se abre para reponer el líquido, y su estado se actualiza mediante un pestillo (B020).
- **Señales auxiliares y temporizador adicional:** Variables adicionales (B037, B045) activan un indicador de operación (M1) y controlan un temporizador secundario (B010) para operaciones específicas.
- **Verificación y señales adicionales:** Se generan múltiples señales e indicadores según el estado del sistema y las condiciones evaluadas.

4.12.2.6. Subproceso 6.- Activación de las bombas sumergibles

Luego de la activación de la electroválvula y en su defecto pasado el tiempo de 15 minutos de activación del sistema de recirculación, continua el accionar de las bombas sumergibles para la corrección de conductividad eléctrica y potencial de hidrógeno, las cuales deben cumplir ciertas condiciones. En primer lugar, el valor de ese instante obtenido por los sensores de conductividad eléctrica y potencial de hidrógeno serán enviados para generar el cálculo de los temporizadores de encendido de las bombas sumergibles.

Para el caso del potencial de hidrógeno, el valor censado debe estar por encima de 6,3 pH para el encendido de la bomba sumergible de recipiente de solución ácida diluida. En la figura 52 se detalla el esquema de bloques del subproceso 6.1.

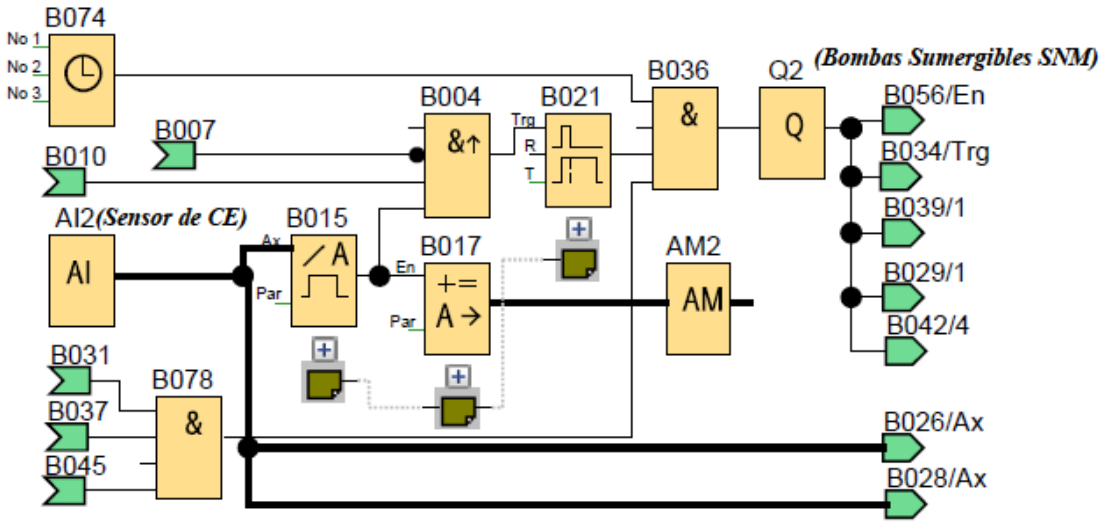
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 52

Subproceso 6.1, activación de bombas sumergibles para agregar solución nutritiva madre



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se presenta el siguiente pseudocódigo que describe a la figura 52:

```
INICIO

// Definición de Entradas
B074 (Temporizador - Control del tiempo de operación)
B007 (Señal de inicio)
AI2 (Sensor de CE - Entrada de conductividad eléctrica)
B031, B037, B045 (Señales auxiliares)

// Salidas
Q2 (Bombas sumergibles - Activación)
B056/En, B034/Trg, B039/1, B029/1, B042/4 (Indicadores de estado)
B026/Ax, B028/Ax (Señales auxiliares)

// Variables Intermedias
B004 (Lógica AND - Condición inicial)
B021 (Flip-Flop - Control de activación de las bombas)
B036 (Lógica AND - Activación final)
B015 (Comparador CE - Condición de Ax)
B017 (Selector de rangos CE - Evaluación de conductividad)
AM2 (Control de ajuste de conductividad)
B078 (Lógica AND - Señales auxiliares)

// Lógica del Subproceso
// Condición de inicio y habilitación de las bombas
SI (B007 = ACTIVADO Y AI2 = DENTRO_DE_RANGO(Ax)) ENTONCES
    B004 = VERDADERO
    B021 = SET (Activar bombas sumergibles)
FIN_SI
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
// Temporizador principal
SI (B074 = FINALIZADO) ENTONCES
    Q2 = DESACTIVADO (Apagar bombas)
    B021 = RESET (Estado de bombas desactivado)
FIN_SI

// Control de CE por el sensor
SI (AI2 = FUERA_DE_RANGO(Ax)) ENTONCES
    B015 = ACTIVADO (Condición de rango fuera de Ax)
    AM2 = ACTIVAR (Ajustar conductividad)
    B017 = SELECCIONAR (Evaluar nuevo rango de CE)
FIN_SI

// Lógica adicional para señales auxiliares
SI (B031 = ACTIVADO Y B037 = ACTIVADO Y B045 = ACTIVADO) ENTONCES
    B078 = VERDADERO
    Q2 = ACTIVADO (Abrir válvulas para ajustar conductividad)
FIN_SI

// Indicadores y señales adicionales
SI (B036 = VERDADERO) ENTONCES
    B056/En = ACTIVADO
    B034/Trg = ACTIVADO
    B039/1 = ACTIVADO
    B029/1 = ACTIVADO
    B042/4 = ACTIVADO
FIN_SI

SI (B015 = FINALIZADO) ENTONCES
    B026/Ax = ACTIVADO
    B028/Ax = ACTIVADO
FIN_SI

FIN
```

Donde:

- **Condición de inicio:** Las bombas (Q2) se activan si la señal de inicio (B007) está activada y el sensor de CE (AI2) detecta que la conductividad eléctrica está dentro del rango definido (Ax).
- **Control del temporizador:** Un temporizador principal (B074) regula el tiempo de operación de las bombas. Al finalizar, las bombas se desactivarán.
- **Ajuste por conductividad eléctrica:** Si el sensor de CE detecta un valor fuera de rango (Ax), se activa el ajuste de conductividad (AM2) para corregir el parámetro.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

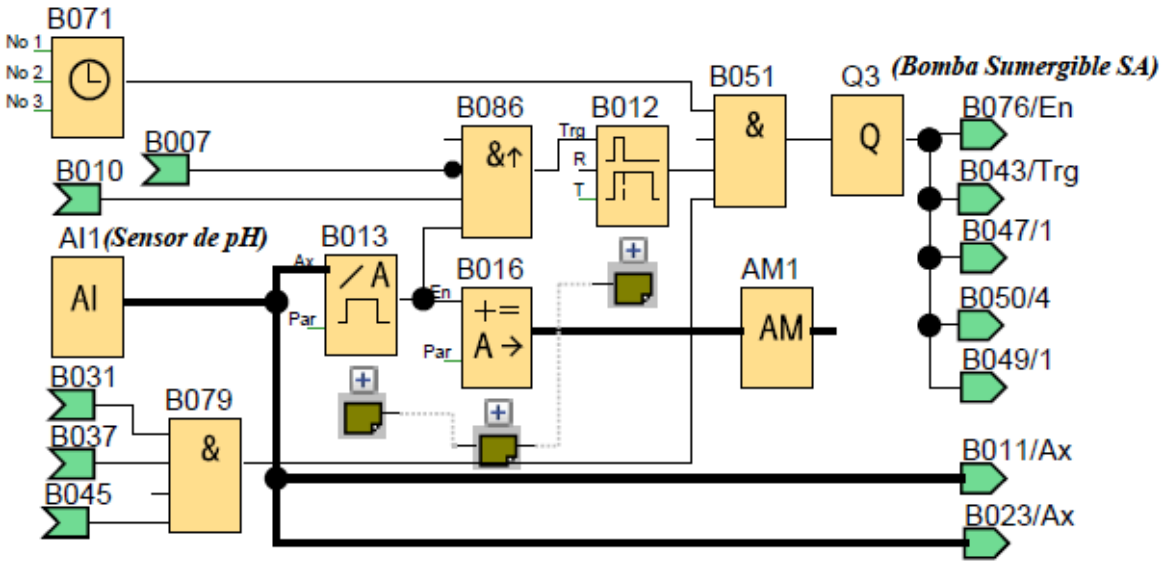
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Lógica de señales auxiliares:** Las señales (B031, B037, B045) deben estar activas simultáneamente para habilitar las bombas y ajustar los valores de CE.
- **Indicadores y señales adicionales:** Varias salidas (B056/En, B034/Trg, etc.) que reflejan el estado del sistema y las operaciones en curso.

Para el caso de la conductividad eléctrica, el valor censado debe ser menor a 1400 u/cm para generar el tiempo de encendido de las bombas sumergibles de los recipientes de las soluciones nutritivas madres. En la figura 53 se detalla el esquema del subproceso 6.2.

Figura 53

Subproceso 6.2, activación de bombas sumergibles para agregar solución ácida



Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presenta el siguiente pseudocódigo que describe a la figura 53:

```
INICIO

// Definición de Entradas
B071 (Temporizador - Control del tiempo de operación)
B007 (Señal de inicio)
AI1 (Sensor de pH - Entrada para monitoreo de pH)
B031, B037, B045 (Señales auxiliares)

// Salidas
Q3 (Bomba sumergible - Activación para solución ácida)
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

```
B076/En, B043/Trg, B047/1, B050/4, B049/1 (Indicadores de estado)
B011/Ax, B023/Ax (Señales auxiliares)

// Variables Intermedias
B086 (Lógica AND - Condición inicial para bombas)
B012 (Flip-Flop - Control de activación de bombas)
B051 (Lógica AND - Activación final)
B013 (Comparador de pH - Condición Ay)
B016 (Selector de rangos pH - Evaluación de acidez)
AM1 (Control de ajuste de pH)
B079 (Lógica AND - Señales auxiliares)

// Lógica del Subproceso
// Condición de inicio y habilitación de la bomba
SI (B007 = ACTIVADO Y AI1 = FUERA_DE_RANGO(Ay)) ENTONCES
    B086 = VERDADERO
    B012 = SET (Activar bomba sumergible para solución ácida)
FIN_SI

// Temporizador principal
SI (B071 = FINALIZADO) ENTONCES
    Q3 = DESACTIVADO (Apagar bomba)
    B012 = RESET (Estado de bomba desactivado)
FIN_SI

// Control del pH por el sensor
SI (AI1 = FUERA_DE_RANGO(Ay)) ENTONCES
    B013 = ACTIVADO (Condición de rango de pH fuera de Ay)
    AM1 = ACTIVAR (Ajustar acidez del sistema)
    B016 = SELECCIONAR (Evaluar nuevo rango de pH)
FIN_SI

// Lógica adicional para señales auxiliares
SI (B031 = ACTIVADO Y B037 = ACTIVADO Y B045 = ACTIVADO) ENTONCES
    B079 = VERDADERO
    Q3 = ACTIVADO (Iniciar ajuste de acidez con bomba)
FIN_SI

// Indicadores y señales adicionales
SI (B051 = VERDADERO) ENTONCES
    B076/En = ACTIVADO
    B043/Trg = ACTIVADO
    B047/1 = ACTIVADO
    B050/4 = ACTIVADO
    B049/1 = ACTIVADO
FIN_SI

SI (B013 = FINALIZADO) ENTONCES
    B011/Ax = ACTIVADO
    B023/Ax = ACTIVADO
FIN_SI

FIN
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde:

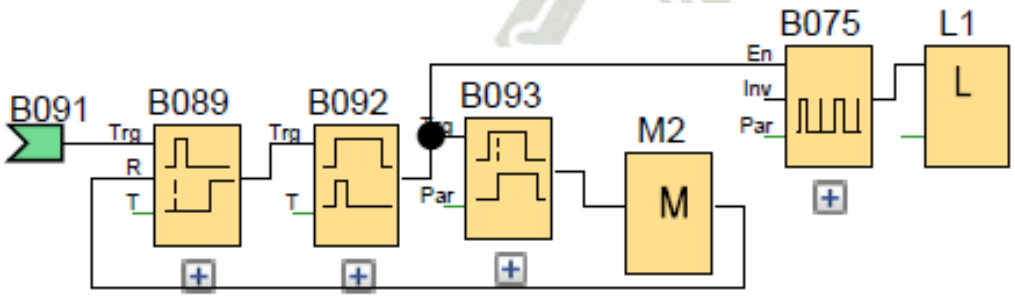
- **Condición de inicio:** La bomba (Q3) se activa si la señal de inicio (B007) está activada y el sensor de pH (AI1) detecta que el valor está fuera del rango definido (Ay).
- **Control del temporizador:** Un temporizador principal (B071) regula el tiempo de operación de la bomba. Al finalizar el tiempo, la bomba se apaga.
- **Ajuste de pH:** Si el sensor de pH detecta un valor fuera del rango, se activa el ajuste de acidez (AM1) para corregir el pH.
- **Lógica de señales auxiliares:** Las señales auxiliares (B031, B037, B045) deben estar activadas para habilitar la bomba y realizar los ajustes necesarios.
- **Indicadores de estado:** Varias salidas (B076/En, B043/Trg, etc.) que reflejan el estado del sistema y el progreso de las operaciones.

4.12.2.7. Subproceso 7.- Registro de datos

En el siguiente esquema, tiene la función de almacenar los parámetros de CE, PH, RNL-H2O, la cantidad de agregado de agua, solución ácida, soluciones nutritivas madres. La toma de datos se da cada minuto en un intervalo de tiempo comprendido. Luego de 5 min después del encendido del sistema de recirculación de la solución nutritiva hasta los 12 minutos. En la figura 54 se detalla el esquema de bloques del subproceso 7.

Figura 54

Subproceso 8, Registro de datos



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A continuación, se presenta el siguiente pseudocódigo que describe a la figura 54:

```
INICIO

// Definición de Entradas
B091 (Señal de inicio del registro de datos)

// Salidas
M2 (Indicador de estado de registro activo)
B075 (Generador de pulsos para el registro)
L1 (Indicador de registro de datos)

// Variables Intermedias
B089 (Flip-Flop - Control inicial del registro)
B092 (Flip-Flop - Control de continuación)
B093 (Control lógico - Condición de activación)

// Lógica del Subproceso

// Activación inicial del registro de datos
SI (B091 = ACTIVADO) ENTONCES
    B089 = SET (Inicio del proceso de registro)
    M2 = ACTIVADO (Indicador de estado de registro activo)
FIN_SI

// Continuación del proceso de registro
SI (B089 = ACTIVADO) ENTONCES
    B092 = SET (Mantener el proceso de registro)
FIN_SI

// Condición para mantener el registro
SI (B092 = ACTIVADO Y B093 = VERDADERO) ENTONCES
    B075 = GENERAR_PULSOS (Controlar el registro de datos)
    L1 = ENCENDIDO (Indicador de que el registro está activo)
FIN_SI

// Finalización del registro
SI (B091 = DESACTIVADO) ENTONCES
    B089 = RESET
    B092 = RESET
    B075 = DETENER_PULSOS
    L1 = APAGADO (Indicador de que el registro ha finalizado)
    M2 = DESACTIVADO (Indicador de estado de registro inactivo)
FIN_SI

FIN
```

Donde:

- **Activación inicial del registro:** La señal B091activa el proceso de registro, configurando el flip-flop inicial B089y activando el indicador de estado M2.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

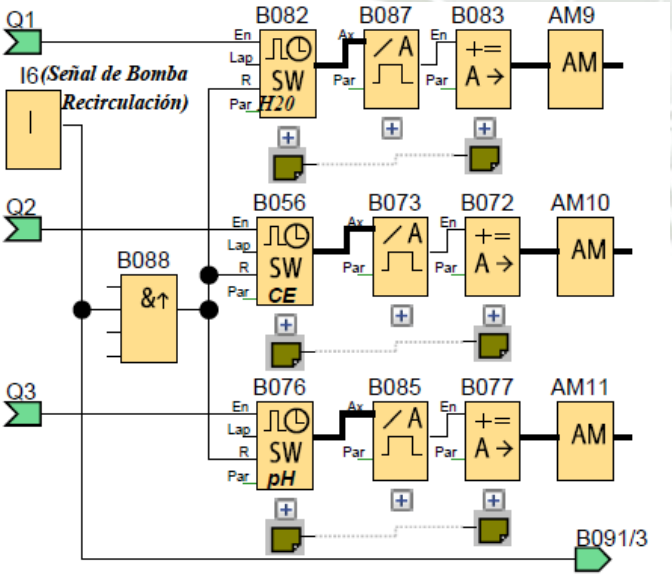
- **Continuación del registro:** Una vez iniciado, el flip-flop B092asegura la continuidad del registro de datos, mientras la condición lógica definida por B093sea verdadera.
- **Control del registro de datos:** Si B092y B093están activos, el generador de pulsos B075regula la recopilación de datos y el indicador L1confirma que el proceso está en marcha.
- **Finalización del registro:** Cuando B091se desactiva, los flip-flops (B089, B092) se reinician, el generador de pulsos B075se detiene y los indicadores L1y M2se apagan.

4.12.2.8. Subproceso 8.- Monitoreo de agregados

En el siguiente subproceso cumple la función de almacenar los tiempos de activación de la electroválvula y las mini bombas sumergibles mediante un cronómetro, para luego ser procesadas por medio de la operación de tiempo por caudal. Y determinar el volumen de agregado de agua, solución ácida y solución nutritiva madre A, B, C de la corrección de parámetro, ejecutada después de cada recirculación de la solución nutritiva. En la figura 55 se detalla el esquema de bloques del subproceso 8.

Figura 55

Subproceso 7, Monitoreo de agregados



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A continuación, se presenta el siguiente pseudocódigo que describe a la figura 55:

```
INICIO

// Definición de Entradas
Q1 (Señal de Bomba de Recirculación de Agua)
Q2 (Señal de Bomba para CE)
Q3 (Señal de Bomba para pH)
I6 (Señal de activación de monitoreo)

// Salidas
AM9 (Control de agua - Ajuste H2O)
AM10 (Control de conductividad eléctrica - Ajuste CE)
AM11 (Control de pH - Ajuste pH)
B091/3 (Indicador de monitoreo activo)

// Variables Intermedias
B082 (Temporizador de agua - SW H2O)
B056 (Temporizador de CE - SW CE)
B076 (Temporizador de pH - SW pH)
B088 (Lógica AND - Habilitación general)
B087 (Comparador de agua - Rango H2O)
B083 (Selector de ajustes - Agua)
B073 (Comparador de CE - Rango CE)
B072 (Selector de ajustes - CE)
B085 (Comparador de pH - Rango pH)
B077 (Selector de ajustes - pH)

// Lógica del Subproceso

// Condición de inicio para el monitoreo
SI (I6 = ACTIVADO) ENTONCES
    B088 = VERDADERO (Habilitar monitoreo)
FIN_SI

// Monitoreo y ajuste del agua
SI (Q1 = ACTIVADO Y B088 = VERDADERO) ENTONCES
    B082 = INICIAR (Temporizador de monitoreo H2O)
    SI (B087 = FUERA_DE_RANGO) ENTONCES
        AM9 = ACTIVAR (Ajuste de nivel de agua)
        B083 = SELECCIONAR (Control del ajuste de agua)
    FIN_SI
FIN_SI

// Monitoreo y ajuste de la CE
SI (Q2 = ACTIVADO Y B088 = VERDADERO) ENTONCES
    B056 = INICIAR (Temporizador de monitoreo CE)
    SI (B073 = FUERA_DE_RANGO) ENTONCES
        AM10 = ACTIVAR (Ajuste de conductividad)
        B072 = SELECCIONAR (Control del ajuste de CE)
    FIN_SI
FIN_SI
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
// Monitoreo y ajuste del pH
SI (Q3 = ACTIVADO Y B088 = VERDADERO) ENTONCES
    B076 = INICIAR (Temporizador de monitoreo pH)
    SI (B085 = FUERA_DE_RANGO) ENTONCES
        AM11 = ACTIVAR (Ajuste de pH)
        B077 = SELECCIONAR (Control del ajuste de pH)
    FIN_SI
FIN_SI

// Indicador de monitoreo activo
SI (B088 = VERDADERO) ENTONCES
    B091/3 = ACTIVADO (Indicador de monitoreo en curso)
FIN_SI

FIN
```

Donde:

Condición de inicio: El monitoreo se habilita si la señal de activación (I6) está activada, configurando la lógica B088para permitir las operaciones de monitoreo.

Monitoreo y ajuste del agua:

- Si la bomba de recirculación de agua (Q1) está activada, el temporizador de agua (B082) inicia el monitoreo.
- Si el nivel de agua está fuera de rango (B087), active el ajuste (AM9) y el selector de control (B083) corrija el nivel.

Monitoreo y ajuste de CE:

- Si la bomba de CE (Q2) está activada, el temporizador de CE (B056) inicia el monitoreo.
- Si el CE está fuera de rango (B073), se activa el ajuste (AM10) y el selector de control (B072) corrige la conductividad.

Monitoreo y ajuste de pH:

- Si la bomba de pH (Q3) está activada, el temporizador de pH (B076) inicia el monitoreo.
- Si el pH está fuera de rango (B085), se activa el ajuste (AM11) y el selector de control (B077) corrige el pH.

Indicador de monitoreo: Si el monitoreo está habilitado, el indicador B091/3se activa, señalando que el sistema está operando.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

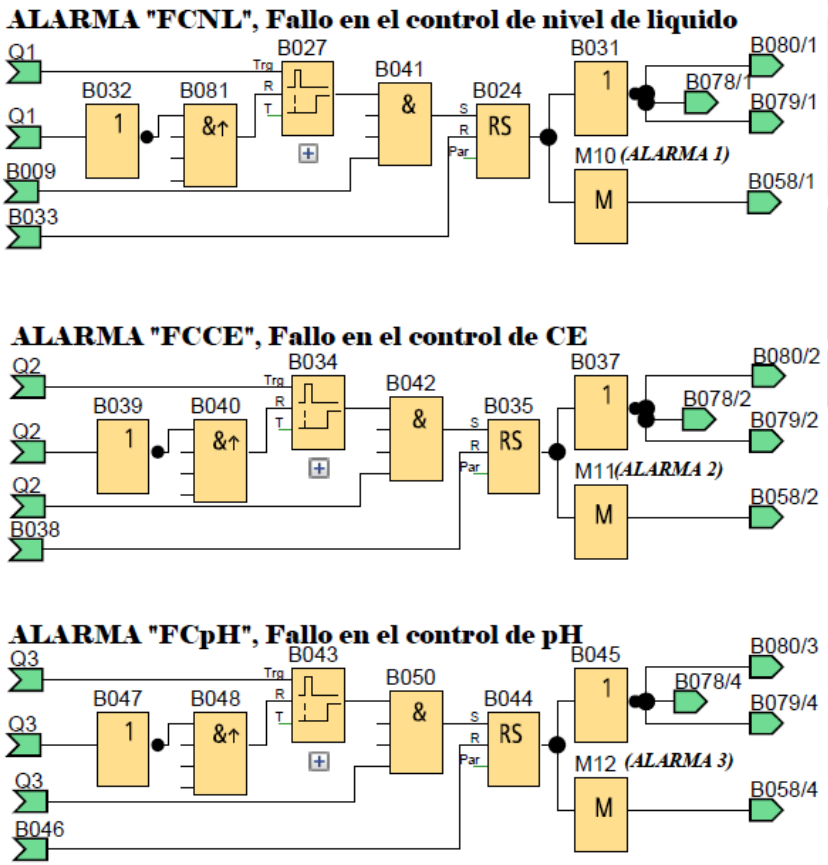
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.12.2.9. Subproceso 9.- Finalización de ciclo

La finalización del proceso, se dará por medio de la activación de las alarmas, las cuales también cumplen la función de protección del sistema. La primera alarma es el "fallo en el control de nivel" la cual se activará cuando el tiempo de encendido de la electroválvula sea mayor a 3 minutos de agregado de agua o el sensor de nivel permanezca normalmente abierto antes del inicio de un nuevo ciclo de recirculación de la solución nutritiva. La segunda alarma es "fallo en el control de CE", tiene el propósito de activarse cuando el tiempo de encendido de las bombas sumergibles de los tanques de soluciones nutritivas madres sea demasiado prolongado. La tercera alarma es "fallo en el control de pH", se activará cuando el tiempo de encendido de la bomba sumergible del tanque de solución ácida sea excesivo. En la figura 56 se detalla el esquema de bloques del subproceso 9.

Figura 56

Subproceso 9, finalización del ciclo



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A continuación, se presenta el siguiente pseudocódigo que describe a la figura 56:

```
INICIO

// Definición de Entradas
Q1 (Señal de nivel de líquido - Control de nivel)
Q2 (Señal de CE - Control de conductividad eléctrica)
Q3 (Señal de pH - Control de pH)
B009, B033, B038, B046 (Entradas de fallos específicos)

// Salidas
M10 (Alarma 1: Fallo en el control de nivel de líquido)
M11 (Alarma 2: Fallo en el control de CE)
M12 (Alarma 3: Fallo en el control de pH)
B078/1, B079/1, B058/1 (Indicadores para nivel de líquido)
B078/2, B079/2, B058/2 (Indicadores para CE)
B078/3, B079/3, B058/3 (Indicadores para pH)

// Variables Intermedias
B027 (Flip-Flop - Control de fallo en nivel de líquido)
B034 (Flip-Flop - Control de fallo en CE)
B043 (Flip-Flop - Control de fallo en pH)
B024 (Latch RS - Activación de alarma por nivel de líquido)
B035 (Latch RS - Activación de alarma por CE)
B044 (Latch RS - Activación de alarma por pH)
B041, B042, B050 (Lógica AND - Verificación de fallos)

// Lógica del Subproceso

// Detección de fallo en el control de nivel de líquido
SI (Q1 = ACTIVADO Y B009 = FALLA) ENTONCES
    B027 = SET (Activar flip-flop de fallo en nivel de líquido)
    SI (B027 = ACTIVADO Y B041 = VERDADERO) ENTONCES
        B024 = SET (Activar alarma de nivel de líquido)
        M10 = ACTIVADO (Activar Alarma 1)
        B078/1 = ENCENDIDO (Indicador de fallo en nivel)
        B079/1 = ENCENDIDO
        B058/1 = ENCENDIDO
    FIN_SI
FIN_SI

// Detección de fallo en el control de CE
SI (Q2 = ACTIVADO Y B038 = FALLA) ENTONCES
    B034 = SET (Activar flip-flop de fallo en CE)
    SI (B034 = ACTIVADO Y B042 = VERDADERO) ENTONCES
        B035 = SET (Activar alarma de CE)
        M11 = ACTIVADO (Activar Alarma 2)
        B078/2 = ENCENDIDO (Indicador de fallo en CE)
        B079/2 = ENCENDIDO
        B058/2 = ENCENDIDO
    FIN_SI
FIN_SI
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
// Detección de fallo en el control de pH
SI (Q3 = ACTIVADO Y B046 = FALLA) ENTONCES
    B043 = SET (Activar flip-flop de fallo en pH)
    SI (B043 = ACTIVADO Y B050 = VERDADERO) ENTONCES
        B044 = SET (Activar alarma de pH)
        M12 = ACTIVADO (Activar Alarma 3)
        B078/3 = ENCENDIDO (Indicador de fallo en pH)
        B079/3 = ENCENDIDO
        B058/3 = ENCENDIDO
    FIN_SI
FIN_SI

FIN
```

Donde:

Detección de fallas:

- Se monitorean las señales de entrada (Q1, Q2, Q3) junto con las condiciones de fallo (B009, B038, B046) para detectar anomalías en el control de nivel de líquido, CE o pH.
- Cada fallo activa un flip-flop (B027, B034, B043) que inicia el proceso de alarma.

Activación de alarmas:

- Si se detecta un fallo y la lógica AND correspondiente (B041, B042, B050) es verdadera, se activa el pestillo RS correspondiente (B024, B035, B044).
- Las alarmas (M10, M11, M12) y los indicadores de fallo (B078, B079, B058) se activan para señalar el problema específico.

Alarmas específicas:

1. **Alarma 1 (M10):** Indica fallo en el control de nivel de líquido.
2. **Alarma 2 (M11):** Indica fallo en el control de CE.
3. **Alarma 3 (M12):** Indica fallo en el control de pH.

4.12.2.10. Subproceso 10.- Desactivación de alarmas

En el siguiente esquema, tiene la función de desactivar las alarmas presentes cuando cumple condiciones específicas para cada alarma. En primer caso, para desactivar la alarma “fallo en el control de nivel”, es necesario que el sensor de nivel esté normalmente cerrado. En el segundo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

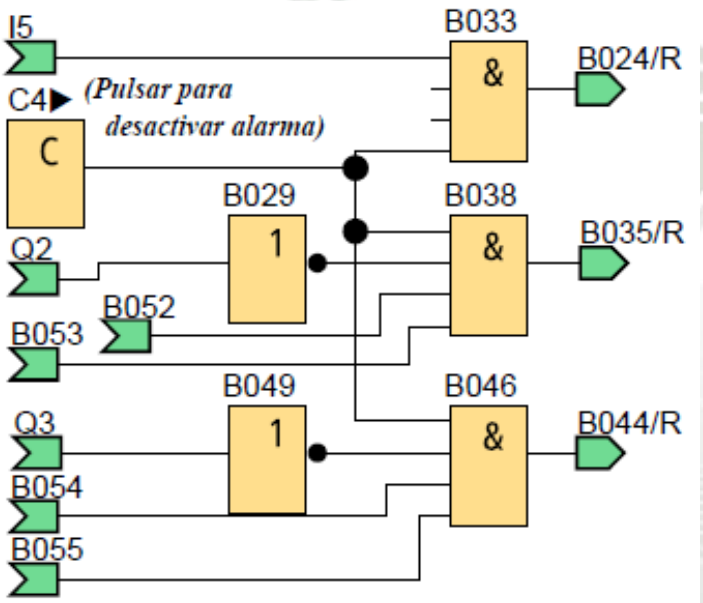
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

caso, la desactivación de la alarma “fallo en el control de CE”, el parámetro deberá estar en el rango óptimo de conductividad eléctrica. En el tercer caso se desactiva la alarma “fallo en el control de pH”, la variable deberá estar en el rango óptimo de potencial de hidrógeno. Por último, en todos los casos se pulsará la tecla “C4” del PLC para completar la desactivación de alarmas. En la figura 57 se detalla el esquema de bloques del subproceso 10.

Figura 57

Subproceso 10, desactivación de alarmas



Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presenta el siguiente pseudocódigo que describe a la figura 57:

```
INICIO

// Definición de Entradas
I5 (Botón para desactivar alarmas)
C4 (Contador - Control de reinicio de alarmas)
Q2 (Señal de control para CE)
Q3 (Señal de control para pH)

// Salidas
B024/R (Reset de alarma de nivel de líquido)
B035/R (Reset de alarma de CE)
B044/R (Reset de alarma de pH)

// Variables Intermedias
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
B033 (Lógica AND - Verificación de nivel de líquido)
B038 (Lógica AND - Verificación de CE)
B046 (Lógica AND - Verificación de pH)
B029 (Latch RS - Control de nivel de líquido)
B049 (Latch RS - Control de pH)
B052, B053 (Indicadores auxiliares para CE)
B054, B055 (Indicadores auxiliares para pH)

// Lógica del Subproceso

// Condición para desactivar alarma de nivel de líquido
SI (I5 = ACTIVADO) ENTONCES
    C4 = INCREMENTAR (Contador de desactivación)
    SI (B029 = ACTIVADO Y B033 = VERDADERO) ENTONCES
        B024/R = ACTIVADO (Reset de alarma de nivel de líquido)
    FIN_SI
FIN_SI

// Condición para desactivar alarma de CE
SI (I5 = ACTIVADO) ENTONCES
    SI (B052 = ACTIVADO Y B053 = ACTIVADO Y B038 = VERDADERO) ENTONCES
        B035/R = ACTIVADO (Reset de alarma de CE)
    FIN_SI
FIN_SI

// Condición para desactivar alarma de pH
SI (I5 = ACTIVADO) ENTONCES
    SI (B054 = ACTIVADO Y B055 = ACTIVADO Y B046 = VERDADERO) ENTONCES
        B044/R = ACTIVADO (Reset de alarma de pH)
    FIN_SI
FIN_SI

FIN
```

Donde:

- **Desactivación de alarma de nivel de líquido:** La alarma de nivel de líquido se desactiva si el botón I5está activado y la lógica B033verifica que las condiciones necesarias se cumplen. El reinicio (B024/R) se activa para restablecer el sistema.
- **Desactivación de alarma de CE:** La alarma de CE se desactiva si I5está activada y las señales auxiliares B052, B053y la lógica B038están en estado verdadero. Esto activa el reinicio correspondiente (B035/R).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Desactivación de alarma de pH:** Similar a las anteriores, la alarma de pH se desactiva si I5está activada, las señales y la lógica B054verifican las condiciones requeridas. El reset de pH se activa B055 - B046 - B044/R

4.12.3. Configuración del Display del PLC

El monitoreo de las variables de CE, PH y RNL-H20 se visualizarán en el display del PLC del tablero de control. En la Tabla 46 se muestra la configuración de las pantallas.

Tabla 46

Configuración de Pantallas

Subproceso	Descripción
1	En espera de activar el sistema.
2	Bienvenida al sistema.
3	Estado de encendido.
4	Sistema parado.
5	Alarma activa.

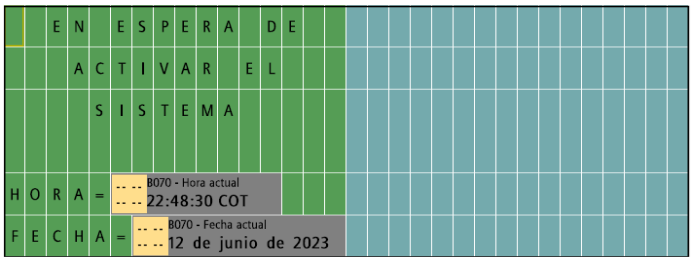
Nota. Elaboración propia.

4.12.3.1. Pantalla 1.- En espera de activar el sistema

Al momento de energizar el PLC mostrará la pantalla de espera de activación del sistema. En la figura 58 se visualiza la configuración de la pantalla 1.

Figura 58

Pantalla 1, en espera de activación del sistema



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

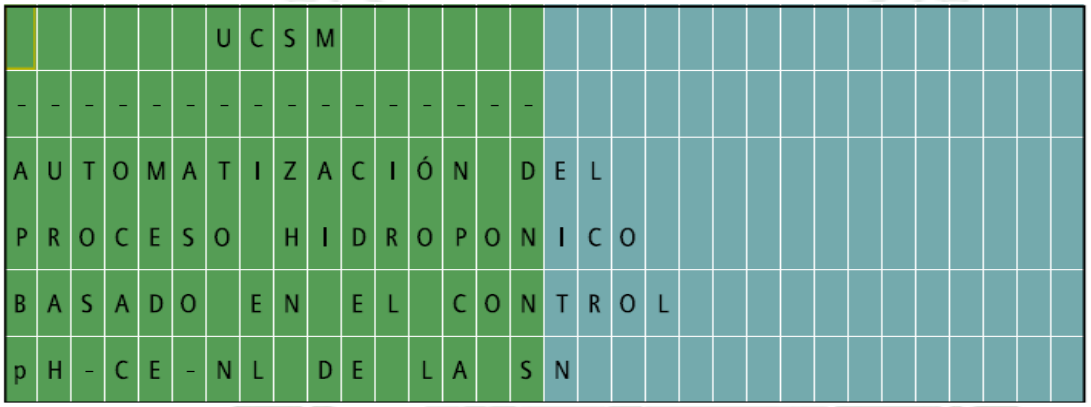
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.12.3.2. Pantalla 2.- Bienvenida al sistema

Luego de activar el pulsador de arranque, se iniciará en mensaje de bienvenida del sistema y al tener caracteres fuera del rango visible del display del PLC, se muestra el mensaje desplazándose con la pantalla iluminada en color blanco. En la figura 59 se observa la configuración de la pantalla 2.

Figura 59

Pantalla 2, bienvenida al sistema



Nota. Elaboración propia.

4.12.3.3. Pantalla 3.- Estado encendido

Pasado 8 segundos de la pantalla de "Bienvenida al sistema", se visualizará la pantalla "Estado encendido". Mostrando información del valor de las variables de CE, pH, Temp y RNL-H2O, rango de operación de las variables (1 = bajo, 2 = óptimo y 3 = alto), de la misma manera la fecha y hora actual. Además, al tener caracteres por fuera del rango visible del display del PLC se desplazará para tener la visión completa de ellos. En la figura 60 se observa la configuración de la pantalla 3.

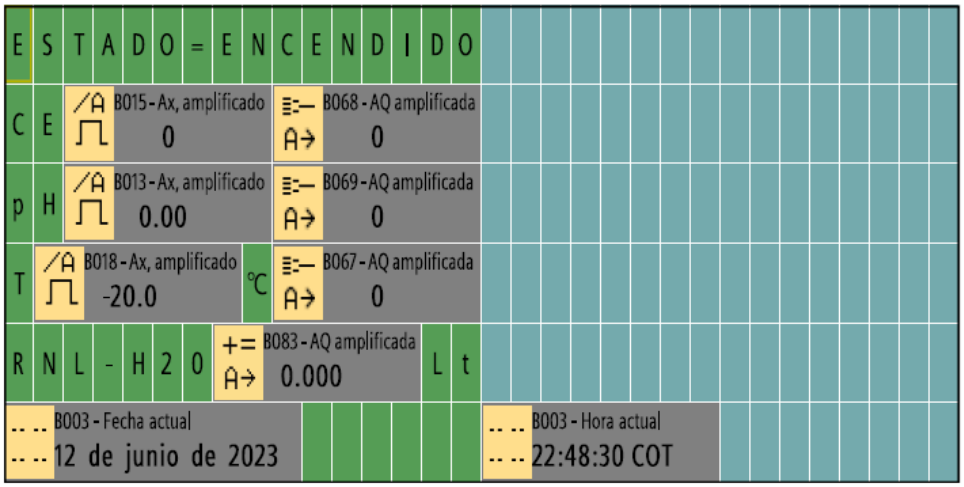
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 60

Pantalla 3, estado de encendido



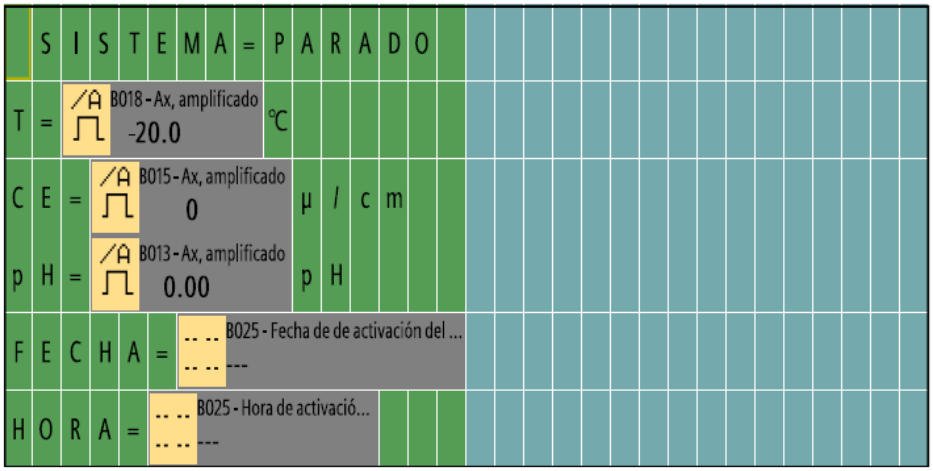
Nota. Elaboración propia.

4.12.3.4. Pantalla 4.- Sistema parado

Al presionar el pulsador de parada, se activará la pantalla de "Sistema parado", brindando información de las variables del sistema, así como la hora y fecha de activación. Además, la pantalla de iluminar de color rojo. En la figura 61 se observa la configuración de la pantalla 4.

Figura 61

Pantalla 4, sistema parado



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

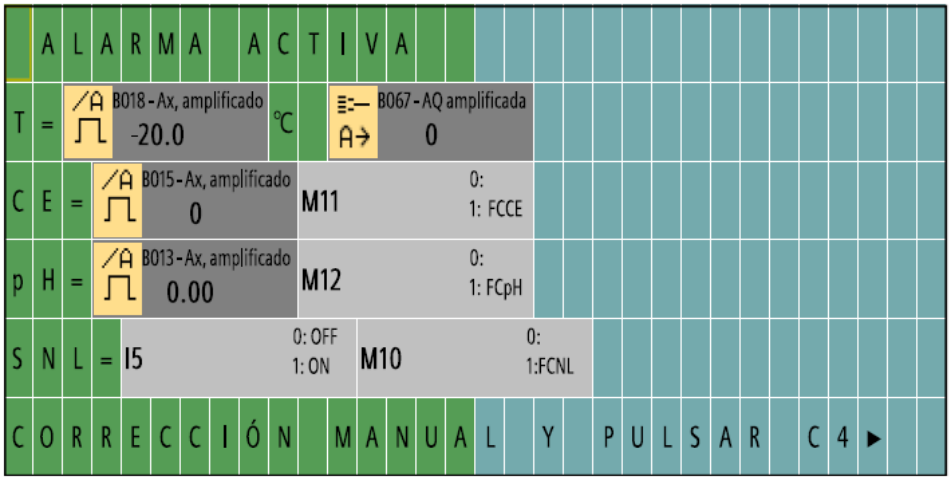
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.12.3.5. Pantalla 5.- Alarma activa

El sistema entrará en modo pantalla “Alarma activa” cuando se cumpla las condiciones de fallo (FCCE, FCpH y FCNL), mostrando los indicadores y estados para cada parámetro, también el mensaje de corrección manual del fallo y la necesidad de presionar “C4” para desactivar la alarma. Además, la pantalla de iluminar de color amarillo y al tener caracteres por afuera del rango visible del display del PLC se desplazará para tener la visión completa de ellos. En la figura 62 se observa la configuración de la pantalla 5.

Figura 62

Pantalla 5, alarma activa



Nota. Elaboración propia.

4.13. DISEÑO EN EL TABLERO DE CONTROL

4.13.1. Descripción Estructural del Tablero de Control

Para la generación de los planos del tablero de control, se usará una jerarquía estructural, en primera instancia, documentos previos (portada, prescripciones técnicas y hoja de seguridad), la siguiente conformación denominada “asignación funcional” la cual comprenderá un conjunto de documentos, entre ellos tenemos: Hoja de resumen (describe características específicas del documento), Diagrama eléctrico (alimentación, composición y cableado) y por último el Diseño del Tablero Eléctrico (representación virtual y disposición de elementos). Mediante el uso del

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

código nacional de electricidad peruana, se generan los planos del tablero eléctrico comprendido en el Anexo 2.

4.13.2. Documentos Previos

4.13.2.1. La portada

Muestra la portada de los planos y algunas características genéricas, detallados en el Anexo 2, Pág. 1. En la Figura 63, se muestra la portada.

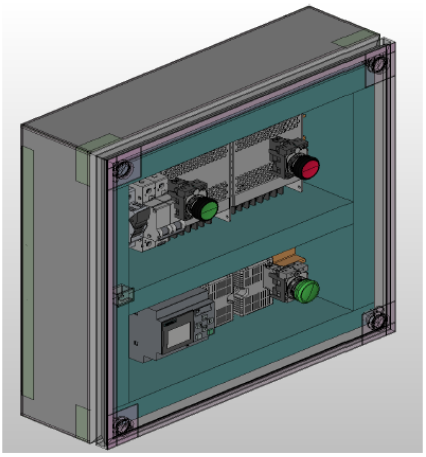
Figura 63

La portada

Universidad Católica de Santa María

Hidroponia Urbana Saludable Green
Av. Manco Capac B-16
Paucarpata/ Arequipa /Perú
Tel. -

Empresa/cliente	HUS GREEN
Descripción de proyecto	AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDREOGENO Y NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA
Número de proyecto	IEC_hg001
Comisión	HUS GREEN
Nombre de proyecto	Automatización de un proceso Hidropónico
Responsable del proyecto	Jean Carlo Quicaño Paredes
Ultima versión EPLAN utilizada	2.9.4
Año de construcción	2022
Tipo	Proyecto de implementación
Lugar de instalación	Instalaciones de Hus Green
Alimentación	220 VAC
Línea de suministro	Monofasica
Tensión de mando	24 VDC y 5 VDC
Frecuencia	60 Hz



Creado	08/09/2022		
Modificado	16/11/2022	de (abreviatura) JEAN	Número de páginas 13

Nota. Elaboración propia.

4.13.2.2. Prescripciones técnicas

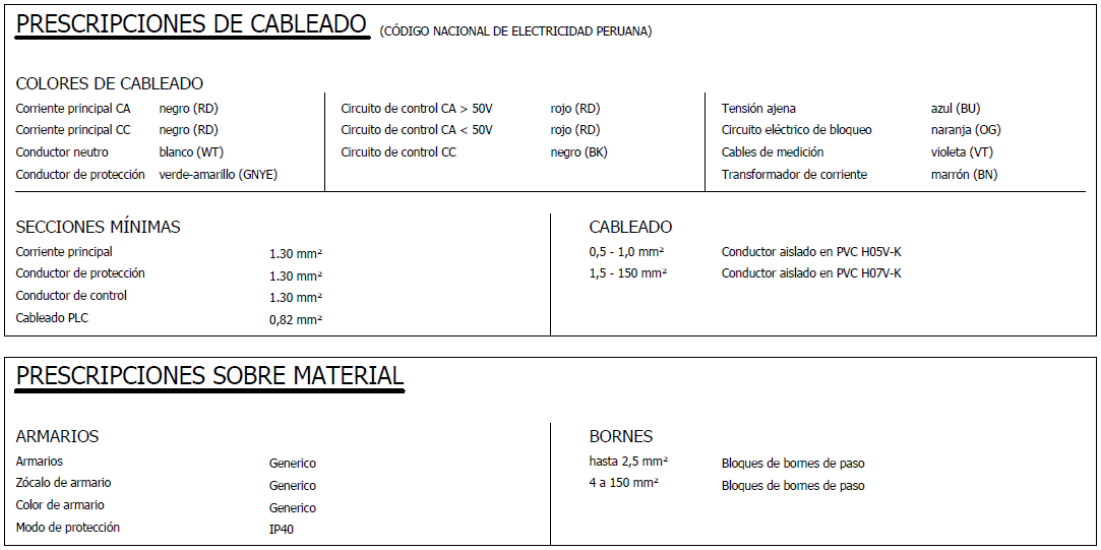
Proporciona las características del cable y del tablero eléctrico mediante código nacional de electricidad peruana, detallados en el Anexo 2, Pág. 2. En la figura 64, se muestra la prescripción técnica.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 64

Prescripción técnica



PRESCRIPCIONES DE CABLEADO (CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD PERUANA)

COLORES DE CABLEADO

Corriente principal CA	negro (RD)	Circuito de control CA > 50V	rojo (RD)	Tensión ajena	azul (BU)
Corriente principal CC	negro (RD)	Circuito de control CA < 50V	rojo (RD)	Circuito eléctrico de bloqueo	naranja (OG)
Conductor neutro	blanco (WT)	Circuito de control CC	negro (BK)	Cables de medición	violeta (VT)
Conductor de protección	verde-amarillo (GNYE)			Transformador de corriente	marrón (BN)

SECCIONES MÍNIMAS

Corriente principal	1.30 mm²
Conductor de protección	1.30 mm²
Conductor de control	1.30 mm²
Cableado PLC	0,82 mm²

CABLEADO

0,5 - 1,0 mm²	Conductor aislado en PVC H05V-K
1,5 - 150 mm²	Conductor aislado en PVC H07V-K

PRESCRIPCIONES SOBRE MATERIAL

ARMARIOS

Armarios	Generico
Zócalo de armario	Generico
Color de armario	Generico
Modo de protección	IP40

BORNES

hasta 2,5 mm²	Bloques de bornes de paso
4 a 150 mm²	Bloques de bornes de paso

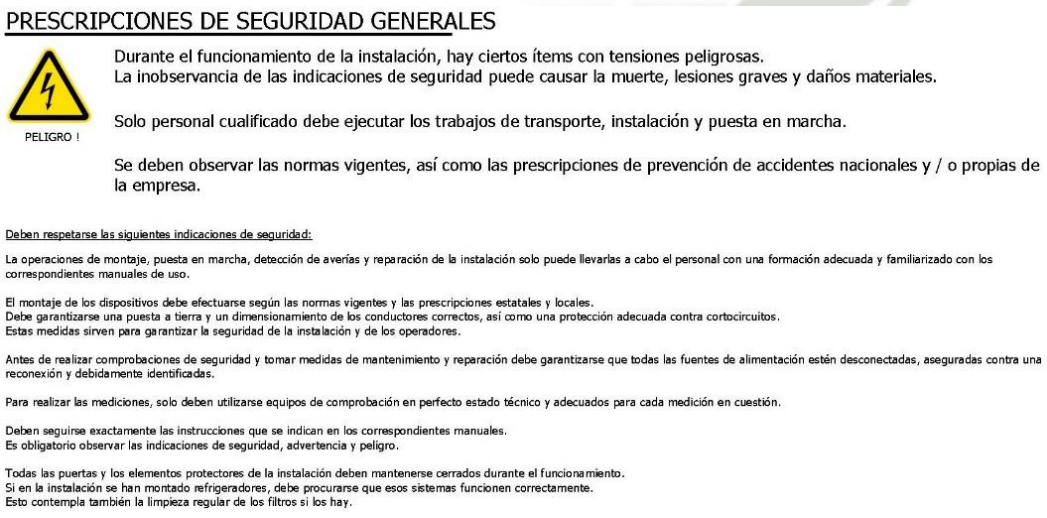
Nota. Elaboración propia.

4.13.2.3. Prescripciones de seguridad

Describe las medidas de seguridad a tener en cuenta, detallados en el Anexo 2, Pág. 3. En la figura 65, se muestra la prescripción de seguridad.

Figura 65

Prescripciones de seguridad generales



PRESCRIPCIONES DE SEGURIDAD GENERALES

PELIGRO !

Durante el funcionamiento de la instalación, hay ciertos ítems con tensiones peligrosas.
La inobservancia de las indicaciones de seguridad puede causar la muerte, lesiones graves y daños materiales.

Solo personal cualificado debe ejecutar los trabajos de transporte, instalación y puesta en marcha.

Se deben observar las normas vigentes, así como las prescripciones de prevención de accidentes nacionales y / o propias de la empresa.

Deben respetarse las siguientes indicaciones de seguridad:

La operaciones de montaje, puesta en marcha, detección de averías y reparación de la instalación solo puede llevarlas a cabo el personal con una formación adecuada y familiarizado con los correspondientes manuales de uso.

El montaje de los dispositivos debe efectuarse según las normas vigentes y las prescripciones estatales y locales.
Debe garantizarse una puesta a tierra y un dimensionamiento de los conductores correctos, así como una protección adecuada contra cortocircuitos.
Estas medidas sirven para garantizar la seguridad de la instalación y de los operadores.

Antes de realizar comprobaciones de seguridad y tomar medidas de mantenimiento y reparación debe garantizarse que todas las fuentes de alimentación estén desconectadas, aseguradas contra una reconexión y debidamente identificadas.

Para realizar las mediciones, solo deben utilizarse equipos de comprobación en perfecto estado técnico y adecuados para cada medición en cuestión.

Deben seguirse exactamente las instrucciones que se indican en los correspondientes manuales.
Es obligatorio observar las indicaciones de seguridad, advertencia y peligro.

Todas las puertas y los elementos protectores de la instalación deben mantenerse cerrados durante el funcionamiento.
Si en la instalación se han montado refrigeradores, debe procurarse que esos sistemas funcionen correctamente.
Esto contempla también la limpieza regular de los filtros si los hay.

Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13.3. Hoja de Resumen

4.13.3.1. Resumen de identificación de estructuras

Describe la composición estructural de los planos del tablero eléctrico y proporciona una designación completa, empleada para generar una relación directa entre planos, detallados en el Anexo 2, Pág. 4. En la tabla 47, se muestra la implementación de la designación completa.

Tabla 47

Resumen de Identificación de Estructuras

Designación completa	Descripción	Descripción de estructura
==HR	Asignación funcional	Hoja de Resumen.
==DE	Asignación funcional	Diagrama Eléctrico.
==DT	Asignación funcional	Diseño del Tablero Eléctrico.
=SHP	Instalación	Sistema Hidropónico Piramidal.
+TCSN	Lugar de montaje	Tablero de Control del Sistema.

Nota. Elaboración propia.

4.13.3.2. Índice de páginas

El plano en mención proporciona el título de cada plano del tablero eléctrico, relacionando la designación completa para la identificación de cada plano y su ubicación, detallados en el Anexo 2, Pág. 5. En la tabla 48, se visualiza la jerarquía de índice.

Tabla 48

Índice de Páginas

Página	Descripción de página
==HR=SHP+TCSN/1	Portada
==HR=SHP+TCSN/2	Prescripciones sobre material
==HR=SHP+TCSN/3	Indicaciones de seguridad
==HR=SHP+TCSN/4	Resumen de identificación de estructuras
==HR=SHP+TCSN/5	Índice de páginas
==HR=SHP+TCSN/6	Lista de artículos
==HR=SHP+TCSN/7	Lista de conexiones
==DE=SHP+TCSN/1	Alimentación de tensión
==DE=SHP+TCSN/2	Fuente de alimentación de dispositivo 24V
==DE=SHP+TCSN/3	Entradas analógicas y digitales
==DE=SHP+TCSN/4	Salidas digitales
==DT=SHP+TCSN/1	Tablero eléctrico
==DT=SHP+TCSN/2	Ubicación de elementos

Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13.3.3. Lista de artículos

El plano proporciona características de código de identificación para cada elemento empleado, la cantidad de cada elemento, el código del proveedor, la marca de cada artículo y la ubicación de cada elemento en el plano del tablero eléctrico. Los cuales son detallados en el Anexo 2, Pág. 6. En la tabla 49, se muestra un resumen de los elementos usados y el datasheet por medio de sus Anexos.

Tabla 49

Lista de Artículos

Código	Cant.	Descripción de los componentes a emplear en sistema	Anexo
-1F1B1	1	Porta fusible TeSys DF - 10x38mm, con fusible 2A	10
-4H7F1	1	Harmony XB4 - Piloto luminoso led 230v verde	11
-2K0C1	1	LOGO! 12/24RCE, logic module, display PS/I/O: 12/24VDC/relay, 8 DI (4 AI) /4 I	8
-4M3F1	1	Bomba de Agua Sumergible 70-120 l/h, Micromotor, 2.5 - 6 VDC, 800 mA, 0.4 - 1	7
-4M4F2	1	Bomba de Agua Sumergible 70-120 l/h, Micromotor, 2.5 - 6 VDC, 800 mA, 0.4 - 1	7
-4M5F3	1	Bomba de Agua Sumergible 70-120 l/h, Micromotor, 2.5 - 6 VDC, 800 mA, 0.4 - 1	7
-4M6F3	1	Bomba de Agua Sumergible 70-120 l/h, Micromotor, 2.5 - 6 VDC, 800 mA, 0.4 - 1	7
-1Q1C1	1	Miniature circuit breaker - C60H - 2 poles - 20 A - C curve	12
-3S4B1	1	Pulsador rasante, metálico, Ø 22mm, verde, retorno por resorte, 1NA	13
-3S5B1	1	Pulsador rasante, metálico, Ø 22mm, rojo, retorno por resorte, 1NA	14
-3S6B1	1	Interruptor Switch de Nivel, ABS-Plástico, 220VAC, 0.5A	7
-2U4C1	1	Transmisor pH & Temp, 24VCC (supply voltage), 0-10VCC (signal output), 1W	3
-2U4F1	1	Electrodo de pH, Moldeado OD28, 0-14 pH +/-0.01	2
-2U5F1	1	Electrodo de Temp, R load>=10Kohm (Voltage output), -20 a 80 ºC +/-0.5	3
-2U7C1	1	Transmisor CE & Temp, 24VCC (supply voltage), 0-10VCC (signal output), 1W	5
-2U7F1	1	Electrodo de CE, Cell Constant 1.0 cm^-1, 0-2000 uS/cm +/-2	4
-1V2E1	1	Power Supply 50W 24V	15
-1V4E1	1	Power Supply 50W 5V	15
-4Y1F1	1	Electric Solenoid Valve 220VAC, rated current 12V/300mA - 24V/220mA, 0.02-0.	6
=-U12	1	KX Caja de bornes, An.xAl.xPr.: 400x400x120 mm	16
=-U27	1	Conductos de cable	17
=-U28	1	Conductos de cable	17
=-U29	1	Conductos de cable	17
=-U30	1	Conductos de cable	17
=-U31	1	Conductos de cable	17
=-U32	1	Carril porta bornes	18
=-U33	1	Carril porta bornes	18

Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13.3.4. Lista de conexiones

El plano proporciona la numeración de cada cable, la sección de cable, su color, el inicio y término de cada conexión, además de su ubicación en los diferentes planos. Los cuales son detallados en el Anexo 2, Pág. 7. Y un ejemplo en la tabla 50.

Tabla 50

Ejemplo del Índice de Conexiones

Enlace	Origen	Destino	Sección	Color	Página/ columna1	Página/ columna2	Definición de función
4	1Q1C1:2	1V2E1:N	16	RD	DE/1.1:C	DE/1.2:E	Conductor
7	1V2E1:N	1V4E1:N	16	RD	DE/1.2:E	DE/1.5:E	Conductor
3	1F1B1:2	1Q1C1:1	16	RD	DE/1.1:B	DE/1.1:C	Conductor
2	1F1B1:1	X1:L	16	RD	DE/1.1:B	DE/1.0:B	Conductor
5	1Q1C1:4	1V2E1:L	16	BU	DE/1.1:C	DE/1.2:E	Conductor

Nota. Elaboración propia.

4.13.4. Diagrama Eléctrico

4.13.4.1. Tensión de alimentación

El diagrama eléctrico especifica el suministro eléctrico, su protección y características de las fuentes de alimentación. Las cuales proporcionan voltaje continuo a los diferentes elementos del tablero de control. Los cuales son detallados en el Anexo 2, Pág. 8. Como se ve en la figura 51.

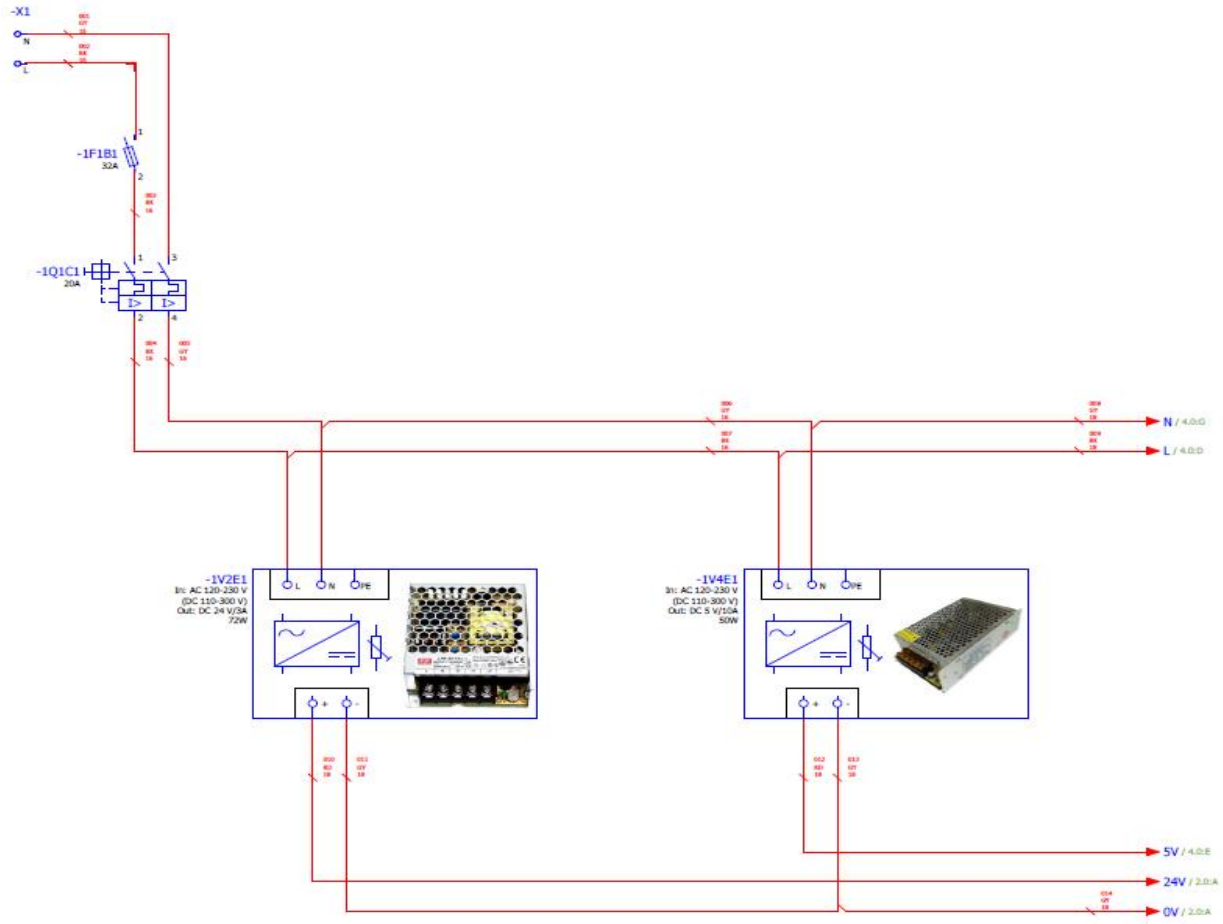
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 51

Tensión de alimentación



Nota. Elaboración propia.

4.13.4.2. Alimentación a dispositivos 24V

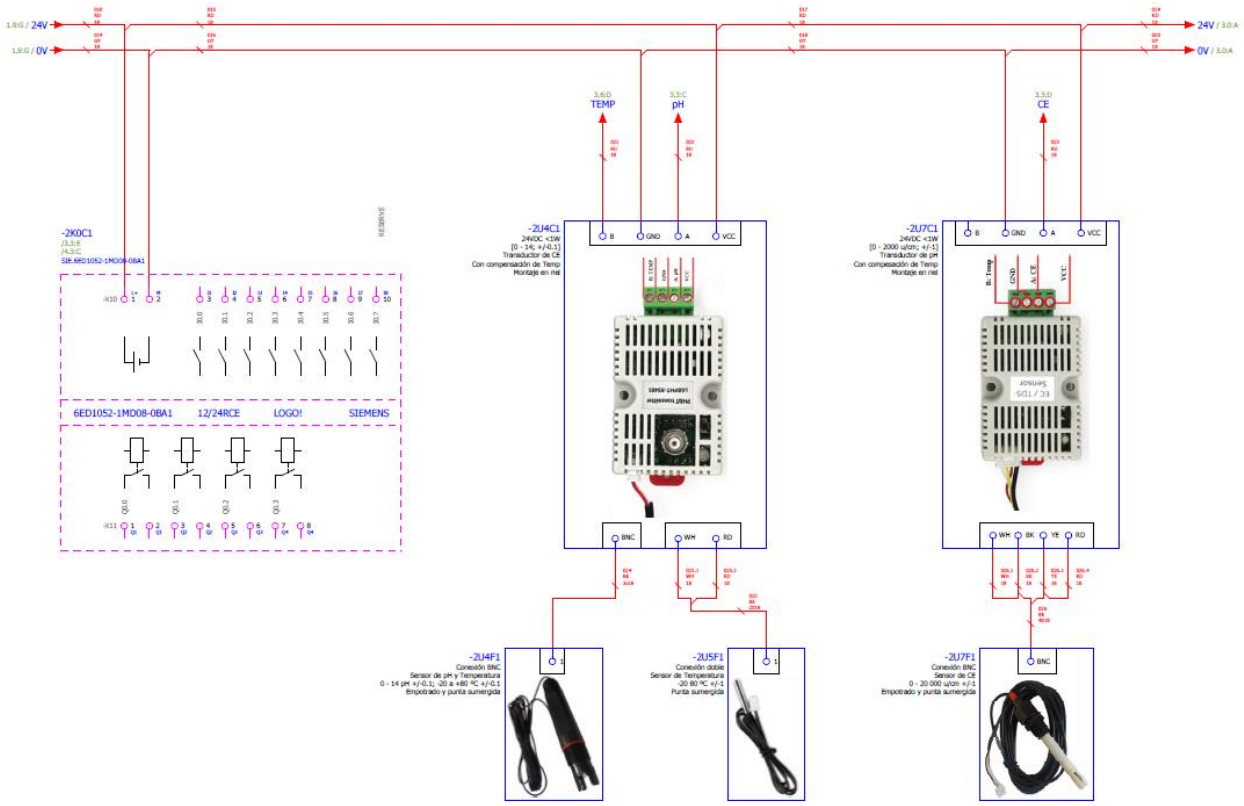
El diagrama tiene la finalidad de mostrar la alimentación del PLC y transductores. Además de la conexión de los transductores y sus electrodos. Por otra instancia, los diagramas permiten visualizar la numeración de cada cable, el color y el diámetro de su sección. También es posible observar la codificación de cada elemento, características de los elementos empleados y visualizar la imagen de los componentes. Los cuales son detallados en el Anexo 2, Pág. 9. Como se ve en la figura 66.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 66

Alimentación a dispositivos 24V



Nota. Elaboración propia.

4.13.4.3. Entradas analógicas y digitales

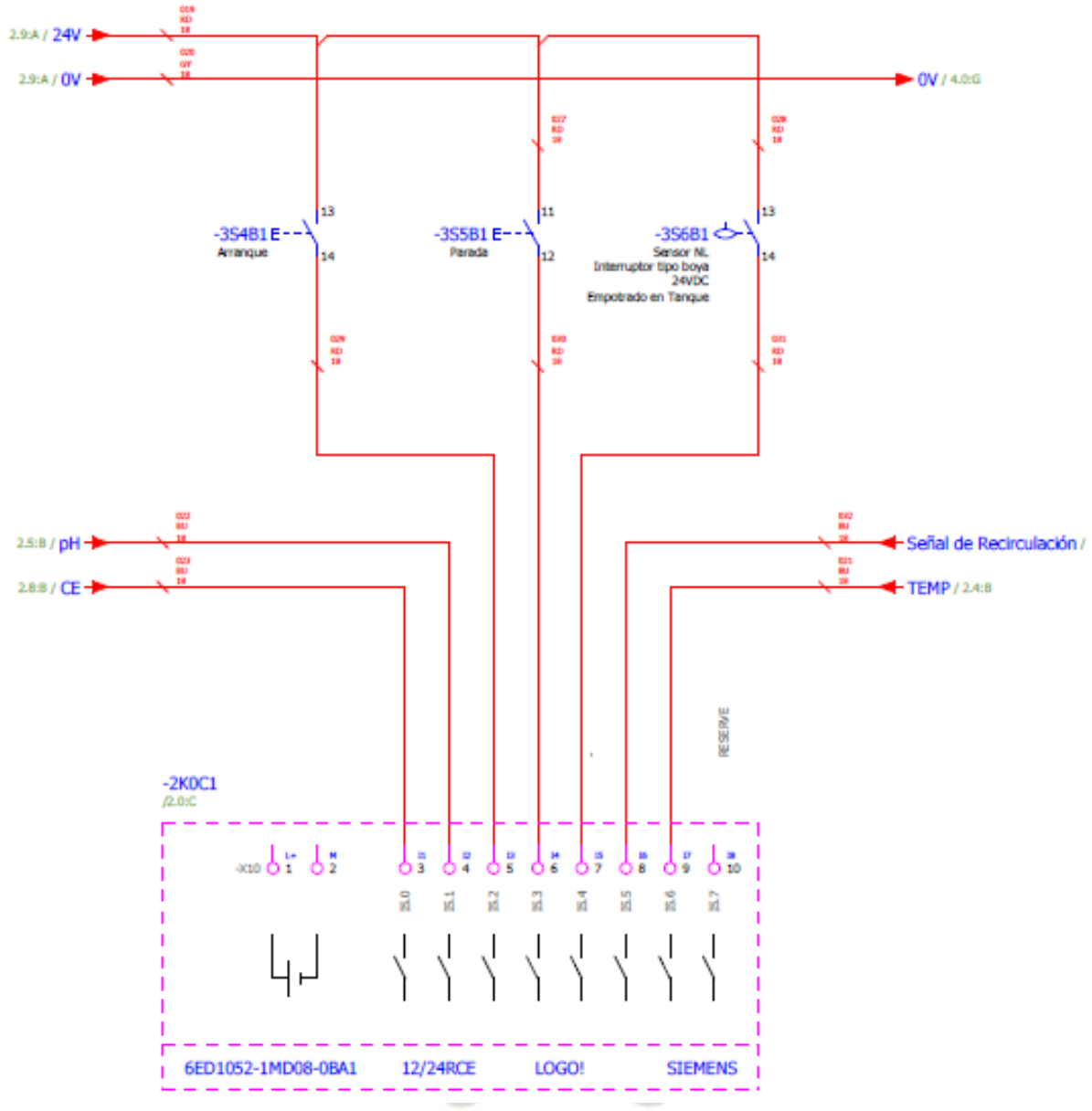
El diagrama describe la conexión en las entradas analógicas del PLC (Señal variable del transductor de pH, CE, Temperatura) y las digitales (por medio de los pulsadores, sensor de nivel y la señal de recirculación). Detallados en el Anexo 2, Pág. 10. y mostrado en la figura 67.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 67

Entradas analógicas y digitales



Nota. Elaboración propia.

4.13.4.4. Salidas digitales

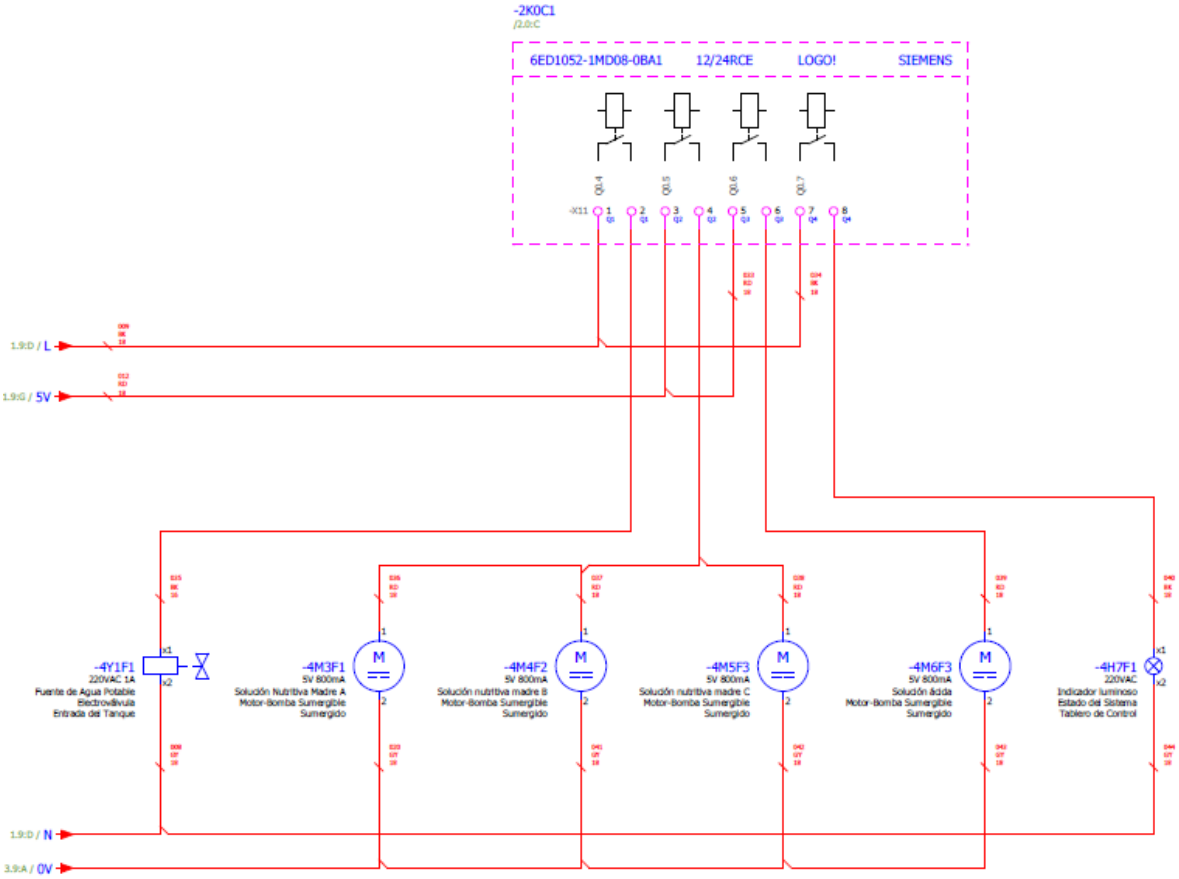
El diagrama describe la conexión en las salidas digitales del PLC para la activación y desactivación de los actuadores (la electroválvula, las bombas sumergibles y el indicador luminoso). Los cuales son detallados en el Anexo 2, Pág. 11. Como se ve en la figura 68.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 68

Salidas digitales



Nota. Elaboración propia.

4.13.5. Tablero Eléctrico

4.13.5.1. Tablero eléctrico virtual

El plano tiene la función de mostrar una representación visual en 3D de manera virtual de la composición del tablero eléctrico. Los cuales son detallados en el Anexo 2, Pág. 12. Como se ve en la figura 69.

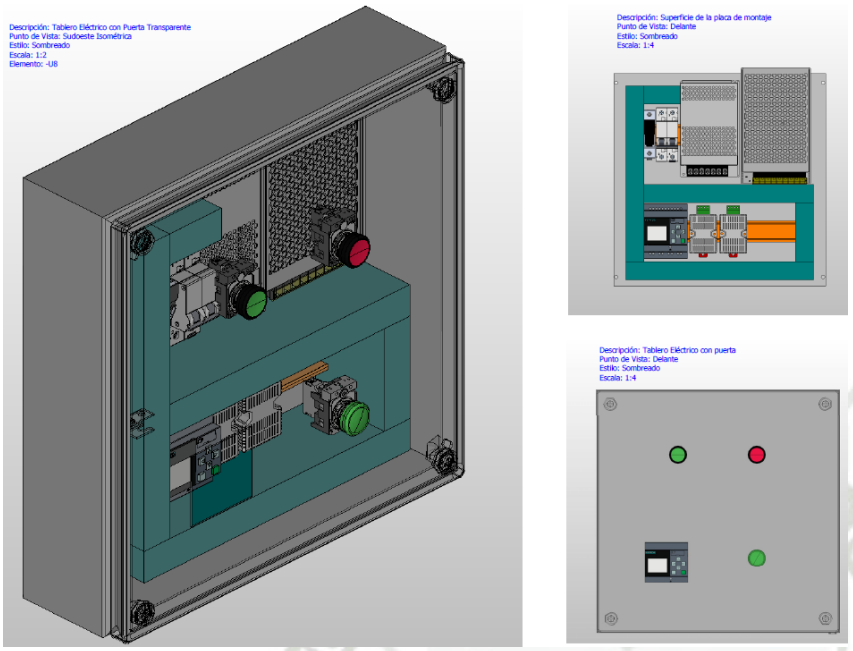
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 69

Tablero eléctrico virtual



Nota. Elaboración propia.

4.13.5.2. Ubicación de elementos

El plano especifica las dimensiones de los carriles y las porta borneras de la placa de montaje, permitiendo visualizar la ubicación de los componentes eléctricos. Los cuales son detallados en el Anexo 2, Pág. 13. Como se ve en la figura 70.

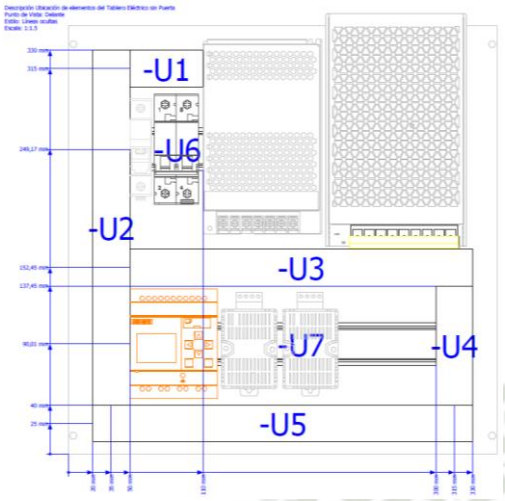
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 70

Ubicación de elementos



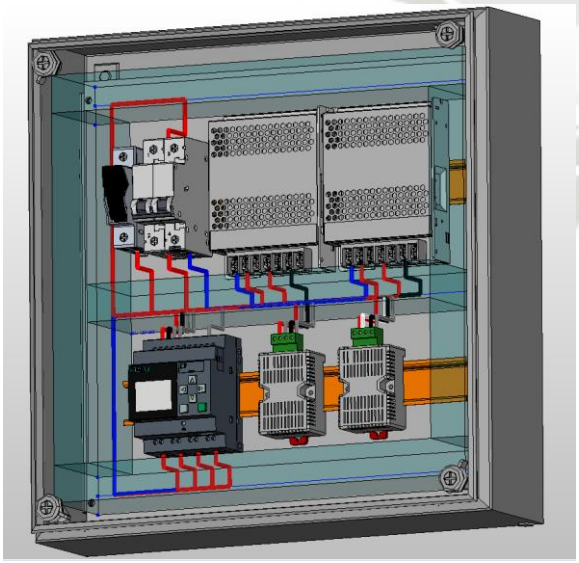
Nota. Elaboración propia.

4.13.5.3. Representación virtual del tablero eléctrico cableado

En la figura 71, se muestra una representación cableada virtual del tablero de control del sistema.

Figura 71

Tablero eléctrico cableado con las características de los planos



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO V

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

5.1.FABRICACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE CONTROL

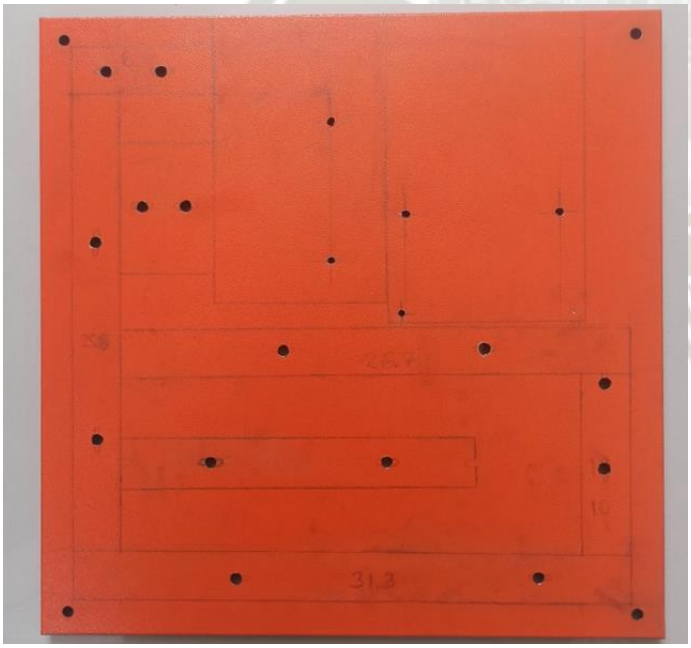
5.1.1. Proceso 1, Placa de Montaje

En el primer proceso, es retirar la placa de montaje de color naranja del tablero eléctrico para demarcar con un lápiz y la regla, la ubicación de cada punto perforante a sujetar con perno y/o rosca cada canaleta ranurada, carril din ranurado y las fuentes de alimentación voltaje continuo, empleando los planos del tablero eléctrico como guía, ubicado en el Anexo 2.

A continuación, se procede a la perforación de cada punto perforante usando un taladro de mano, empleando brocas de acero de 5 mm (canaleta ranurada y carril din ranurado) y 2 mm (las fuentes de alimentación). Como se muestra en la figura 72.

Figura 72

Demarcado y perforación en la placa de montaje para cada componente



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.1.2. Proceso 2, Placa de Montaje

En el segundo proceso, es cortar a medida cada canaleta ranurada según la ubicación y la posición usando un cúter, de tal manera que las canaletas horizontales comprendan la longitud completa de extremo a extremo y las canaletas verticales permitan la conexión entre estas. Para ello es necesario cortar y retirar la sección de intercepción entre las canaletas.

Acto seguido, se procede a cortar a medida el carril din ranurado empleando un arco de sierra, valiéndose de los planos del tablero eléctrico como guía, ubicado en Anexo 2.

Finalmente, los componentes serán fijados a la placa de montaje por medio de tornillos cabeza cruzada. Como se puede observar en la figura 73.

Figura 73

Seccionamiento y montaje de canaleta ranurada y carril din ranurado



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.1.3. Proceso 3, Placa de Montaje

En el tercer proceso, se fijará, según la ubicación de los planos eléctricos, las fuentes de alimentación continua con pernos M3 cabeza plana.

Finalmente, el montaje en el carril din ranurado del mini PLC Logo, los transductores de pH y CE, la porta fusible, la llave termomagnética y el contactor, mostrado en la figura 74.

Figura 74

Fijación de fuentes de alimentación y montaje en el carril din ranurado



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

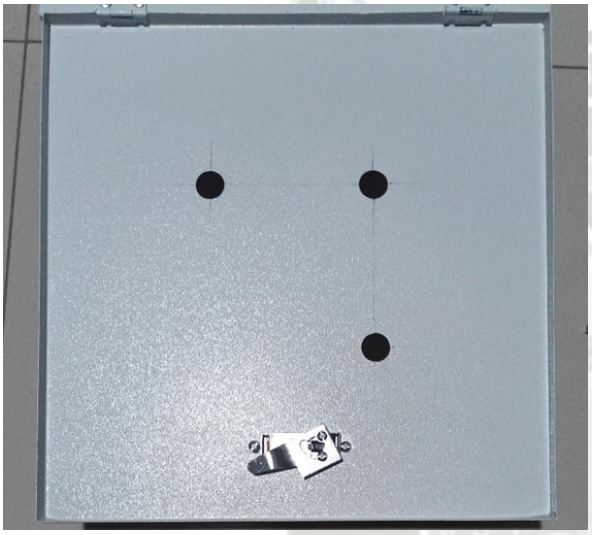
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.1.4. Proceso 4, Puerta del Tablero Eléctrico

En el cuarto proceso, es marcar con lápiz y regla la ubicación de cada componente en la puerta del tablero eléctrico. Para luego perforar con taladro de mano, empleando una broca expansora hasta obtener un diámetro de 23 mm, e insertar los componentes accionantes. Como se visualiza en la figura 75.

Figura 75

Demarcado y perforación de la puerta del tablero eléctrico



Nota. Elaboración propia.

5.1.5. Proceso 5, Puerta del Tablero Eléctrico

En el quinto proceso, se realiza el montaje del piloto luminoso, el pulsador de marcha y parada, mostrado en la figura 76.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 76

Montaje del componente accionante en puerta del tablero eléctrico



Nota. Elaboración propia.

5.1.6. Proceso 6, Placa de Montaje y Puerta del Tablero de Control

En el sexto proceso, según la norma eléctrica peruana para el cableado eléctrico, se emplearán las prescripciones técnicas de realización de los planos del tablero de control, en el Anexo 2. Para la alimentación de tensión alterna 220 V, se emplea fase color rojo y neutro color blanco. A su vez, la alimentación de tensión continua de 6 V y 24 V, se hará uso de positivo color rojo y negativo color negro. Finalmente, el conductor de tensión variable, será azul.

En la sección de cable se emplea conductor principal 2.5 mm², conductor secundario 1.5 mm². Además, los cables se cortaron a una longitud a medida dentro de la canaleta porta cables desde cada punto de conexión, empleado un pelacables manual, desarmador estrella y cinta aislante. Para el caso de alimentación de tensión continua se usó las diversas salidas positivas y negativas para no apelmazar en una salida. Por último, emplear los planos del tablero eléctrico del Anexo 2 desde la página 8 a 11, mostrado en la figura 77.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 77

Cableado de los componentes eléctricos



Nota. Elaboración propia.

5.1.7. Proceso 7, Término del Montaje del Tablero de Control

En el séptimo proceso, del acabado del subsistema de control, se procede a colocar las tapas de la porta cables, acomodando de los cables, la fijación con pernos y tuercas de la placa de montaje al tablero eléctrico, visualizado en la figura 78.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 78

Visualización del tablero eléctrico completo



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.2. MONTAJE DE LOS SENSORES

5.2.1. Proceso 8, Montaje del Sensor 1

En el octavo proceso, se cortará la tubería de succión de PVC de 1” del sistema de recirculación de la solución nutritiva, empleando el arco de corte para luego proceder a generar una rosca externa de la tubería inferior con un macho de 1”.

Por último, se realizará el montaje de la sonda de potencial de hidrógeno la cual cuenta con una rosca interna de ¾” empleando una tee de 1”, un niple de 1” x ½”, un reductor de 1” a ¾” y un teflón de ½”. Cómo se puede apreciar en la figura 79.

Figura 79

Montaje del sensor de potencial de hidrógeno



Nota. Elaboración propia.

5.2.2. Proceso 9, Montaje del Sensor 2

En el noveno proceso, la tubería de succión superior seccionada de pvc de 1” del sistema de recirculación de la solución nutritiva, se realiza una rosca externa con un macho de 1”. Luego se procederá a unir las 2 tee de 1” por medio de un niple de 1” x ½”, empleando un teflón de ½”.

Por último, se realizará el montaje de la sonda de conductividad eléctrica, la cual cuenta con una rosca interna de 1/2” empleando una tee de 1”, un niple de 1” x 2”, un reductor de 1” a 1/2” y un teflón de ½”. Cómo se puede apreciar en la figura 80.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 80

Montaje del sensor de conductividad eléctrica



Nota. Elaboración propia.

5.2.3. Proceso 10, Montaje del Sensor 3

En el décimo proceso, el montaje del sensor de temperatura, se emplea zunchos 10” para sujetarlo en la tubería de desagüe de la solución nutritiva al tanque colector, hasta una distancia de 45 cm de la parte superior del tanque colector hacia la parte inferior de la misma, como se puede apreciar en la figura 81.

Figura 81

Montaje del sensor de temperatura



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.2.4. Proceso 11, Montaje del Sensor 4

En el onceavo proceso, se procede a marcar la ubicación del sensor en el tanque colector de la solución nutritiva a una distancia de 38 cm desde la base superior. Luego se procederá a realizar una perforación con una broca de ½" y posteriormente usar una broca expansora hasta llegar a tener un agujero de 22 mm de diámetro.

Por último, se realizará el montaje del sensor de nivel tipo boya, la cual cuenta con una tuerca de sujeción y una arandela de goma, como se puede apreciar en la figura 82.

Figura 82

Montaje del sensor de nivel de líquido



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.3. MONTAJE DE LOS ACTUADORES

5.3.1. Proceso 12, Montaje de Actuador 1

En el doceavo proceso, para el montaje de la electroválvula en el suministro de agua, empleando dos niples de ½", una tee ½", una llave de paso de ½", un codo de 90° de ½" y dos teflones de ½". De tal manera que ante un posible fallo de la electroválvula se puede cerrar la línea de flujo mediante una llave de paso.

Finalmente, se procede a conectar los bornes del tablero de control con los terminales de la electroválvula con un cable de N.°16 con acople plano. Como se muestra en la figura 83.

Figura 83

Montaje de la electroválvula y accesorios



Nota. Elaboración propia.

5.3.2. Proceso 13, Montaje de Actuadores 2

En el treceavo proceso, se agrega soluciones nutritivas madres A, B y C en los recipientes designados y codificados según el cálculo desarrollado en el subtítulo "3.6.6 dimensionamiento de los contenedores" en el cual debe agregarse 4,5 litros de cada solución nutritiva madre diluida en agua para cada recipiente. Como se muestra en la figura 84.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 84

Agregado de soluciones nutritivas madres a los recipientes



Nota. Elaboración propia.

A continuación, se agrega solución ácida en el recipiente designado y codificado según el cálculo desarrollado a 4.71 litros de solución acida diluida en agua. Indicado en la figura 85.

Figura 85

Agregado de la solución ácida al recipiente



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En el siguiente paso, se procede al montaje de cada mini bomba sumergible en sus recipientes respectivos, para ello se procederá a seccionar un tubo de silicona de 6 mm de diámetro con una longitud de 50 cm a la salida de cada mini bomba sumergible. Mostrado en la figura 86.

Figura 86

Montaje del tubo de silicona a cada mini bomba sumergible



Nota. Elaboración propia.

Luego, se procede a realizar una perforación de 8 mm con una broca expansora en la tapa de cada recipiente para la inserción de cada tubo de silicona y cable de la mini bomba sumergible. Visualizado en la figura 87.

Figura 87

Perforación de tapas de cada recipiente



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Finalmente, en la salida del tubo de silicona se procede a montar una válvula antirretorno para evitar un flujo inverso y un agregado de soluciones nutritivas madres por accionamiento temporizado para cada actuador. Las cuáles serán fijadas por medio de dos agujeros con broca ¾" de pulgada con sunchos de 10 cm, expuesto en la figura 88.

Figura 88

Montaje de las válvulas antirretorno para cada mini bomba sumergible



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.4.CARGA Y EJECUCIÓN DEL SOFTWARE

5.4.1. Proceso 14, Implementación del Algoritmo

Por último, en el décimo cuarto proceso, se realiza la subida del algoritmo en apartado "3.8.2 Desarrollo del software" en el software Logo Comfort de la PC al mini PLC Logo 8 montado en el tablero de control por medio de la conexión Ethernet, como se puede visualizar en la figura 89 y ubicado en el Anexo 1.

Figura 89

Carga del software Logo Comfort al mini PLC Logo 8



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.5.PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE CONTROL

5.5.1. Acciones previas antes del accionamiento

- Para poner en marcha el sistema de control, es necesario de verificar ciertas condiciones:
    1. En primera instancia, el tanque colector debe estar limpia, desinfectada y tener nueva solución nutritiva antes de cada inicio del periodo de cultivo en proceso.
    2. En segunda condición, el nivel de líquido del tanque colector debe estar a 230 litros antes de un nuevo ciclo de recirculación de la solución nutritiva.
    3. La tercera situación, el valor de conductividad eléctrica, debe estar dentro del rango operación, entre 1350 a 1450 uS/cm, Caso contrario, se realiza una corrección.
    4. Ante penúltima cualidad, el punto de consigna del potencial de hidrógeno, deberá tener un valor de 5.8 a 6.5 pH. Caso contrario, se realiza una corrección.
    5. Último punto, los recipientes de las soluciones nutritivas madres diluidas y la solución acida diluida deben estar limpio, desinfectados y soluciones recién elaboradas con 4.5 litros para cada recipiente.

5.5.2. Acciones durante el accionamiento

- Se verifica el sistema por lo menos unas veces al día, debido a que los cortes de luz, reinician al controlador y es necesario de volver a poner en marcha.
- Se reabastece los recipientes de las soluciones nutritivas madres y solución ácida, debido a que puede provocar descompensaciones de la concentración de la solución nutritiva.
- Al activarse alguna alarma por fallo de alguna condición, es necesario verificar los componentes del sistema y desactivar las alarmas. De no cumplir esta condición, el sistema no podrá ponerse en marcha.
- Se aísla el retorno de solución nutritiva en recirculación cuando se realiza el proceso de cosecha de cultivo hidropónico, para evitar la contaminación de la solución nutritiva en recirculación que genera disminución del rendimiento de la solución.
- El monitoreo de la solución nutritiva debe realiza con sumo cuidado, evitando el ingreso de agentes extraños al sistema. Empleando guantes y ayuda de ser el caso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.5.3. Acciones de mantenimiento preventivo del sistema de control

- Realice la calibración de las sondas de pH y la sonda de CE, una vez cada 15 días, mediante el empleo de la solución líquida de 1413 uS/cm y la solución buffer 4.01 pH – 9.18 pH respectivamente, a una temperatura de 25 °C. Por último, en el manual de calibración se describe el procedimiento para efectuar el proceso. Detallado en el Anexo 4 y 6.
- Se realiza el cambio periódico de la solución nutritiva, debido que el uso prológalo de la solución puede afectar directamente en el rendimiento de producción del cultivo. La causa relevante es la degradación de la solución, al perder la capacidad inicial de balance elemental de las sales disueltas de la solución nutritiva.
- Se verificar la cantidad de solución añadida de las bombas peristálticas para verificar el ingreso adecuado de las soluciones diluidas añadidas.
- Se verifica la acción de flujo inverso de las válvulas antirretorno para evitar cambio en las proporciones de agregados de las soluciones nutritivas y evitar descompensaciones de la solución nutritiva.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO VI
RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo, se mostrará los resultados obtenidos de la parte física y de la interfaz de usuario del sistema de control ejecutado por el PLC logo, el cual registra las variables para luego documentar el análisis de los parámetros sobre el proceso del sistema hidropónico.

6.1.RESULTADOS DE LA PARTE FÍSICA

En el punto se expone los resultados físicos obtenidos en el montaje del sistema de control al tanque colector, expuesto en la figura 90. Desde el montaje del tablero de control, los elementos para adquisición de datos y los componentes actuantes. Además de la codificación de los componentes del sistema de control.

Figura 90

Modulo implementado del sistema de control al tanque colector.



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

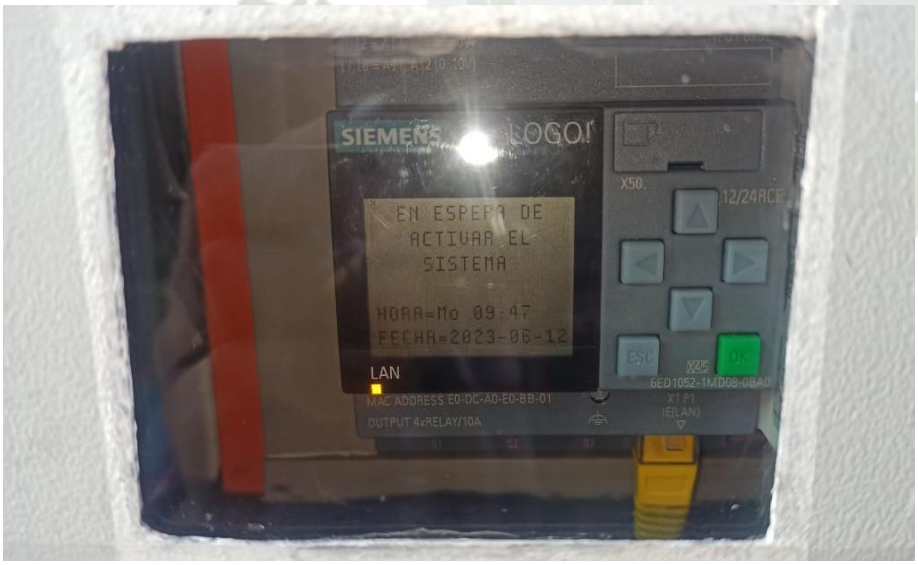
6.2.RESULTADOS DE LA INTERFAZ DE USUARIO

Se detalla las pantallas del display en el mini PLC Logo 8, desarrolladas en el apartado "3.8.3 Configuración del Display del PLC" que tiene relación directa con el algoritmo de control cargado en el controlador, por el cual se puede visualizar los datos en tiempo real, ejecutándose en el algoritmo de control y obtener un monitorio de los parámetros. Además, el estado actual del funcionamiento del sistema, la fecha y hora actual para todas las pantallas del display. También la capacidad de almacenar los datos de las variables por medio de una memoria interna instalada en el mini PLC Logo 8, para su posterior extracción por medio de la conexión Ethernet PLC-PC y el análisis de la data registrada.

La primera pantalla muestra que el sistema cuenta con el algoritmo de control cargado en el PLC, a la espera de ser ejecutado. Como se visualiza en la figura 91.

Figura 91

Pantalla del display del mini PLC Logo 8 "Sistema en espera"



Nota. Elaboración propia.

La segunda pantalla muestra que el sistema ha pasado a un modo arranque dando como primera imagen el nombre del proyecto. Como se observa en la figura 92.

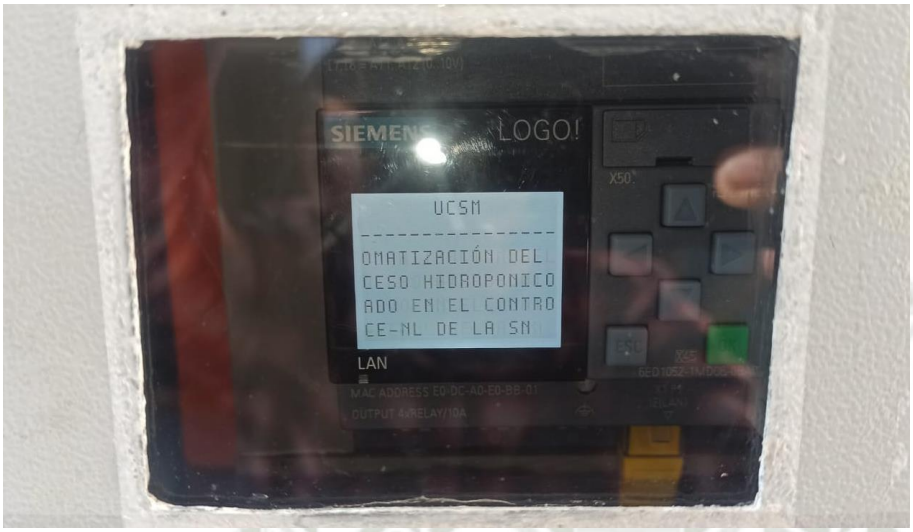
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 92

Pantalla del display del mini PLC Logo 8 "Bienvenida al sistema"



Nota. Elaboración propia.

La tercera pantalla muestra al sistema en modo encendido, ejecutando el algoritmo de control y permitiendo visualizar parámetros en tiempo real de CE, pH, Temp y RNL-H2O, como se puede apreciar en la figura 93.

Figura 93

Pantalla del display del mini PLC Logo 8 "Sistema activo"



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La tercera pantalla muestra al sistema en modo parrado, el cual permite visualizar los parámetros en tiempo real. Mostrado en la figura 94.

Figura 94

Pantalla del display del mini PLC Logo 8 "Sistema parado"



Nota. Elaboración propia.

La tercera pantalla muestra al sistema en modo alarmado. Indica la presencia de alarma activada y los parámetros actuales del controlador. Se expone en la figura 95.

Figura 95

Pantalla del display del mini PLC Logo 8 "Sistema alarmado"



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.ANÁLISIS DE LAS VARIABLES

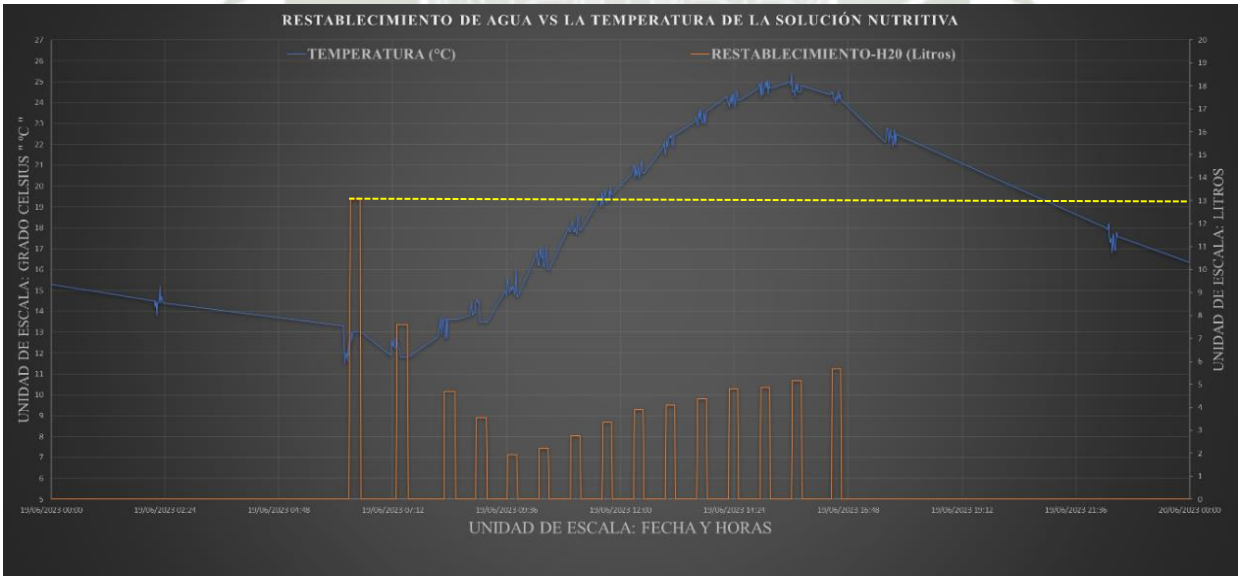
6.3.1. Análisis de la Variable de Nivel de Líquido

La primera variable a ser analizada, es el control de nivel de líquido encargado de restablecer el agua consumida, en los diferentes procesos como la de evo-transpiración de la planta, los procesos biológicos de la planta y las pérdidas del sistema. En el mencionado proceso de restablecimiento de agua, se ejecuta luego del término de cada ciclo de recirculación de la solución nutritiva realizado durante el día (un periodo de 5 a.m. a 6 p.m., un horario diurno). El registro de la variable de la temperatura es las 24 horas.

De la adquisición de datos almacenada en el mini PLC logo 8, se puede visualizar al sistema restablecer, luego del primer ciclo de recirculación. Mencionado consumo por la noche tiene un efecto de amplio restablecimiento del agua hasta llegar a un punto de inflexión, donde empieza un consumo relacionado con el incremento de la temperatura de la solución nutritiva hasta el término diurno. Como se puede observar en la figura 96.

Figura 96

Restablecimiento del agua vs temperatura de la solución nutritiva en un monitoreo de un periodo de 24 horas



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

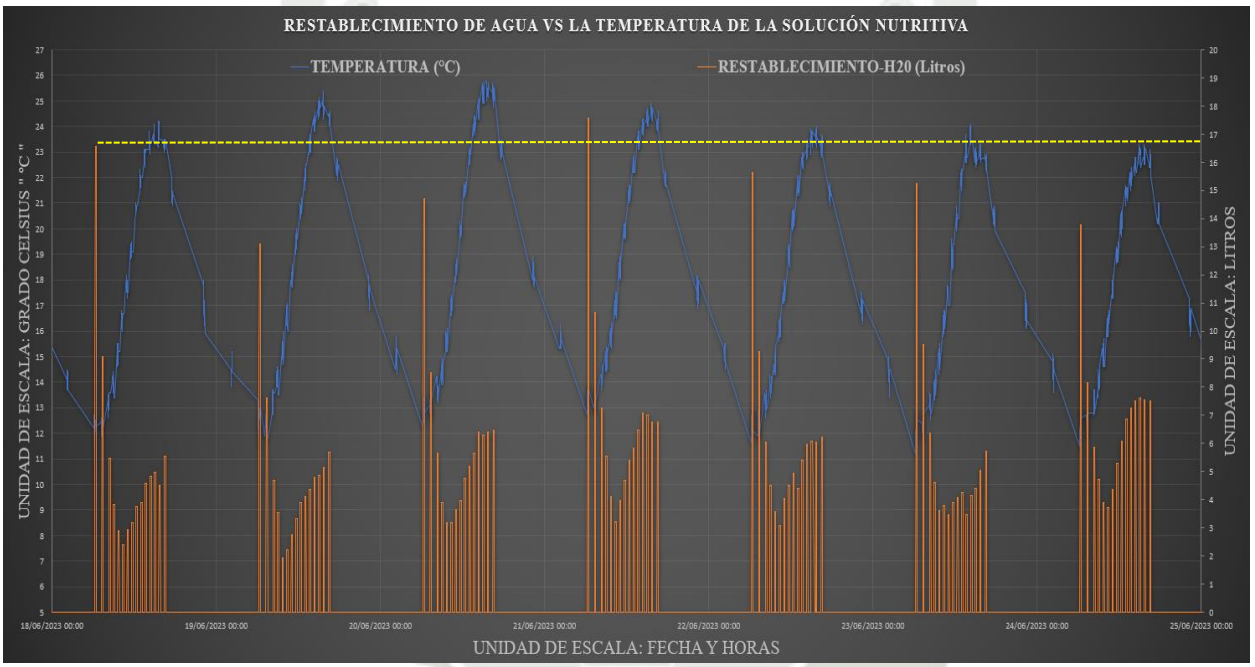
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se monitoreo el restablecimiento de agua en una semana de funcionamiento donde evidencia un comportamiento repetitivo del proceso. Además, revela un incremento del consumo del agua, siendo una respuesta tentativa el desarrollo del cultivo. Mientras avanza la etapa desarrollo del cultivo tiende a un incremento del consumo hídrico. Visualizado en la figura 97.

Figura 97

Restablecimiento del agua vs temperatura de la solución nutritiva



Nota. Elaboración propia.

También, se puede apreciar un consumo de agua iniciando de 78 litros hasta el séptimo día de 100 litros, según la figura 97 un factor que relaciona el comportamiento de la variable es el tiempo transcurrido en el desarrollo del cultivo hidropónico. Expresado en la tabla 52.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 52

Restablecimiento de Agua para Cada Ciclo de Recirculación en Litros

Ciclos	Fecha de toma de datos del 2023								
hora	16-junio	17-junio	18-junio	19-junio	20-junio	21-junio	22-junio	23-junio	24-junio
06:18:35	16.161	6.406	16.584	13.082	14.690	17.555	15.635	15.259	13.766
07:18:35	10.161	3.784	9.083	7.614	8.500	10.667	9.271	9.522	8.171
08:20:37	6.723	1.899	5.483	4.688	5.638	7.280	6.063	6.385	5.866
09:00:37	4.747	1.119	3.814	3.544	3.889	5.539	4.505	4.613	4.740
09:40:37	3.412	0.000	2.898	1.934	3.182	4.134	3.579	3.600	3.889
10:20:37	3.177	0.768	2.402	2.214	3.196	3.229	3.062	3.779	3.713
11:00:37	3.478	27.171	2.952	2.773	3.640	3.964	4.061	3.478	4.369
11:40:37	3.903	18.673	3.184	3.344	3.986	4.679	4.521	3.903	5.280
12:20:37	4.068	11.860	3.776	3.887	4.756	5.412	4.940	4.068	6.084
13:00:37	4.263	6.655	3.885	4.108	5.177	5.844	4.399	4.263	6.867
13:40:37	3.478	5.617	4.583	4.376	5.671	6.477	5.396	3.478	7.269
14:19:36	0.414	5.179	4.843	4.806	6.392	7.088	5.990	4.136	7.506
14:59:36	0.000	4.893	4.977	4.867	6.293	7.015	6.082	4.404	7.621
15:39:36	0.000	5.038	4.519	5.161	6.411	6.754	6.056	5.045	7.544
16:30:39	0.000	0.000	5.534	5.682	6.493	6.773	6.237	5.720	7.513
Total Litros	**63.985**	**99.062**	**78.517**	**72.080**	**87.914**	**102.410**	**89.797**	**81.653**	**100.198**

Nota. Elaboración propia.

La variable puede ser expresada en porcentaje de consumo, siendo el mayor de 7.63% antes de un ciclo de recirculación de la solución nutritiva, estando dentro de los requerimientos preestablecidos. Expresado en la tabla 53.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 53

Porcentaje de Restablecimiento de Agua para Cada Ciclo de Recirculación

Ciclos	Fecha de toma de datos del 2023								
hora	16-junio	17-junio	18-junio	19-junio	20-junio	21-junio	22-junio	23-junio	24-junio
06:18:35	7.03%	2.79%	7.21%	5.69%	6.39%	7.63%	6.80%	6.63%	5.99%
07:18:35	4.42%	1.65%	3.95%	3.31%	3.70%	4.64%	4.03%	4.14%	3.55%
08:20:37	2.92%	0.83%	2.38%	2.04%	2.45%	3.17%	2.64%	2.78%	2.55%
09:00:37	2.06%	0.49%	1.66%	1.54%	1.69%	2.41%	1.96%	2.01%	2.06%
09:40:37	1.48%	0.00%	1.26%	0.84%	1.38%	1.80%	1.56%	1.57%	1.69%
10:20:37	1.38%	0.33%	1.04%	0.96%	1.39%	1.40%	1.33%	1.64%	1.61%
11:00:37	1.51%	11.81%	1.28%	1.21%	1.58%	1.72%	1.77%	1.51%	1.90%
11:40:37	1.70%	8.12%	1.38%	1.45%	1.73%	2.03%	1.97%	1.70%	2.30%
12:20:37	1.77%	5.16%	1.64%	1.69%	2.07%	2.35%	2.15%	1.77%	2.65%
13:00:37	1.85%	2.89%	1.69%	1.79%	2.25%	2.54%	1.91%	1.85%	2.99%
13:40:37	1.51%	2.44%	1.99%	1.90%	2.47%	2.82%	2.35%	1.51%	3.16%
14:19:36	0.18%	2.25%	2.11%	2.09%	2.78%	3.08%	2.60%	1.80%	3.26%
14:59:36	0.00%	2.13%	2.16%	2.12%	2.74%	3.05%	2.64%	1.91%	3.31%
15:39:36	0.00%	2.19%	1.96%	2.24%	2.79%	2.94%	2.63%	2.19%	3.28%
16:30:39	0.00%	0.00%	2.41%	2.47%	2.82%	2.94%	2.71%	2.49%	3.27%
Total	**27.82%**	**43.07%**	**34.14%**	**31.34%**	**38.22%**	**44.53%**	**39.04%**	**35.50%**	**43.56%**

Nota. Elaboración propia.

En la tabla es posible visualizar con claridad el incremento de consumo hídrico del cultivo en relación al periodo de desarrollo, dicha información puede ser empleada para generar estimaciones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

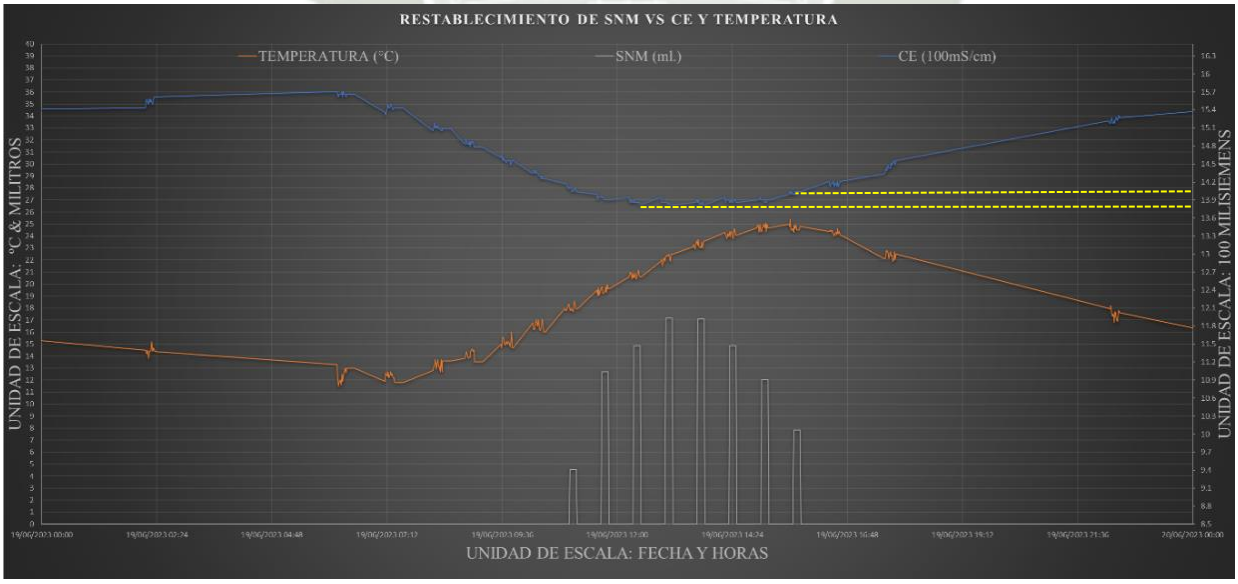
6.3.2. Análisis de la Variable de Conductividad Eléctrica

La segunda variable a ser analizada, es la conductividad eléctrica encargada de restablecer la concentración de soluciones nutritivas madres consumidas, en los diferentes procesos como la nutrición del cultivo, la precipitación de sales y la degradación de la solución nutritiva en recirculación. En el mencionado proceso de restablecimiento de la solución nutritiva diluida, se ejecuta luego del término del ciclo de recirculación de la solución nutritiva realizado durante el día (un periodo de 10 a.m. a 3 p.m., un horario diurno). Debido a que el sensor de CE a temperaturas por debajo de 18º centígrados es erróneo. Además, el registro de la variable de la temperatura es las 24 horas.

De la adquisición de datos almacenada en el mini PLC logo 8, se puede visualizar al sistema restablecer, luego del ciclo de recirculación. El consumo de la solución nutritiva madres diluidas muestra un incremento hasta una temperatura 23º a 24º centígrados y decremento, siendo el mayor consumo de nutrientes es de 12 p.m. a 2 p.m., una respuesta tentativa es la iluminación directa a los cultivos permitiendo realizar una adecuada fotosíntesis. Observado en la figura 98.

Figura 98

Restablecimiento de SNM vs conductividad eléctrica y temperatura en un monitoreo de un periodo de 24 horas



Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

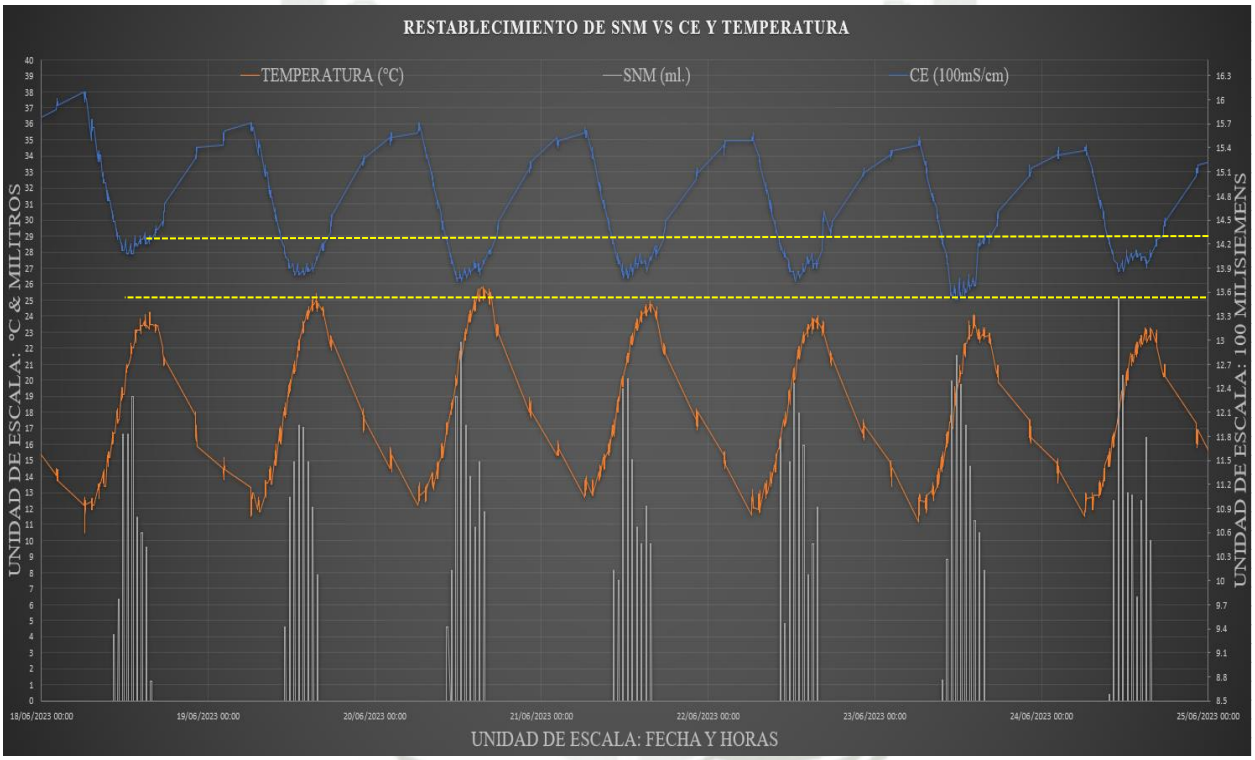
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Del monitoreo del restablecimiento de las soluciones nutritivas madres en una semana de funcionamiento, se evidencia un comportamiento repetitivo del proceso. Además, revela un incremento del consumo de la solución nutritiva diluida, una causada aparente es la exposición directa del sol en la superficie de las hojas. Visualiza en la figura 99.

Figura 99

Restablecimiento de SNM vs conductividad eléctrica y temperatura



Nota. Elaboración propia.

También, se puede apreciar que cada día tiene un consumo de soluciones nutritivas madres iniciando el primer día de monitoreo de 95 mililitros y el séptimo día de 175 mililitros, según la figura 5-8 un factor que relaciona el comportamiento de la variable es la mayor cantidad de hojas para el desarrollo del cultivo. Expresado en la tabla 54.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 54

Restablecimiento de SNM para Cada Ciclo de Recirculación en Mililitros

Ciclos hora	Fecha de toma de datos del 2023								
	16-junio	17-junio	18-junio	19-junio	20-junio	21-junio	22-junio	23-junio	24-junio
08:20:37	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
09:00:37	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
09:40:37	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.4
10:20:37	20.2	0.0	4.1	0.0	4.6	8.1	16.3	8.8	12.5
11:00:37	20.9	0.0	6.3	4.6	8.1	7.5	4.8	20.0	25.1
11:40:37	22.4	0.0	16.6	12.7	19.0	19.4	14.9	21.6	20.3
12:20:37	20.6	19.2	16.6	14.9	22.4	20.1	19.8	19.7	13.0
13:00:37	18.0	28.1	19.0	17.2	17.2	15.0	18.0	17.2	12.8
13:40:37	15.5	52.4	11.4	17.1	14.0	10.8	15.9	14.6	6.5
14:19:36	12.1	29.2	10.5	14.9	10.8	9.8	7.8	11.3	12.5
14:59:36	6.8	11.4	9.6	12.1	14.9	12.1	9.8	10.5	16.4
15:39:36	4.8	7.7	1.2	7.8	11.8	9.8	12.1	8.1	10.0
Total mililitros	**175.2**	**148.1**	**95.5**	**101.1**	**122.7**	**112.6**	**119.3**	**133.0**	**129.5**

Nota. Elaboración propia.

6.3.3. Análisis de la Variable de Potencial de Hidrógeno

La tercera variable a ser analizada, es el potencial de hidrógeno encargada de restablecer la acidez de solución nutritiva, causada por los diferentes procesos como el intercambio iónico en la zona radículas, el desbalance de la concentración de sales elementales y las alteraciones de los microorganismos en el medio líquido. En el mencionado proceso añade solución acida diluida, luego del término del ciclo de recirculación de la solución nutritiva realizado durante el día (un periodo de 10 a.m. a 3 p.m., un horario diurno). Debido a que el sensor de pH a temperaturas por debajo de 18º centígrados es erróneo. Además, el registro de la temperatura es las 24 horas.

De la adquisición de datos almacenada en el mini PLC logo 8, se puede visualizar al sistema restablecer, luego del ciclo de recirculación. El consumo de la solución acida diluida es decreciente, una posible relación es la cantidad de agua consumida y la solución nutritiva diluida que alteran la acidez de la solución nutritiva. mostradas en la figura 100.

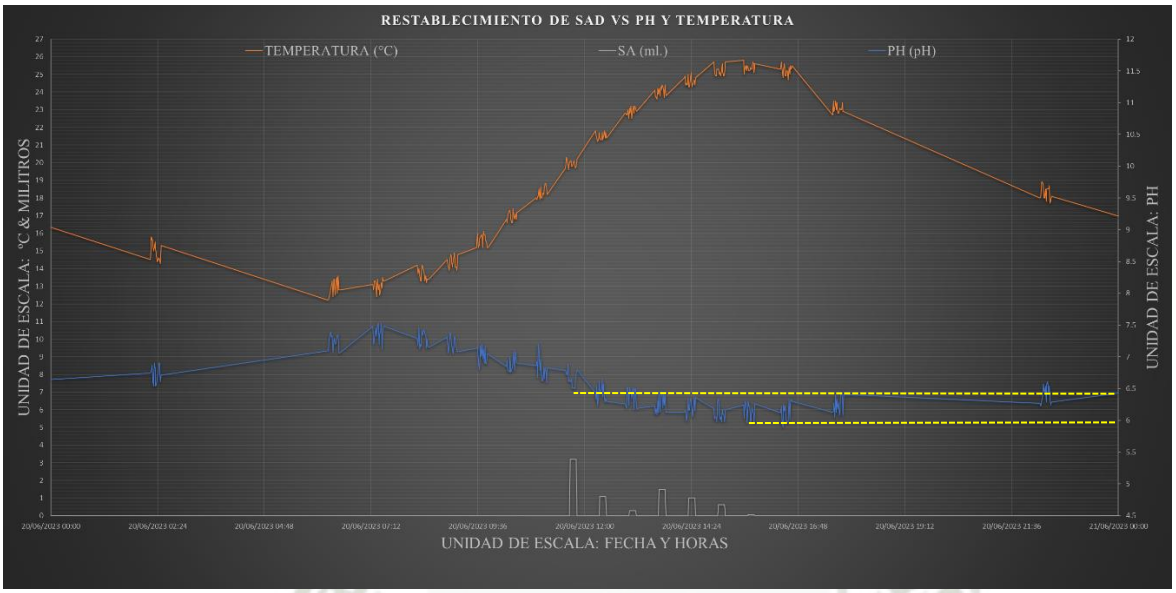
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 100

Restablecimiento de SA vs potencial de hidrógeno y temperatura en un monitoreo de un periodo de 24 horas



Nota. Elaboración propia.

Se monitoreo el restablecimiento de la solución acida diluida en una semana de funcionamiento, donde evidencia un comportamiento repetitivo del proceso. Además, revela un incremento del consumo de la solución nutritiva diluida, una causada aparente es el cambio constante del pH de la solución nutritiva debido a la demanda del consumo nutricional en el desarrollo del cultivo. Visualiza en la figura 101.

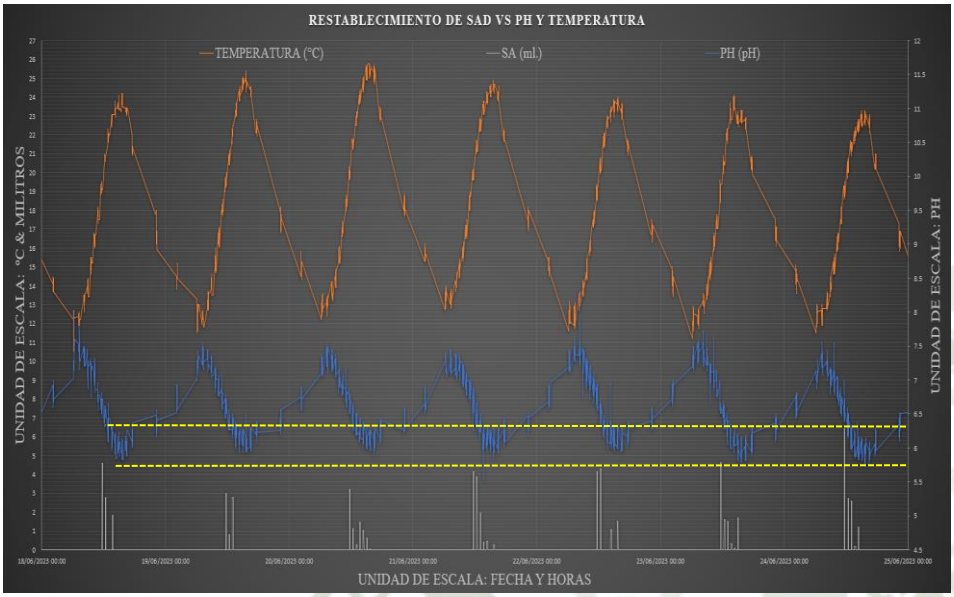
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 101

Restablecimiento de SA vs potencial de hidrógeno y temperatura



Nota. Elaboración propia.

También, se puede apreciar que cada día tiene un consumo de soluciones nutritivas madres iniciando el primer día de monitoreo de 9.2 mililitros y el séptimo día de 13.1 mililitros, según la figura 5-8 un factor que relaciona el comportamiento de la variable es el cambio constante del pH de la solución nutritiva proporcional al desarrollo del cultivo. Evidencia en la tabla 55.

Tabla 55

Restablecimiento de SA para Cada Ciclo de Recirculación en Mililitros

Ciclos hora	Fecha de toma de datos del 2023						
	18-junio	19-junio	20-junio	21-junio	22-junio	23-junio	24-junio
11:40:37	4,6	3,0	3,2	4,2	4,1	4,6	6,4
12:20:37	2,7	0,8	1,1	3,9	4,3	1,6	2,7
13:00:37	0,0	2,8	0,3	2,0	0,0	1,5	2,6
13:40:37	1,8	0,0	1,5	0,4	0,0	0,3	0,2
14:19:36	0,0	0,0	1,0	0,4	1,1	0,1	1,2
14:59:36	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	1,7	0,0
15:39:36	0,0	0,0	0,1	0,3	1,5	0,0	0,0
16:30:39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total mililitros	**9,2**	**6,6**	**7,8**	**11,1**	**11,0**	**9,8**	**13,1**

Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO VII

COSTOS

7.1. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

El Capítulo de Costos fue incorporado con el propósito de evaluar la viabilidad económica del sistema automatizado propuesto. Esta evaluación permite identificar si el proyecto no solo es técnicamente funcional, sino también rentable y aplicable en entornos reales. Al desglosar los costos de sensores, actuadores, controlador y software, se brinda una visión clara de la inversión necesaria. Además, permite analizar la relación costo-beneficio, optimización de recursos y potencial de replicabilidad del sistema. Este análisis complementa el enfoque técnico, aportando un criterio económico esencial para su implementación y escalabilidad en cultivos hidropónicos, especialmente para productores que buscan innovar con tecnologías accesibles y eficientes.

7.1.1. Costos de Implementación del Controlador

Como primer punto, se detallan los componentes empleados para desarrollar la implementación del controlador. Como se puede visualizar en la tabla 56.

Tabla 56

Costos de la Implementación del Controlador

Implementación del controlador	Cantidad	U.D.M.	Precio C/U	Precio total S/.
KX Caja de bornes, An.xAl.xPr.: 400mm x400mm x120mm	1	und.	80,00	80,00
Porta fusible TeSys DF, 10x38mm, con fusible 2A	1	und.	11,00	11,00
Miniature circuit breaker, C60H, 2 poles,20 A, C curve	1	und.	35,00	35,00
Power Supply,240W, 10A, 24V	1	und.	118,00	118,00
Power Supply, 50W, 10A, 5V	1	und.	45,00	45,00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

LOGO! 12/24RCE, logic module, display PS/I/O: 12/24VDC/relay	1	und.	494,16	494,16
Transmisor pH & Temp, 24VCC (SV), 0-10VCC (SO), 1W	1	und.	133,35	133,35
Transmisor CE & Temp, 24VCC (SV), 0-10VCC (SO), 1W	1	und.	185,56	185,56
Pulsador rasante, metálico, Ø 22mm, verde, retorno resorte, 1NA	1	und.	7,00	7,00
Pulsador rasante, metálico, Ø 22mm, rojo, retorno resorte, 1NA	1	und.	7,00	7,00
Harmony XB4 - Piloto luminoso led 230V, verde	1	und.	4,50	4,50
Canaleta ranurada, 100 mm x 80 mm	2	mt.	17,50	35,00
Carril din ranurado, 60 cm	1	und.	18,50	18,50
Stove bolts cabeza plana inox 304 unc m-3 x 8	4	und.	0,20	0,80
Arandela plana zincada 1/8	4	und.	0,05	0,20
Perno cabeza de coche zincado 1/4 x 3	14	und.	0,35	4,90
Tuerca hexagonal zincado 1/4 unc	14	und.	0,07	0,98
Arandela plana zincada 1/4	14	und.	0,10	1,40
Cable 18 AWG, negro	2	mt.	1,00	2,00
Cable 18 AWG, blanco	2	mt.	1,00	2,00
Terminal tubular aislado negro 18 AWG, 14 mm	8	und.	0,20	1,60
Terminal tubular aislado blanco 18 AWG, 14 mm	8	und.	0,20	1,60
Cable 16 AWG, azul	1	mt.	2,00	2,00
Cable 16 AWG, rojo	4	mt.	2,00	8,00
Cable 16 AWG, blanco	4	mt.	2,00	8,00
Terminal tubular aislado azul 16 AWG, 14 mm	4	und.	0,20	0,80

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Terminal tubular aislado rojo 16 AWG, 14 mm	16	und.	0,20	3,20
Terminal tubular aislado blanco 16 AWG, 14 mm	20	und.	0,20	4,00
Tubo espiral de 1/2"	10	mt.	1,50	15,00
Impresión y pegado de codificadores	1	und.	1,00	1,00
Placa de vidrio 10cm x 8cm x 2mm	1	und.	2,00	2,00
Bornera regleta de PVC, 5mm, 5A, 12 bornes	1	und.	3,90	3,90
COSTO TOTAL (S/.)				**1233,55**

Nota. Elaboración propia.

7.1.2. Costos de Implementación de los Sensores

En segundo punto, se detalla los componentes empleados para desarrollar la implementación de los sensores. Como se puede apreciar en la tabla 57.

Tabla 57

Costos de la Implementación de los Sensores

Implementación de los sensores	Cantidad	U.D.M.	Precio C/U	Precio total S/.
Interruptor Switch de Nivel, ABS-Plástico, 220VAC, 0.5A	1	und.	25,00	25,00
Electrodo de pH, Moldeado OD28, 0-14 pH +/- 0.01	1	und.	143,64	143,64
Electrodo de CE, Cell Constant 1.0 cm^-1, 0-2000 uS/cm +/-2	1	und.	44,20	44,20
Cable 18 AWG, negro	2	mt.	2,00	4,00
Terminal tubular aislado negro 18 AWG, 14 mm	2	und.	0,20	0,40
Terminal tipo fast-on aislada hembra plana, 18 AWG	2	und.	0,40	0,80
Tee IPS 1"	1	und.	3,70	3,70

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Niple 1" x 1-1/2" H-3	1	und.	2,50	2,50
Niple 1" x 2- 1/2" H-3	1	und.	3,00	3,00
Reductor de 1" a 3/4"	1	und.	2,00	2,00
Reductor de 1" a 1/2"	1	und.	2,00	2,00
Unión de 1" H3/H-3A	1	und.	3,00	3,00
Cen. teflon de 1/2", 12 mt	2	und.	1,00	2,00
Solución de conductividad 1413 uS/cm, 500 ml, Hanna Instruments	1	und.	124,00	124,00
Solución Buffer Calibrar Medidor Ph, Kit 3	1	und.	12,00	12,00
Bornera regleta de PVC, 5mm, 5A, 6 bornes	1	und.	1,90	1,90
COSTO TOTAL (S/.)				**372,24**

Nota. Elaboración propia.

7.1.3. Costos de Implementación de los Actuadores

El tercer punto se detalla los componentes empleados para desarrollar la implementación de los actuadores. Como se observa en la tabla 58.

Tabla 58

Costos de la Implementación de los Actuadores

Implementación de los actuadores	Cantidad	U.D.M.	Precio C/U	Precio total S/.
Mini Bomba de Agua Sumergible 120 l/h, 6 VDC, 1.5 W	4	und.	15,00	60,00
Electric Solenoid Valve 220 VAC, rated current 24V/220mA	1	und.	52,00	52,00
Cable 16 AWG, rojo	2	mt.	2,00	4,00
Terminal tubular aislado rojo 16 AWG, 14 mm	6	und.	0,20	1,20
Tee pvc 1/2"	1	und.	1,50	1,50

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Niple pvc 1/2" x 1-1/2"	2	und.	1,80	3,60
Llave de paso 1/2"	1	und.	6,00	6,00
Codo 90º 1/2"	1	und.	1,00	1,00
Cen. teflon de 1/2", 12 mt	2	mt.	1,00	2,00
Valvula check Hagen, DI=4 mm	4	und.	13,00	52,00
Manguera de silicona, DI=4 mm	7	mt.	1,50	10,50
Recipiente cilindro de pvc con tapa, volumen de 10 litros	5	und.	11,00	55,00
Bornera regleta de PVC, 5mm, 5A, 6 bornes	1	und.	1,90	1,90
COSTO TOTAL (S/.)				**250,70**

Nota. Elaboración propia.

7.1.4. Costos de Implementación del Software

El cuarto punto detalla los componentes empleados para desarrollar la implementación del software. Como se muestra en la tabla 59.

Tabla 59

Costos de la Implementación del software

Implementación del software	Cantidad	U.D.M.	Precio C/U	Precio total S/.
Laptop gama media, Ultrabook Lenovo	1	und.	1000,00	1000,00
Cable ethernet	1	mt.	5,00	5,00
Adaptador USB a ethernet	1	und.	16,00	16,00
COSTO TOTAL (S/.)				**1021,00**

Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7.1.5. Costo Total del Sistema de Control

Finalmente, el costo total de la implementación del sistema de control. En la tabla 60 se muestra los costos de implementación del sistema de control.

Tabla 60

Costos Total de la Implementación del Sistema de Control

Implementación del proyecto de automatización	Precio total S/.
Implementación del controlador	1233,55
Implementación de los sensores	372,24
Implementación de los actuadores	225,70
Implementación del software	1021,00
COSTO TOTAL (S/.)	**2852,49**

Nota. Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

PRIMERA: El sistema automatizado logró mantener un control eficiente y estable de las variables críticas durante los ciclos de recirculación. Esto permitió garantizar condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos hidropónicos, con un consumo de agua ajustado según la etapa de desarrollo del cultivo y un restablecimiento preciso de las soluciones nutritivas madres y ácidas. Se demuestra que el sistema es repetible y confiable en sus operaciones diarias, adaptándose a las demandas del cultivo y las condiciones ambientales.

SEGUNDA: Los componentes seleccionados para el sistema, incluyendo sensores de pH, conductividad eléctrica (CE), nivel de líquido y temperatura, junto con los actuadores y el mini PLC Logo 8, cumplieron adecuadamente con los requisitos funcionales del sistema. Durante las pruebas, se registró una precisión promedio del 96% en la lectura de pH, un margen de error menor al 5% en la medición de CE y manteniendo un rango de restablecimiento de líquido en la solución nutritiva a un 92.4%, lo cual permitió un control eficaz de la solución nutritiva. El almacenamiento de datos en el PLC permitió analizar el comportamiento de las variables y ajustar los parámetros automáticamente, mejorando la estabilidad del sistema de riego en tiempo real.

TERCERA: La estrategia de control implementada logró regular eficazmente las variables críticas en tiempo real. Por ejemplo, el sistema corrigió el pH al rango ideal de 5.6–6.0 tras cada ciclo de recirculación, mediante la inyección automática de solución ácida. Asimismo, la CE se mantuvo entre 1.5 y 2.0 mS/cm, y restableciendo el nivel de líquido entre 0 litros a 23 litros, adaptándose al consumo progresivo del cultivo, hasta el séptimo día. Estas acciones garantizan que la solución nutritiva permanezca dentro de los valores óptimos requeridos por el cultivo de lechuga, demostrando que el sistema responde efectivamente ante fluctuaciones y demanda variable.

CUARTA: La implementación física del sistema se logró con éxito, destacando el montaje funcional de sensores y actuadores, así como la carga del software en el controlador. Durante la fase de prueba, el sistema ejecutó correctamente los ciclos de recirculación programados, permitiendo el monitoreo y control de las variables críticas, lo cual refleja un funcionamiento estable y adaptado a las demandas hídricas del cultivo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

QUINTA: La automatización del proceso hidropónico demostró ser una alternativa efectiva para mantener condiciones óptimas de cultivo. El sistema logró regular parámetros clave como la conductividad eléctrica (que se ajustó de 95 ml a 175 ml diarios) y el pH (con consumo de solución ácida entre 9.2 y 13.1 ml), y el nivel de líquido (con restablecimiento de 78litros a 100 litros). Estos resultados muestran que el sistema de control respondió de forma precisa ante las variaciones del cultivo durante una semana de operación continua, cumpliendo con el objetivo de asegurar un entorno hidropónico controlado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

- Implementar el procedimiento descrito en el apartado “4.5 Puesta en marcha del sistema de control” para evaluar su efectividad bajo condiciones controladas, permitiendo obtener resultados que minimicen perturbaciones operativas y fortaleciendo el análisis de las condiciones necesarias para el desarrollo óptimo del cultivo hidropónico.
- Utilizar los resultados obtenidos como punto de partida para futuras investigaciones que busquen optimizar el control de los parámetros de la solución nutritiva. Estas investigaciones podrían explorar nuevas estrategias de regulación que incluyan algoritmos avanzados de control o técnicas de inteligencia artificial para adaptarse a diferentes condiciones ambientales y cultivos específicos.
- Ampliar el alcance del sistema de control mediante su aplicación en otras técnicas de cultivo hidropónico o en diferentes etapas fenológicas de un mismo cultivo. Esto permitirá evaluar su versatilidad y generar datos comparativos que enriquecen las estrategias de automatización agrícola.
- Desarrollar investigaciones que integren sensores adicionales capaces de monitorear nuevas variables relacionadas con la solución nutritiva, como oxígeno disuelto o temperatura específica de la raíz. Estas mejoras podrían lograrse mediante la expansión de módulos de entradas analógicas, fortaleciendo el sistema y su capacidad para adaptarse a escenarios más complejos.
- Explorar el desempeño del sistema de control en sistemas de producción hidropónica más avanzados, utilizando la investigación como base para impulsar innovaciones en la automatización de procesos agrícolas. Esto podría incluir pruebas en cultivos con alta demanda nutricional o en escenarios de producción a gran escala, generando avances significativos en la sostenibilidad y eficiencia del sector agrícola.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Abril, A., & Xavier, M. (2010). *Diseño de un sistema scada de control automático de temperatura y humedad para los lechos de producción de humus de lombriz en la empresa BIOAGROTECSA CÍA. LTDA.* Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Aguilar, H., & Mayanga, J. (2019). *Diseño e implementación de cámara de crecimiento para plantas con control de temperatura e iluminación para el programa de biología.* Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Ahumada, R. (2017). *Diseño del sistema de bombeo automatizado con energía fotovoltaica para la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Vilavila.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Andres, S. (12 de Mayo de 2010). *Teoría de la automatización*. http://sergio527-tgs.blogspot.com/2010/05/tipos-de-automatizacion.html

Asocie. (20 de Abril de 2021). *Sensor de Nivel Interruptor Flotador ABS-Plastico*. ASOCIE Automatización e instrumentos: https://asocieperu.com/producto/sensor-de-nivel-interruptor-flotador-abs-plastico/#tab-description

Barbajo, J. (2005). *Hidroponía.* http://books.google.co.cr/s?id=aa4A0GakMRsC&printsec=frontcover&dq=hidroponia&hl=es

Beltramo, J., & Gimenez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía.* La Plata: Editorial de la Universidad de la Plata.

Brenes, L., & Jiménez, M. (2014). *Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistema NFT (Nutrient Film Technique).* Cartago: Tecnológica de Costa Rica.

Campillo, L. (2013). *Factores que inciden en el crecimiento de un cultivo hidropónico.* Santander: Universidad Pontificia Bolivariana.

Carrasco, G., & Izquierdo, J. (1996). *La empresa hidropónica de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva recirculante (NFT).* Talca: Universidad de Talca.

Casas, A., & Casas, E. (1999). *El análisis de suelo, agua, plantas y su aplicación a la nutrición de los cultivos hortícolas en la zona del sureste peninsular.* Almería: Caja Rural de Almería.

Catata, L. (2015). *Tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) y dos soluciones nutritivas en cultivos hidropónico, en sistema NFT tipo piramidal, bajo condiciones de invernadero en Arequipa.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Cayllahua Utani, Y. (2023). *Aplicación de un sistema de control basado en IoT para el balance de la solución nutritiva en el cultivo de lechuga por hidroponía en el Distrito de Chilca, Lima, 2021*. https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1259

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Chang, M., Hoyos, M., & Rodríguez, A. (2000). *Manual práctico de hidroponía: Sistema de raíz flotante y sistemas de sustrato sólido.* Lima: Universidad Agraria La Molina.

Creus, A. (2010). *Instrumentación Industrial.* México: Alfaomega.

Eicos. (22 de Noviembre de 2017). *Sensor de nivel*. https://www.eicos.com/datos-tecnicos/que-es-un-sensor-de-nivel/

Glovesa. (23 de Mayo de 2019). *Bidones Industriales*. Glovesa - Professional plastics: http://www.glovesaperu.com/aa1-14.html

Granda Delgado, R. H. (2022). *Diseño de un sistema de control automático de ph y conductividad eléctrica para garantizar el balance de la solución nutritiva de un sistema hidropónico NFT en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.* https://hdl.handle.net/20.500.12893/10728

Gutiérrez, M., & Iturralde, S. (2017). *Fundamentos básicos de instrumentación y control.* Santa Elena: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Hntools. (30 de Septiembre de 2020). *Válvula solenoide*. https://hntools.es/valvula-solenoide/

Inca, S. (2013). *Automatización y control del sistema NFT para cultivos hidropónicos.* Lima: Universidad Ricardo Palma.

Jiménez Morales, M., & Brenes Peralta, L. (2014). Experiencia de producción de lechuga americana (Lactuca sativa) hidropónica, tipo NFT. *Tecnología en Marcha, 27*, 56-64.

Larico, E. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de control y automatizado para la etapa de germinación y acondicionamiento de lechugas hidropónicas de la empresa Fagsol S.A.C. monitoreado a tiempo real.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Lemaire, F., Dartigues, A., Rivière, L., & Charpentier, S. (1989). *Cultures en pots et conteneurs.* París: INRA.

Linares, J., & Zuñiga, C. (2019). *Implementación de un sistema de control de variables por sensores para mejorar la productividad de las lechugas hidropónicas de la empresa FAGSOL S.A.C.* Arequipa: Universidad Católica San Pablo.

Logoele. (31 de Agosto de 2021). *Transductor de sensor pH y temperatura*. Guangzhou Logoele Electronics Technology Co., Ltd.: https://www.alibaba.com/product-detail/Water-Quality-Module-RS485-4-20mA_60753679454.html

Mavainsa. (15 de Noviembre de 2007). *Instrumentación.* https://www.mavainsa.com/pdfs/10_instrumentacion.pdf

MCR, G. (29 de Julio de 2016). *Ventajas y desventajas de la automatización industrial*. Automatización industrial: https://mcr.es/ventajas-y-desventajas-de-la-automatizacion-industrial/

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Mendoza, A. (2017). *Cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) hidropónica en sistema recirculante "NFT" tipo piramidal con tres niveles de aireación.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Molina, F. (2019). *Automatización y montaje del sistema para controlar los tiempos de proceso de un mezclador al vacío.* Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

NiRun. (7 de Enero de 2020). *Transductor del sensor de conductividad eléctrica y temperatura*. Alvin Instrument: https://es.aliexpress.com/i/4000217912824.html

Ogata, K. (2010). *Ingenería de control moderna 5ta. Edición.* Madrid: PEARSON EDUCACIÓN. S.A.

Omega, E. (16 de Noviembre de 2015). *Medidor de pH*. https://es.omega.com/prodinfo/medidor-ph.html

Optek. (28 de Diciembre de 2019). *Conductividad, Mediciones inductivas vs. de contacto*. Optek inline control: https://www.optek.com/es/Mediciones-de-conductividad.asp

Orozco, A., Guarnizo, C., & Holguín, M. (2008). *Automatismos Industriales.* Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Paz, A. (2011). *Sistemas automáticos de control, fundamentos básicos de análisis y modelado.* Santa Rita: UNERMB.

Perez, F., & Perez, U. (2016). *Aplicación de software para controlar el balance de la solución nutritiva de un sistema de cultivo de lechuga (Lactuca sativa) bajo la técnica de hidroponía automatizada a raíz del monitoreo de nitrógeno, pH y conductividad eléctrica en Pucallpa.* Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali.

Portilla Inga, M. E. (2022). *Sistema hidropónico automatizado para el control de parámetros de solución nutritiva en huertos urbanos.* https://hdl.handle.net/20.500.12692/101135

Resh, H. (2001). *Cultivos hidropónicos.* Barcelona: Mundi Prensa.

Richa, A., Fizir, M., & Touil, S. (2021). Advanced monitoring of hydroponic solutions using ion-selective electrodes and the internet of things: a review. *19*, 3445–3463. https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-021-01233-8

Rodríguez, J. (2014). *Automatismos industriales.* Madrid: Paraninfo.

Sandoval, C. (2004). *Manual técnico, manejo integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos.* Talca: Universidad de Talca.

Sangeetha, T., & Periyathambi, E. (2024). *Automatic nutrient estimator: distributing nutrient solution in hydroponic plants based on plant growth.* PeerJ Computer Science. https://peerj.com/articles/cs-1871/

Santos, B., & Ríos, D. (2016). *Cálculo de soluciones nutritivas en suelo y sin suelo.* Cabildo Insular de Tenerife: Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Shenzhen, G. t. (8 de Junio de 2019). *Electroválvula FCD-180B/170066*. Mantech electronics: https://www.mantech.co.za/Datasheets/Products/FCD-180B_SGT.pdf

Siemens. (14 de Marzo de 2020). *PLC logo 12/24 RCE*. Automation24: https://media.automation24.com/datasheet/es/6ED10521MD080BA0_es.pdf

Siemens, A. (4 de Abril de 2014). *Manual, Logo Siemens.* Siemens industry online support: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf

Smithers, O. (25 de Mayo de 2016). *Manual de hidroponía.* Oasis Grower Solutions: https://www.oasisgrowersolutions.com/pdf/mx/manual-hidroponia.pdf

Tarco, R., & Jaime, E. (2010). *Implementación de un equipo de laboratorio de control industrial con relés inteligentes para el control automatizado de motores eléctricos de corriente alterna monofásicos.* Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo .

Unit, E. (30 de Abril de 2019). *Bomba de agua sumergible 70-120L/H*. Tienda de componentes electrónicos: https://uelectronics.com/producto/bomba-de-agua-sumergible-70-120l-h/

Valdivia Ortega, A. A. (2021). *Diseño y construcción de un prototipo de plataforma didáctica accionada por músculos neumáticos mediante la manipulación de un mando a distancia.* Arequipa: Universidad Católica de Santa María.

Vazquez, P. (26 de Septiembre de 2021). *Campo*. La Nación: https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/invirtieron-us15-millones-para-tener-el-invernadero-hidroponico-mas-grande-del-pais-nid26092021/?fbclid=IwAR2fOZ4YxVG7Q1J886mOiSKMYAadpBDITiSJ19zoFN63RtNsnA5mSXj0hYM

Watson, M. (5 de Julio de 2018). *Funcionamiento de la bomba peristáltica*. Fluid technology group: https://www.wmftg.com/es-ar/support/how-do-peristaltic-pumps-work-industrial/

Wei, C., Li, Z., Zhu, D., Xu, T., Zhichao, L., Liu, Y., & Zhao, N. (2024). *Regulation of the physicochemical properties of nutrient solution in hydroponic system based on the CatBoost model.* Computers and Electronics in Agriculture. https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109729

XinNuoQi. (15 de Agosto de 2019). *Sonda de conductividad eléctrica*. XNQ Electric Company Store: https://es.aliexpress.com/item/32809569827.html

XinNuoQi. (15 de Agosto de 2019). *Sonda de pH industrial*. XNQ Electric Company Store: https://es.aliexpress.com/item/1411079403.html

Zárate, M. (2014). *Manual de hidroponía.* Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

<table>
<tr><th colspan="5">Título: “AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDRÓGENO, NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA Y EL MONITOREO DE LA TEMPERATURA”</th></tr>
<tr><th>Problemas</th><th>Objetivos</th><th>Variables</th><th>Indicadores</th><th>Metodologías</th></tr>
<tr><td>General</td><td>General</td><td>Variable Independiente</td><td rowspan="5">VI: Variable Independiente
▪ Nivel del volumen de un líquido.
▪ Medida de acidez o basicidad de la solución acuosa.
▪ Concentración de sales de la solución nutritiva.
▪ Concentración de calor de una sustancia.

VD: Variable dependiente
▪ Solución acida, nutritivas y agua
▪ Procesamiento y gestión de entras y salidas
▪ Adquisición de datos y detección de variación de parámetros
▪ Estandarización de la señal de entrada
▪ Ejecución de ordenes de mando
▪ Desarrollo de algoritmo y funciones de seguridad
▪ Implementación del tablero de potencia</td><td rowspan="5">Se empleó un enfoque experimental.

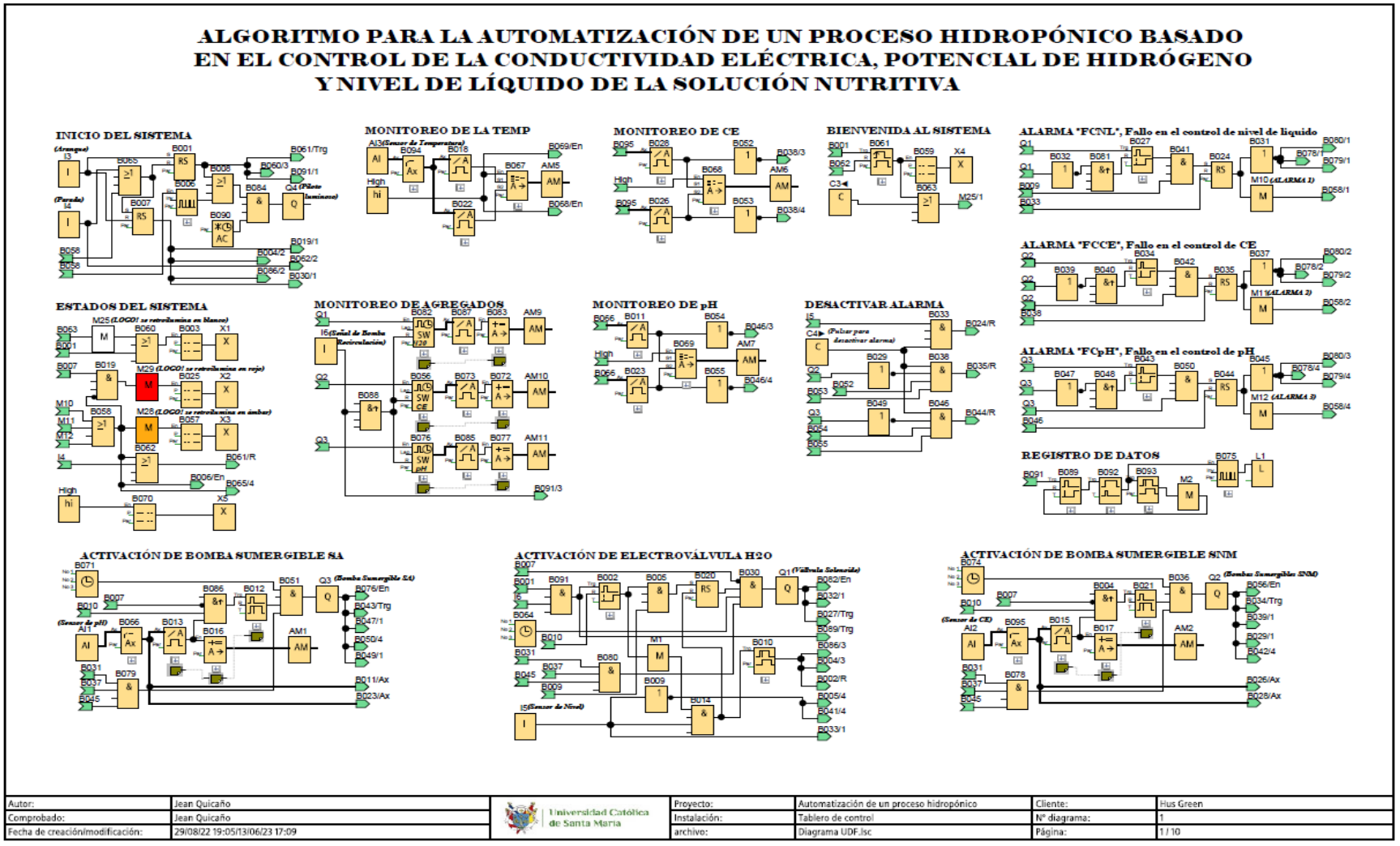
El proyecto corresponde a una investigación aplicada.

El diseño pertenece al tipo cuasi-experimental.

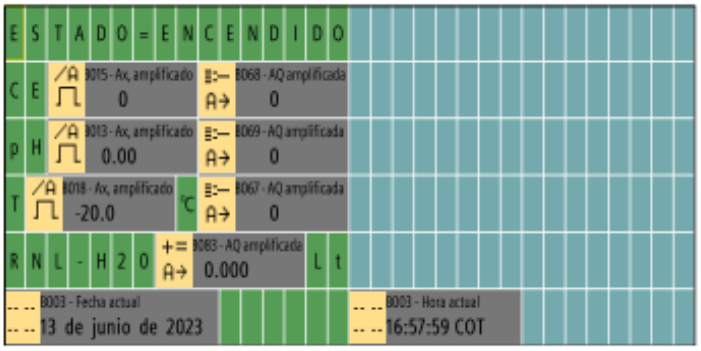
Las unidades de estudio estarán conformadas por los componentes tecnológicos y funcionales del sistema de control, incluyendo sensores, actuadores y el controlador principal, así como las variables analizadas en la solución nutritiva: conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno y nivel de líquido.</td></tr>
<tr><td>¿Cómo se puede automatizar un proceso hidropónico mediante un sistema de control que gestiona las variables de conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, nivel de líquido de la solución nutritiva y el monitoreo de la temperatura para optimizar el desarrollo del cultivo?</td><td>Automatizar un proceso hidropónico a través de un sistema de control de las variables de conductividad, potencial de hidrogeno, el nivel de líquido de la solución nutritiva y el monitoreo de la temperatura.</td><td>VI: Control de variables de la solución nutritiva.</td></tr>
<tr><td>Específicos</td><td>Específicos</td><td>Variable Dependiente</td></tr>
<tr><td>¿Cuáles son los requerimientos funcionales y operativos necesarios para diseñar un sistema de control automatizado que regule las variables de conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno y nivel de líquido de la solución nutritiva?</td><td>Definir el proceso hidropónico de la solución nutritiva para conceptualizar las variables que afectan la disponibilidad de nutrientes.</td><td rowspan="3">VD: Automatización del proceso hidropónico.</td></tr>
<tr><td>¿Cómo se puede diseñar una estrategia de control que integre sensores, actuadores y un controlador programable para garantizar la regulación precisa de los parámetros de la solución nutritiva en un sistema hidropónico?</td><td>Diseñar una estrategia de control que integre sensores, actuadores y un controlador programable para garantizar la regulación precisa de los parámetros de la solución nutritiva.</td></tr>
<tr><td>¿Qué pasos y metodologías son necesarios para implementar un sistema de control automatizado que abre la fabricación, montaje de los</td><td>Implementar el sistema de control automatizado, incluyendo la fabricación y montaje de los componentes físicos,</td></tr>
</table>

componentes físicos y la carga y ejecución del software desarrollado?	así como la carga y ejecución del software desarrollado.		▪ Monitoreo de variables y visualización de alarmas	
¿Cómo se puede evaluar el desempeño del sistema de control automatizado mediante pruebas experimentales para determinar la estabilidad de las variables controladas y su impacto en la calidad y uniformidad de los cultivos hidropónicos?	Evaluar el desempeño del sistema de control mediante pruebas experimentales que analicen la estabilidad de las variables controladas y su impacto en la calidad y uniformidad de los cultivos hidropónicos.			

ANEXO 2: ALGORITMO DE CONTROL



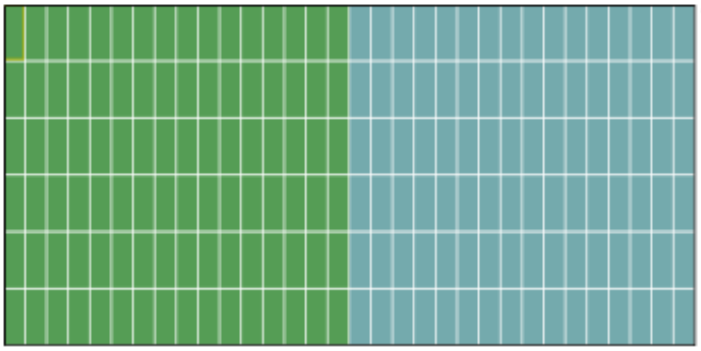
Número de bloque (tipo)	Parámetro
B001(Relé autoenclavador) :	Rem = off
B002(Retardo a la conexión con memoria) :	Rem = off 12:30m+
B003(Texto de aviso) :	Prio = 1 Quit = off Text1: enabled Text2: enabled



--> Configuración del ticker
- LBL
- Line1: N
- Line2: N
- Line3: N
- Line4: N
- Line5: N
- Line6: Y

Destino de aviso
- Display de LOGO!

Line2.3 B015-Ax
Line2.10 B068-Aq
Line3.3 B013-Ax
Line3.10 B069-Aq
Line4.2 B018-Ax
Line4.9 °C
Line4.10 B067-Aq
Line5.8 B083-Aq
Line6.1 B003-Date
Line6.17 B003-Time



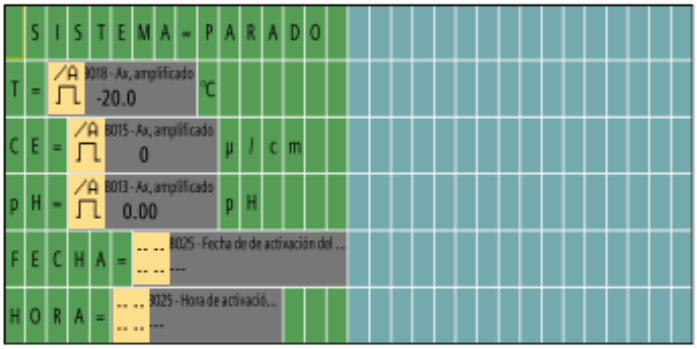
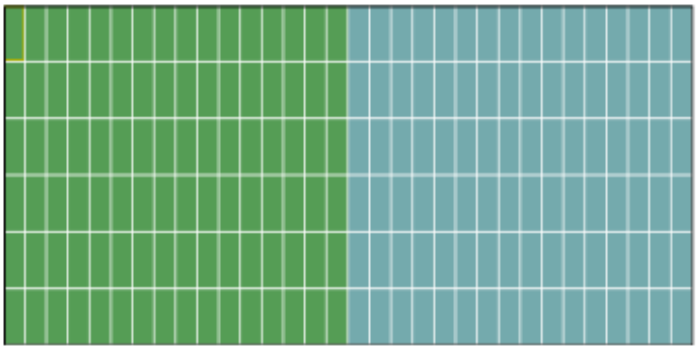
--> Configuración del ticker
- CBC
- Line1: N
- Line2: N
- Line3: N
- Line4: N
- Line5: N
- Line6: N

Destino de aviso
- Ambos

B006(Generador de impulsos asíncrono) :	Rem = off 01:00s+ 03:00s
B007(Relé autoenclavador) :	Rem = off
B010(Retardo conexión/desconexión) :	Rem = off 02:30m+ 03:00s

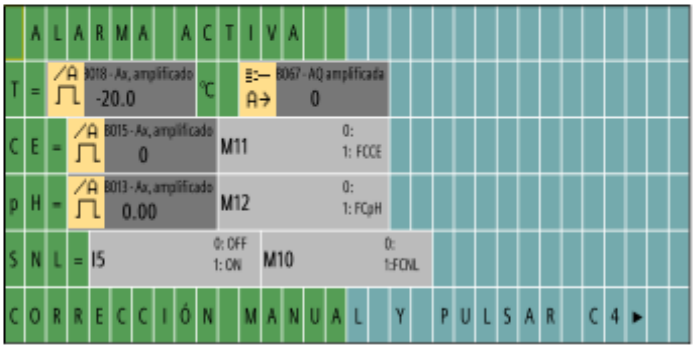
Autor:	Jean Quicaño	Universidad Católica de Santa Marta	Proyecto:	Automatización de un proceso	Cliente:	Hus Green
Comprobado:	Christiam Collado		Instalación:	Tablero de control	N° diagrama:	1
Fecha:	29/08/22 19:05/13/06/23 17:09		archivo:	Diagrama UDF.lsc	Página:	2 / 10

Número de bloque (tipo)	Parámetro
B011(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.4+ Offset=0 On=0 Off=550 Point=1
B012(Retardo a la desconexión) :	Rem = off B16tx+
B013(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.4+ Offset=0 On=630 Off=1400 Point=2
B015(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=4.4+ Offset=0 On=10 Off=1400 Point=0
B016(Instrucción aritmética) :	V1=B13- V2=600 V3=3000 V4=10 Point=0 ((B13-600)*3000)/10
B017(Instrucción aritmética) :	V1=1400- V2=B15 V3=1154 V4=10 Point=0 ((1400-B15)*1154)/10
B018(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.0+ Offset=-200 On=-200 Off=170 Point=1
B020(Relé autoenclavador) :	Rem = off
B021(Retardo a la desconexión) :	Rem = off B17tx+
B022(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.0+ Offset=-200 On=250 Off=800 Point=1
B023(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.4+ Offset=0 On=700 Off=1400 Point=1
B024(Relé autoenclavador) :	Rem = off

Número de bloque (tipo)	Parámetro
B025(Texto de aviso) :	Prio = 3 Quit = off Text1: enabled Text2: enabled
 Line2.3 B018-Ax Line2.10 °C Line3.4 B015-Ax Line4.4 B013-Ax Line5.7 B025-EnableDate Line6.6 B025-EnableTime	--> Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N - Line5: N - Line6: N Destino de aviso - Display de LOGO!
	--> Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N - Line5: N - Line6: N Destino de aviso - Ambos
B026(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=4.4+ Offset=0 On=1700 Off=4400 Point=0
B027(Retardo a la conexión con memoria) :	Rem = off 03:00m+
B028(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=4.4+ Offset=0 On=0 Off=1300 Point=0
B034(Retardo a la conexión con memoria) :	Rem = off 01:00m+
B035(Relé autoenclavador) :	Rem = off

Autor:	Jean Quicaño	Universidad Católica de Santa María	Proyecto:	Automatización de un proceso	Cliente:	Hus Green
Comprobado:	Christiam Collado		Instalación:	Tablero de control	N° diagrama:	1
Fecha:	29/08/22 19:05/13/06/23 17:09		archivo:	Diagrama UDF.lsc	Página:	4 I 10

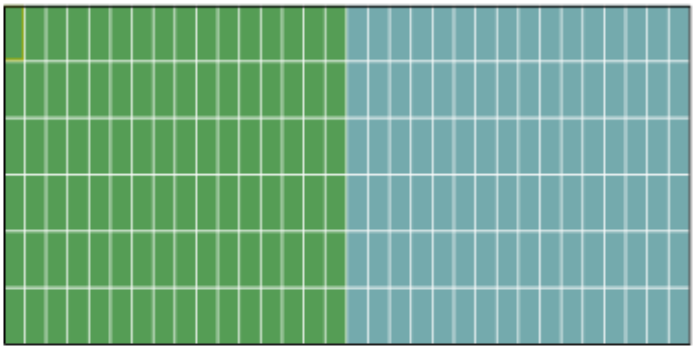
Número de bloque (tipo)	Parámetro
B043(Retardo a la conexión con memoria) :	Rem = off 01:00m+
B044(Relé autoenclavador) :	Rem = off
B056(Cronómetro) : CE	Rem = off TB = ms+
B057(Texto de aviso) :	Prio = 4 Quit = off Text1: enabled Text2: enabled



--> Configuración del ticker
- CBC
- Line1: N
- Line2: N
- Line3: N
- Line4: N
- Line5: N
- Line6: Y

Destino de aviso
- Display de LOGO!

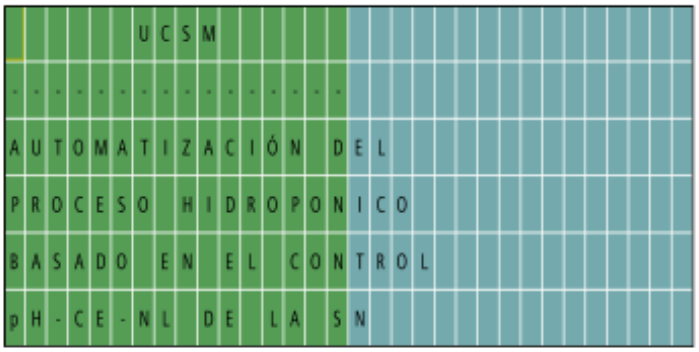
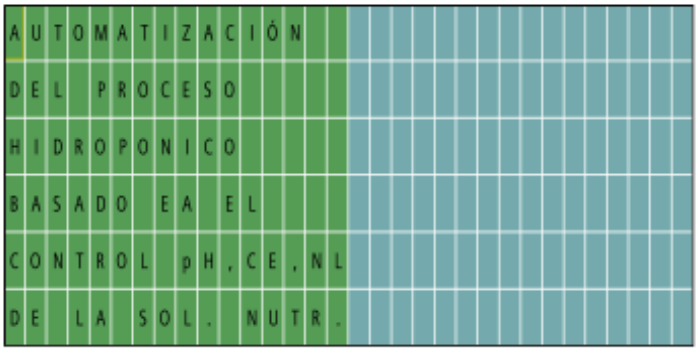
Line2.3 B018-Ax
Line2.10 °C
Line2.12 B067-Aq
Line3.4 B015-Ax
Line3.11 IOStatus: M11;Off="";On="FCCE"
Line4.4 B013-Ax
Line4.11 IOStatus: M12;Off="";On="FCpH"
Line5.5 IOStatus: I5;Off="OFF";On="ON"
Line5.13 IOStatus: M10;Off="";On="FCNL"
Line6.30 ►



--> Configuración del ticker
- CBC
- Line1: N
- Line2: N
- Line3: N
- Line4: N
- Line5: N
- Line6: N

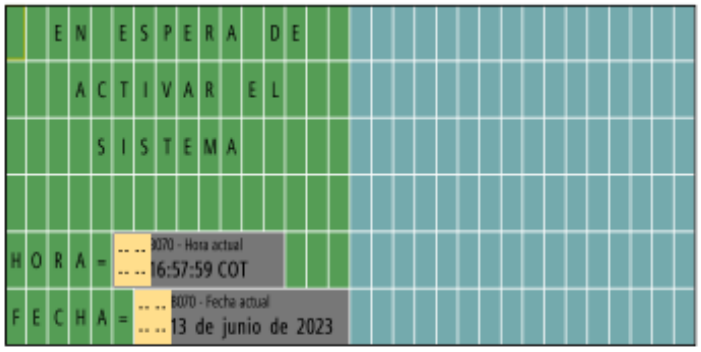
Destino de aviso
- Ambos

Autor:	Jean Quicaño	Universidad Católica de Santa María	Proyecto:	Automatización de un proceso	Cliente:	Hus Green
Comprobado:	Christiam Collado		Instalación:	Tablero de control	N° diagrama:	1
Fecha:	29/08/22 19:05/13/06/23 17:09		archivo:	Diagrama UDF.lsc	Página:	5 | 10

Número de bloque (tipo)	Parámetro
B059(Texto de aviso) :	Prio = 2 Quit = off Text1: enabled Text2: enabled
	--> Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: Y - Line4: Y - Line5: Y - Line6: Y Destino de aviso - Display de LOGO!
	--> Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N - Line5: N - Line6: N Destino de aviso - Display de LOGO!
B061(Relé de barrido disparado por flancos) :	Rem = off 07:00s+ 00:00s 1
B064(Temporizador semanal) :	+ MTWTFSS 05:50h 15:50h ------- --:-- --:-- ------- --:-- --:-- Pulse=N
B066(Filtro analógico) :	SN = 256
B067(MUX analógico) :	V1 =2+ V2=3 V3=1 V4=0 Point =0

Autor:	Jean Quicaño	Universidad Católica de Santa María	Proyecto:	Automatización de un proceso	Cliente:	Hus Green
Comprobado:	Christiam Collado		Instalación:	Tablero de control	N° diagrama:	1
Fecha:	29/08/22 19:05/13/06/23 17:09		archivo:	Diagrama UDF.lsc	Página:	6	10

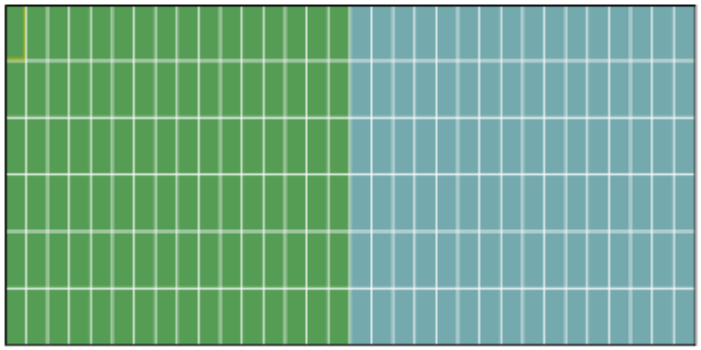
Número de bloque (tipo)	Parámetro
B068(MUX analógico) :	V1 =2+ V2=3 V3=1 V4=0 Point =0
B069(MUX analógico) :	V1 =2+ V2=3 V3=1 V4=0 Point =0
B070(Texto de aviso) :	Prio = 0 Quit = off Text1: enabled Text2: enabled



--> Configuración del ticker
- CBC
- Line1: N
- Line2: N
- Line3: N
- Line4: N
- Line5: N
- Line6: N

Destino de aviso
- Display de LOGO!

Line5.6 B070-Time
Line6.7 B070-Date



--> Configuración del ticker
- CBC
- Line1: N
- Line2: N
- Line3: N
- Line4: N
- Line5: N
- Line6: N

Destino de aviso
- Ambos

B071(Temporizador semanal) :	+					
	MTWTFSS					
	11:10h					
	15:50h					

	--:--					
	--:--					

	--:--					
	--:--					
	Pulse=N					

Número de bloque (tipo)	Parámetro
B072(Instrucción aritmética) :	V1=B56+ V2=75 V3=100 V4=0 Point=0 ((B56*75)/100)+0
B073(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.0+ Offset=0 On=0 Off=0 Point=2
B074(Temporizador semanal) :	+ MTWTFSS 06:50h 15:50h ------- --:-- --:-- ------- --:-- --:-- Pulse=N
B075(Generador de impulsos asíncrono) :	Rem = off 01:00s+ 01:00m
B076(Cronómetro) : pH	Rem = off TB = ms+
B077(Instrucción aritmética) :	V1=B76+ V2=75 V3=7500 V4=3 Point=0 ((B76*75)/7500)*3
B082(Cronómetro) :	Rem = off TB = ms+
B083(Instrucción aritmética) :	V1=B82+ V2=235 V3=100 V4=0 Point=3 ((B82*235)/100)+0
B085(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.0+ Offset=0 On=0 Off=0 Point=2
B087(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.0+ Offset=0 On=0 Off=0 Point=2
B089(Retardo a la conexión con memoria) :	Rem = off 05:00m+

Número de bloque (tipo)	Parámetro
B090(Reloj astronómico) :	Lot: W71°30'18"+ Lat: S16°24'35" TZ: -5 Desfase respecto al amanecer: 0 Desfase respecto al anochecer: -1
B092(Relé de barrido (Salida de impulsos)) :	Rem = off 13:01m+
B093(Retardo conexión/desconexión) :	Rem = off 13:00m+ 00:00s
B094(Filtro analógico) :	SN = 256
B095(Filtro analógico) :	SN = 64

Conector	Rotulación
AI1	Sensor de pH
AI2	Sensor de CE
AI3	Sensor de Temperatura
C3◄	
C4►	
I3	Aranque
I4	Parada
I5	Sensor de Nivel
I6	Señal de Bomba Recirculación
AM1	
AM2	
AM5	
AM6	
AM7	
AM9	
AM10	
AM11	
M1	
M2	
M10	ALARMA 1
M11	ALARMA 2
M12	ALARMA 3
M25	LOGO! se retroilumina en blanco
M28	LOGO! se retroilumina en ámbar
M29	LOGO! se retroilumina en rojo
Q1	Válvula Solenoide
Q2	Bombas Sumergibles SNM
Q3	Bomba Sumergible SA
Q4	Piloto luminoso
X1	
X2	
X3	
X4	
X5	

Autor:	Jean Quicaño	Universidad Católica de Santa Marta	Proyecto:	Automatización de un proceso	Cliente:	Hus Green
Comprobado:	Christiam Collado		Instalación:	Tablero de control	N° diagrama:	1
Fecha:	29/08/22 19:05/13/06/23 17:09		archivo:	Diagrama UDF.lsc	Página:	10 / 10

ANEXO 3: PLANOS DEL TABLERO DE CONTROL

Caratula

Universidad Católica de Santa María

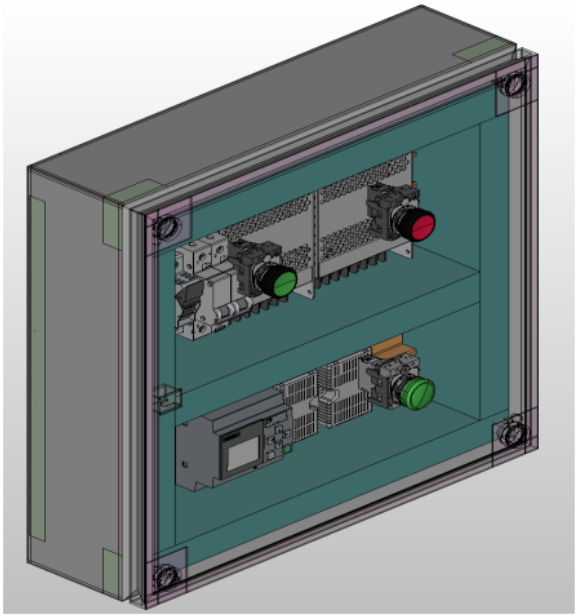
Hidroponia Urbana Saludable Green

Av. Manco Capac B-16

Paucarpata/ Arequipa /Perú

Tel. -

Empresa/cliente	HUS GREEN
Descripción de proyecto	AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDREOGENO Y NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA
Número de proyecto	IEC_hg001
Comisión	HUS GREEN



Nombre de proyecto	Automatización de un proceso Hidropónico
Responsable del proyecto	Jean Carlo Quicaño Paredes
Ultima versión EPLAN utilizada	2.9.4
Año de construcción	2022
Tipo	Proyecto de implementación
Lugar de instalación	Instalaciones de Hus Green
Alimentación	220 VAC
Línea de suministro	Monofasica
Tensión de mando	24 VDC y 5 VDC
Frecuencia	60 Hz

Creado 08/09/2022

Modificado 16/11/2022 de (abreviatura) JEAN

Número de páginas 13

			Fecha	29/09/2022	AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA	Nombre de la empresa : Hidroponia Urbana Saludable Green	Portada	= SHP	
			Resp.	JEAN Q.				+ TCSN	
			Probado	CHRISTIAM C.		Abreviatura : HUS GREEN		Codigo : IEC_hg001	Hoja 1
Cambio	Fecha	Nombre	Original	-	Tipo : Proyecto de Implementación	Institución : Universidad Católica de Santa María		Escala 1 : 1	Página 1 / 13

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DE REALIZACIÓN

PRESCRIPCIONES DE CABLEADO (CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD PERUANA)

COLORES DE CABLEADO

Corriente principal CA	negro (RD)	Circuito de control CA > 50V	rojo (RD)	Tensión ajena	azul (BU)
Corriente principal CC	negro (RD)	Circuito de control CA < 50V	rojo (RD)	Circuito eléctrico de bloqueo	naranja (OG)
Conductor neutro	blanco (WT)	Circuito de control CC	negro (BK)	Cables de medición	violeta (VT)
Conductor de protección	verde-amarillo (GNYE)			Transformador de corriente	marrón (BN)

SECCIONES MÍNIMAS

Corriente principal	1.30 mm²
Conductor de protección	1.30 mm²
Conductor de control	1.30 mm²
Cableado PLC	0,82 mm²

CABLEADO

0,5 - 1,0 mm²	Conductor aislado en PVC H05V-K
1,5 - 150 mm²	Conductor aislado en PVC H07V-K

PRESCRIPCIONES SOBRE MATERIAL

ARMARIOS

Armarios	Generico
Zócalo de armario	Generico
Color de armario	Generico
Modo de protección	IP40

BORNES

hasta 2,5 mm²	Bloques de bornes de paso
4 a 150 mm²	Bloques de bornes de paso

			Fecha	29/09/2022	AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA	Nombre de la empresa : Hidroponia Urbana Saludable Green	Prescripciones sobre material	= SHP	
			Resp.	JEAN Q.				+ TCSN	
			Probado	CHRISTIAM C.		Abreviatura : HUS GREEN		Codigo : IEC_hg001	Hoja 2
Cambio	Fecha	Nombre	Original	-	Tipo : Proyecto de Implementación — Institución : Universidad Católica de Santa María			Escala 1 : 1	Página 2 / 13

PRESCRIPCIONES DE SEGURIDAD

PRESCRIPCIONES DE SEGURIDAD GENERALES



PELIGRO !

Durante el funcionamiento de la instalación, hay ciertos ítems con tensiones peligrosas.
La inobservancia de las indicaciones de seguridad puede causar la muerte, lesiones graves y daños materiales.

Solo personal cualificado debe ejecutar los trabajos de transporte, instalación y puesta en marcha.

Se deben observar las normas vigentes, así como las prescripciones de prevención de accidentes nacionales y / o propias de la empresa.

Deben respetarse las siguientes indicaciones de seguridad:

La operaciones de montaje, puesta en marcha, detección de averías y reparación de la instalación solo puede llevarlas a cabo el personal con una formación adecuada y familiarizado con los correspondientes manuales de uso.

El montaje de los dispositivos debe efectuarse según las normas vigentes y las prescripciones estatales y locales.
Debe garantizarse una puesta a tierra y un dimensionamiento de los conductores correctos, así como una protección adecuada contra cortocircuitos.
Estas medidas sirven para garantizar la seguridad de la instalación y de los operadores.

Antes de realizar comprobaciones de seguridad y tomar medidas de mantenimiento y reparación debe garantizarse que todas las fuentes de alimentación estén desconectadas, aseguradas contra una reconexión y debidamente identificadas.

Para realizar las mediciones, solo deben utilizarse equipos de comprobación en perfecto estado técnico y adecuados para cada medición en cuestión.

Deben seguirse exactamente las instrucciones que se indican en los correspondientes manuales.
Es obligatorio observar las indicaciones de seguridad, advertencia y peligro.

Todas las puertas y los elementos protectores de la instalación deben mantenerse cerrados durante el funcionamiento.
Si en la instalación se han montado refrigeradores, debe procurarse que esos sistemas funcionen correctamente.
Esto contempla también la limpieza regular de los filtros si los hay.

			Fecha	29/09/2022	AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA	Nombre de la empresa : Hidroponia Urbana Saludable Green	Indicaciones de seguridad	= SHP	
			Resp.	JEAN Q.				+ TCSN	
			Probado	CHRISTIAM C.		Abreviatura : HUS GREEN		Codigo : IEC_hg001	Hoja 3
Cambio	Fecha	Nombre	Original	-	Tipo : Proyecto de Implementación	Institución : Universidad Católica de Santa María		Escala 1 : 1	Página 3 / 13

Resumen de identificación de estructuras

F24_001

Designación completa	Rotulación	Descripción de estructura	Designación completa	Rotulación	Descripción de estructura
==HR	Asignación funcional	Hoja de Resumen			
==DE	Asignación funcional	Diagrama Eléctrico			
==DT	Asignación funcional	Diseño del Tablero Electrico			
=SHP	Instalación	Sistema Hidróponico Piramidal			
+TCSN	Lugar de montaje	Tablero de Control del Sistema			

			Fecha	03/10/2022	HUS GREEN	Hidroponia Urbana Saludable Green	Resumen de Identificación de estructuras		= SHP
			Resp.	JEAN Q.					+ TCSN
			Probado	CHRISTIAM C.	AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO			IEC_hg001	Hoja 4
Cambio	Fecha	Nombre	Original	-	Sustitución por	Sustituido por			Página 4 / 13

Indice de páginas

Columna X: una página creada automáticamente se ha modificado de forma manual

F06_001

Página	Descripción de página	Campo adicional de página	Fecha	Responsable	X
==HR=SHP+TCSN/1	Portada		29/09/2022	JEAN	X
==HR=SHP+TCSN/2	Prescripciones sobre material		29/09/2022	JEAN	X
==HR=SHP+TCSN/3	Indicaciones de seguridad		29/09/2022	JEAN	X
==HR=SHP+TCSN/4	Resumen de identificación de estructuras		03/10/2022	JEAN	X
==HR=SHP+TCSN/5	Índice de páginas : ==HR=SHP+TCSN/1 - ==DT=SHP+TCSN/2		16/11/2022	JEAN	X
==HR=SHP+TCSN/6	Lista de artículos : Fusible -		16/11/2022	JEAN	X
==HR=SHP+TCSN/7	Lista de conexiones : 004 - 040		16/11/2022	JEAN	X
==DE=SHP+TCSN/1	Alimentación de tensión		06/11/2022	JEAN	X
==DE=SHP+TCSN/2	Fuente de alimentación de dispositivo 24V		16/11/2022	JEAN	X
==DE=SHP+TCSN/3	Entradas analógicas y digitales		16/11/2022	JEAN	X
==DE=SHP+TCSN/4	Salidas digitales		16/11/2022	JEAN	X
==DT=SHP+TCSN/1	Tablero eléctrico		16/11/2022	JEAN	X
==DT=SHP+TCSN/2	Ubicación de elementos		06/11/2022	JEAN	X

			Fecha	10/11/2022	HUS GREEN		Hidroponia Urbana Saludable Green	Índice de páginas : ==HR=SHP+TCSN/1 - ==DT=SHP+TCSN/2	= SHP
			Resp.	JEAN Q.					+ TCSN
			Probado	CHRISTIAM C.	AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO			IEC_hg001	Hoja 5
Cambio	Fecha	Nombre	Original	-	Sustitución por	Sustituido por			Página 5 / 13

Lista de artículos

Lista de articulos

Codigo de identificación	Cantidad	Descripción del material	Codigo de marca	Marca del producto	Esquema/posición
-1F1B1	1	Base Portafusible 1P-10x38mm, tapa RT28, 500V, con fusible 2A	RT28N-32	CHINT	==DE/1.1:B
-4H7F1	1	Chint indicador LED, luces green, 220 V, aberturas 22 MM	ND16-22DS/4	CHINT	==DE/4.7:F
-2K0C1	1	LOGO! 12/24RCE, logic module, display PS/I/O: 12/24VDC/relay, 8 DI (4 AI)/4 DQ, memory 400 blocks	6ED1052-1MD08-0BA1	Siemens	==DE/2.0:C
-4M3F1	1	Bomba de Agua Sumergible 70-120 l/h, MicroMotor, 2.5 - 6 VDC, 800 mA, 0.4 - 1.5 W	Model-G4	Unit Electronic	==DE/4.3:F
-4M4F2	1	Bomba de Agua Sumergible 70-120 l/h, MicroMotor, 2.5 - 6 VDC, 800 mA, 0.4 - 1.5 W	Model-G4	Unit Electronic	==DE/4.4:F
-4M5F3	1	Bomba de Agua Sumergible 70-120 l/h, MicroMotor, 2.5 - 6 VDC, 800 mA, 0.4 - 1.5 W	Model-G4	Unit Electronic	==DE/4.5:F
-4M6F3	1	Bomba de Agua Sumergible 70-120 l/h, MicroMotor, 2.5 - 6 VDC, 800 mA, 0.4 - 1.5 W	Model-G4	Unit Electronic	==DE/4.6:F
-1Q1C1	1	Interruptor termonagnetico bipolar, 2P 10A, 6KA	NXB-63 C10	CHINT	==DE/1.1:C
-3S4B1	1	Bloque de contactos NA P/ Pulsador verde NP2-BA3, Voltaje 240VAC 3A	NP2-BE101 NO	CHINT	==DE/3.4:B
-3S5B1	1	Bloque de contactos NA P/ Pulsador verde NP2-BA4, Voltaje 240VAC 3A	NP2-BE101 NO	CHINT	==DE/3.5:B
-3S6B1	1	Interruptor Switch de Nivel, ABS-Plastico, 220VAC, 0.5A	F6-HPS-15-CMS	CE Italy	==DE/3.6:B
-2U4C1	1	Transmisor pH & Temp, 24VCC (supply voltage), 0-10VCC (signal output), 1W	BHT-0/V10	Guanzhou Logleke Electronics	==DE/2.4:C
-2U4F1	1	Electrodo de pH, Moldeado OD28, 0-14 pH +/-0.01	H - 101	XNQ Electric Company Store	==DE/2.4:F
-2U5F1	1	Electrodo de Temp, R load>=10Kohm (Voltage output),-20 a 80 °C +/-0.5	NTC 10K	Guanzhou Logleke Electronics	==DE/2.5:F
-2U7C1	1	Transmisor CE & Temp, 24VCC (supply voltage), 0-10VCC (signal output), 1W	CN1501541594	Alvin Instrument	==DE/2.7:C
-2U7F1	1	Electrodo de CE, Cell Constant 1.0 cm^-1, 0-2000 uS/cm +/-2	CN1501541594	XNQ Electric Company Store	==DE/2.7:F
-1V2E1	1	Power Supply 50W 24V	LRS-50-24	Mean Well	==DE/1.2:E
-1V4E1	1	Power Supply 50W 5V	LRS-50-5	Mean Well	==DE/1.4:E
-4Y1F1	1	Electric Solenoid Valve 220VAC, rated current 12V/300mA - 24V/220mA, 0.02-0.8 MPa, 100 000 times	FCD-180B/170066	Shenzhen Global Technology	==DE/4.1:F
-U1	1	Canaleta Dexson Gris ranurada 25x25mm sin adhesivo	DXN10032	SE	(Tablero Eléctrico Control.S1)
-U2	1	Canaleta Dexson Gris ranurada 25x25mm sin adhesivo	DXN10032	SE	(Tablero Eléctrico Control.S1)
-U3	1	Canaleta Dexson Gris ranurada 25x25mm sin adhesivo	DXN10032	SE	(Tablero Eléctrico Control.S1)
-U4	1	Canaleta Dexson Gris ranurada 25x25mm sin adhesivo	DXN10032	SE	(Tablero Eléctrico Control.S1)
-U5	1	Canaleta Dexson Gris ranurada 25x25mm sin adhesivo	DXN10032	SE	(Tablero Eléctrico Control.S1)
-U6	1	Steel carrier rail; 35 x 7.5 mm; 1 mm thick; 2 m long; slotted; according to en 60715; hole width 18 mm	80P2971	Wago	(Tablero Eléctrico Control.S1)
-U7	1	Steel carrier rail; 35 x 7.5 mm; 1 mm thick; 2 m long; slotted; according to en 60715; hole width 18 mm	80P2971	Wago	(Tablero Eléctrico Control.S1)
-U8	1	Caja de bornes, An.Al.Pr.: 400x400x120 mm	CB404012	Generico	(Tablero Eléctrico Control.S1)

			Fecha	16/11/2022	HUS GREEN		Hidroponia Urbana Saludable Green	Lista de artículos : Fusible - Tablero3D		= SHP
			Resp.	JEAN Q.						+ TCSN
			Probado	CHRISTIAM C.	AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO				IEC_hg001	Hoja 6
Cambio	Fecha	Nombre	Original	-	Sustitución por	Sustituido por				Página 6 / 13

Lista de conexiones

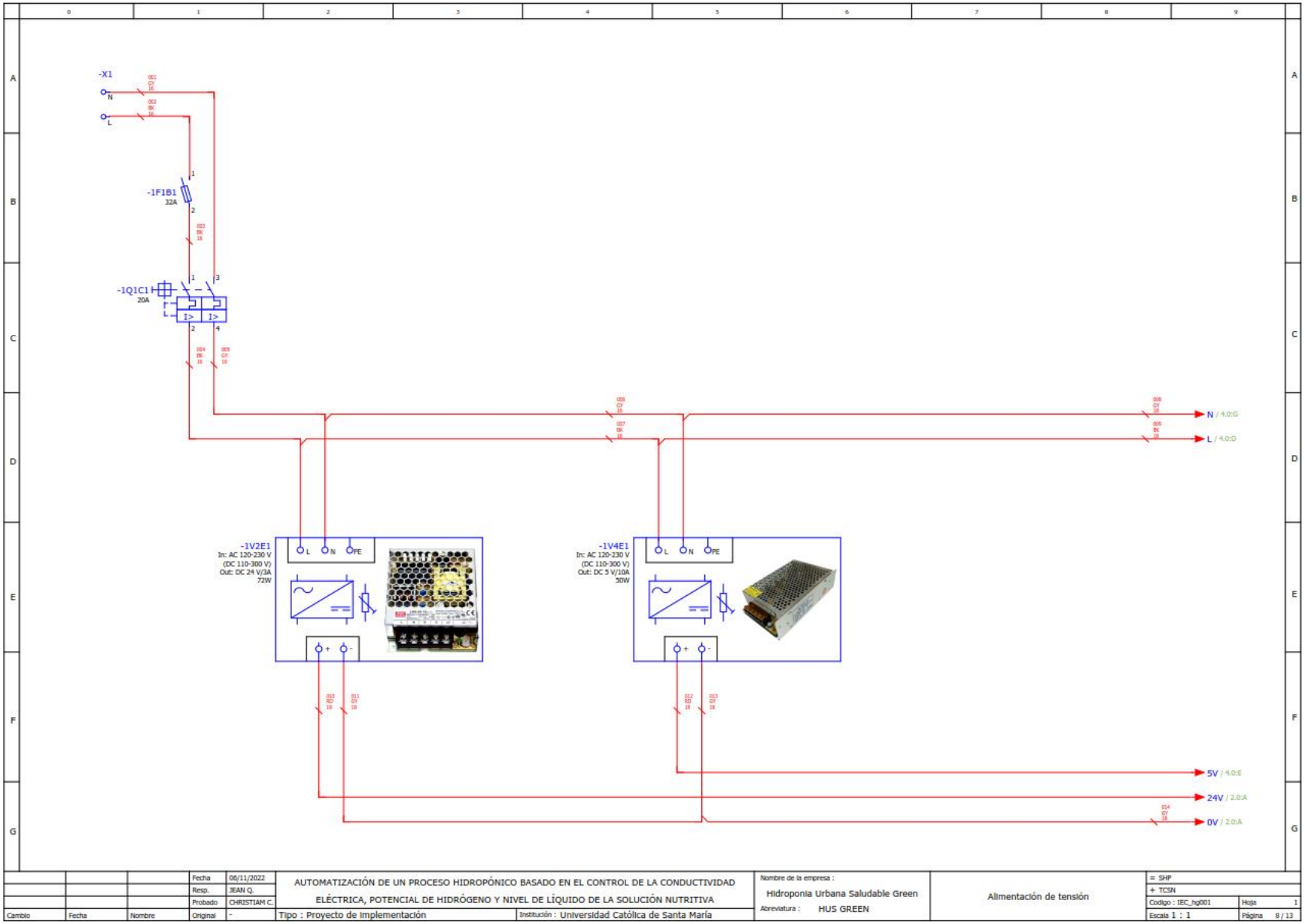
F27_001

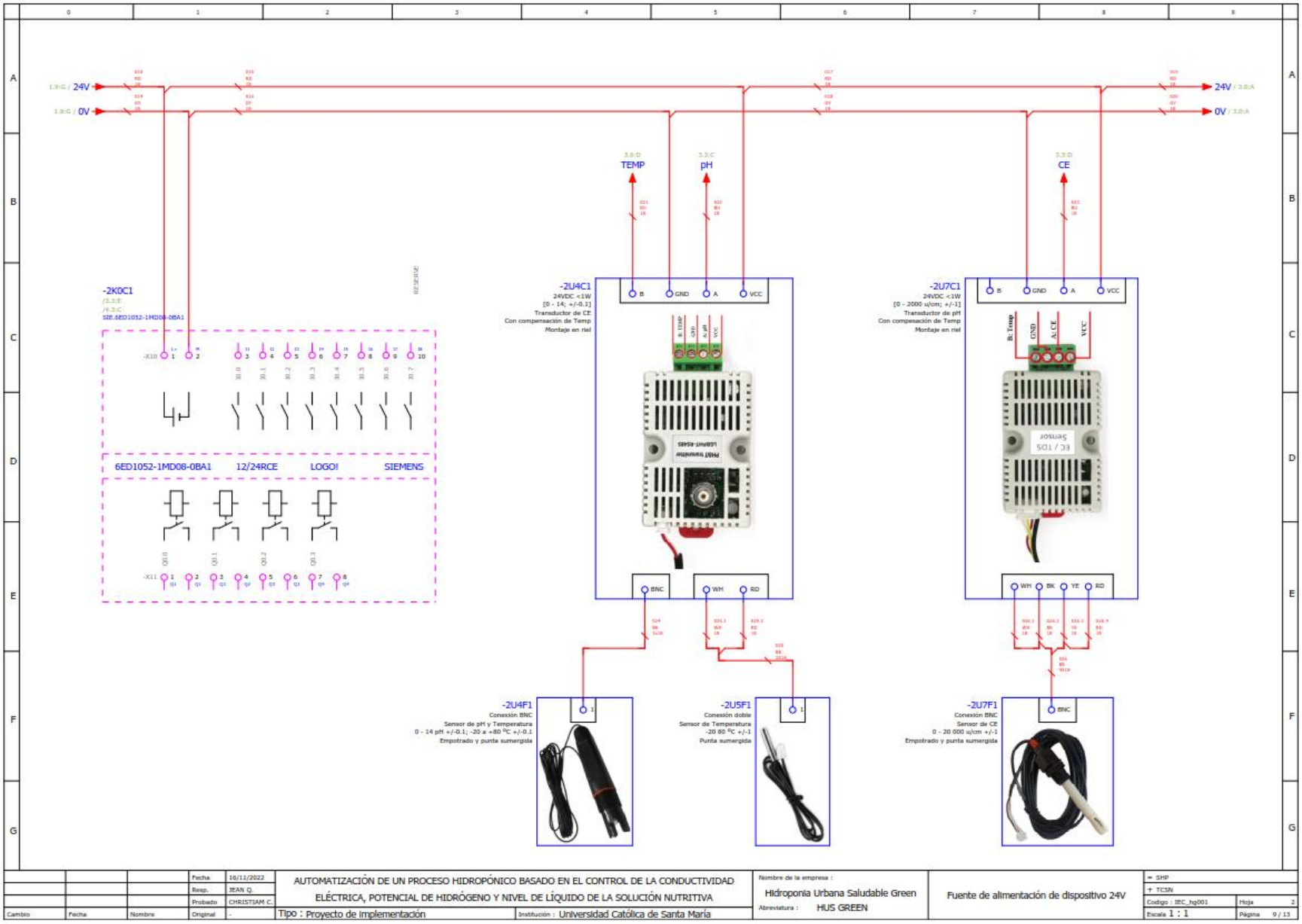
Conexión	Origen	Destino	Sección	Color	Longitud	Página/columna 1	Página/columna 2	Definición de función
004	-1Q1C1:2	-1V2E1:L	16	BK	0,276 m	==DE/1.1:C	==DE/1.2:E	Conductor/cable
007	-1V2E1:L	-1V4E1:L	16	BK	0,188 m	==DE/1.2:E	==DE/1.5:E	Conductor/cable
009	-2K0C1:-X11:1	-1V4E1:L	18	BK	0,333 m	==DE/4.4:C	==DE/1.5:E	Conductor/cable
034	-2K0C1:-X11:1	-2K0C1:-X11:7	18	BK	0,137 m	==DE/4.4:C	==DE/4.5:C	Conductor/cable
003	-1F1B1:2	-1Q1C1:1	16	BK	0,367 m	==DE/1.1:B	==DE/1.1:C	Conductor/cable
002	-1F1B1:1	-X1:L	16	BK	0,350 m	==DE/1.1:B	==DE/1.0:B	Conductor/cable
005	-1V2E1:N	-1Q1C1:4	16	GY	0,208 m	==DE/1.2:E	==DE/1.1:C	Conductor/cable
006	-1V2E1:N	-1V4E1:N	16	GY	0,188 m	==DE/1.2:E	==DE/1.5:E	Conductor/cable
008	-1V4E1:N	-4Y1F1:x2	18	GY	0,188 m	==DE/1.5:E	==DE/4.1:F	Conductor/cable
008	-4H7F1:x2	-4Y1F1:x2	18	GY	0,188 m	==DE/4.7:F	==DE/4.1:F	Conductor/cable
001	-1Q1C1:3	-X1:N	16	GY	0,188 m	==DE/1.1:C	==DE/1.0:A	Conductor/cable
010	-2K0C1:-X10:1	-1V2E1:+	18	RD	0,282 m	==DE/2.1:D	==DE/1.2:F	Conductor/cable
015	-2K0C1:-X10:1	-2U4C1: VCC	18	RD	0,173 m	==DE/2.1:D	==DE/2.5:C	Conductor/cable
017	-2U4C1: VCC	-2U7C1: VCC	18	RD	0,15 m	==DE/2.5:C	==DE/2.8:C	Conductor/cable
019	-3S4B1:13	-2U7C1: VCC	18	RD	0,15 m	==DE/3.4:B	==DE/2.8:C	Conductor/cable
027	-3S4B1:13	-3S5B1:11	18	RD	0,15 m	==DE/3.4:B	==DE/3.5:B	Conductor/cable
027	-3S5B1:11	-3S6B1:13	18	RD	0,15 m	==DE/3.5:B	==DE/3.6:B	Conductor/cable
011	-1V2E1:-	-1V4E1:-	18	GY	0,198 m	==DE/1.2:F	==DE/1.5:F	Conductor/cable
013	-2K0C1:-X10:2	-1V4E1:-	18	GY	0,194 m	==DE/2.1:D	==DE/1.5:F	Conductor/cable
016	-2K0C1:-X10:2	-2U4C1: GND	18	GY	0,177 m	==DE/2.1:D	==DE/2.5:C	Conductor/cable
018	-2U4C1: GND	-2U7C1: GND	18	GY	0,15 m	==DE/2.5:C	==DE/2.7:C	Conductor/cable
020	-4M3F1:2	-2U7C1: GND	18	GY	0,15 m	==DE/4.3:F	==DE/2.7:C	Conductor/cable
020	-4M3F1:2	-4M4F2:2	18	GY	0,15 m	==DE/4.3:F	==DE/4.4:F	Conductor/cable
041	-4M4F2:2	-4M5F3:2	18	GY	0,15 m	==DE/4.4:F	==DE/4.5:F	Conductor/cable
042	-4M5F3:2	-4M6F3:2	18	GY	0,15 m	==DE/4.5:F	==DE/4.6:F	Conductor/cable
012	-2K0C1:-X11:3	-1V4E1:+	18	RD	0,377 m	==DE/4.4:C	==DE/1.5:F	Conductor/cable
033	-2K0C1:-X11:3	-2K0C1:-X11:5	18	RD	0,107 m	==DE/4.4:C	==DE/4.5:C	Conductor/cable
024	-2U4C1: BNC	-2U4F1:1	3x18	BK	0,107 m	==DE/2.4:E	==DE/2.4:F	Conductor/cable
025.1	-2U4C1: WH	-2U5F1:1	18	WH	0,107 m	==DE/2.5:E	==DE/2.6:F	Conductor/cable
025.2	-2U4C1: RD	-2U5F1:1	18	RD	0,107 m	==DE/2.5:E	==DE/2.6:F	Conductor/cable
026.1	-2U7C1: BK	-2U7C1: WH	18	WH	0,165 m	==DE/2.8:E	==DE/2.7:E	Conductor/cable
026.2	-2U7C1: BK	-2U7F1: BNC	18	BK	0,165 m	==DE/2.8:E	==DE/2.8:F	Conductor/cable
026	-2U7C1: YE	-2U7F1: BNC	4X18	BK	0,165 m	==DE/2.8:E	==DE/2.8:F	Conductor/cable
026.3	-2U7C1: RD	-2U7C1: YE	18	YE	0,165 m	==DE/2.8:E	==DE/2.8:E	Conductor/cable
023	-2K0C1:-X10:3	-2U7C1:A	18	BU	0,227 m	==DE/3.4:E	==DE/2.8:C	Conductor/cable
022	-2K0C1:-X10:4	-2U4C1:A	18	BU	0,172 m	==DE/3.4:E	==DE/2.5:C	Conductor/cable
029	-2K0C1:-X10:5	-3S4B1:14	18	RD	0,172 m	==DE/3.4:E	==DE/3.4:B	Conductor/cable
030	-2K0C1:-X10:6	-3S5B1:12	18	RD	0,172 m	==DE/3.5:E	==DE/3.5:B	Conductor/cable
031	-2K0C1:-X10:7	-3S6B1:14	18	RD	0,172 m	==DE/3.5:E	==DE/3.6:B	Conductor/cable
021	-2K0C1:-X10:9	-2U4C1:B	18	BU	0,137 m	==DE/3.5:E	==DE/2.4:C	Conductor/cable
036	-4M3F1:1	-4M4F2:1	18	RD	0,137 m	==DE/4.3:F	==DE/4.4:F	Conductor/cable
037	-2K0C1:-X11:4	-4M4F2:1	18	RD	0,137 m	==DE/4.4:C	==DE/4.4:F	Conductor/cable
038	-2K0C1:-X11:4	-4M5F3:1	18	RD	0,137 m	==DE/4.4:C	==DE/4.5:F	Conductor/cable
035	-2K0C1:-X11:2	-4Y1F1:x1	16	BK	0,137 m	==DE/4.4:C	==DE/4.1:F	Conductor/cable
039	-2K0C1:-X11:6	-4M6F3:1	18	RD	0,137 m	==DE/4.5:C	==DE/4.6:F	Conductor/cable
040	-4H7F1:x1	-2K0C1:-X11:8	18	BK	0,137 m	==DE/4.7:F	==DE/4.5:C	Conductor/cable

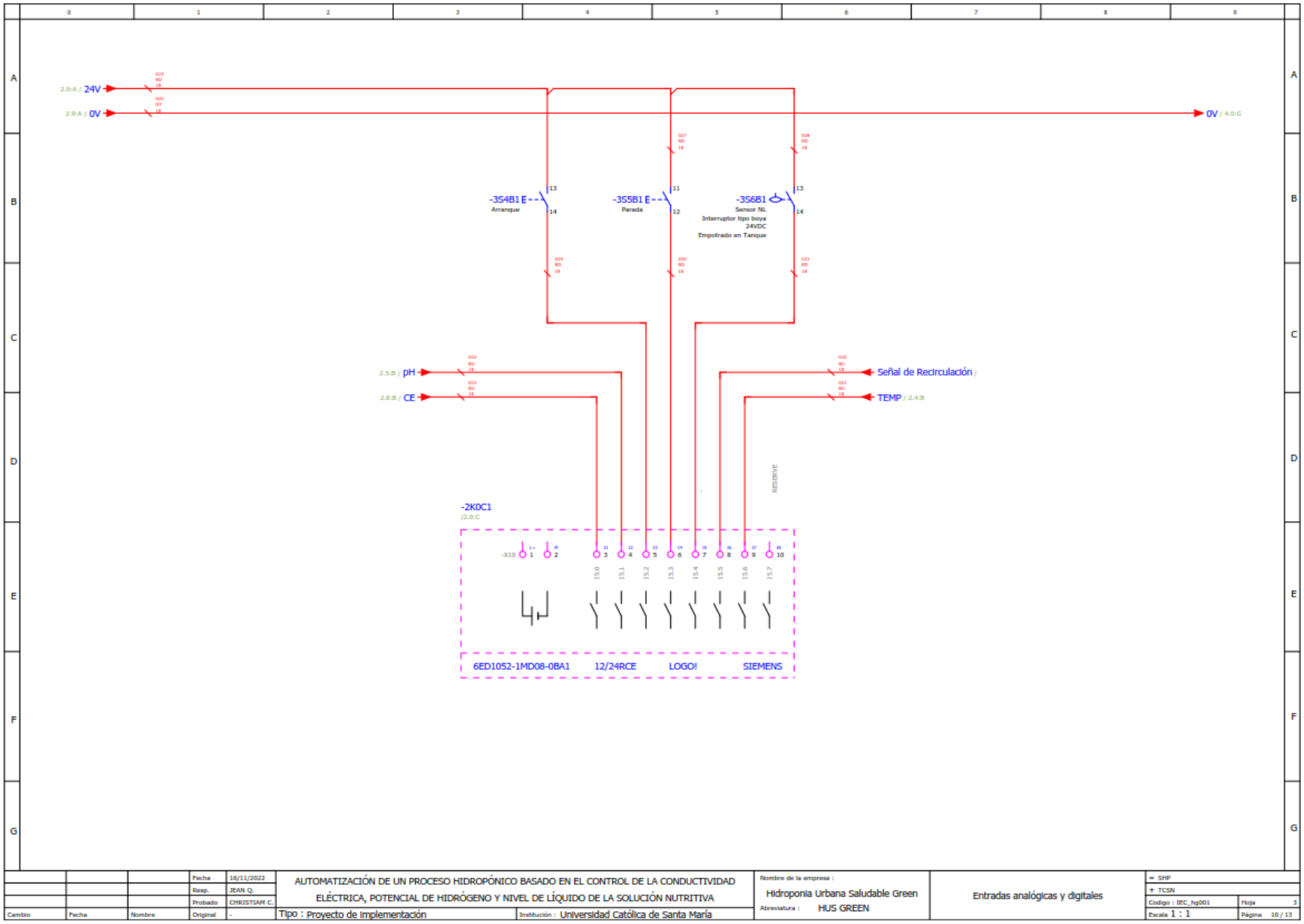
6

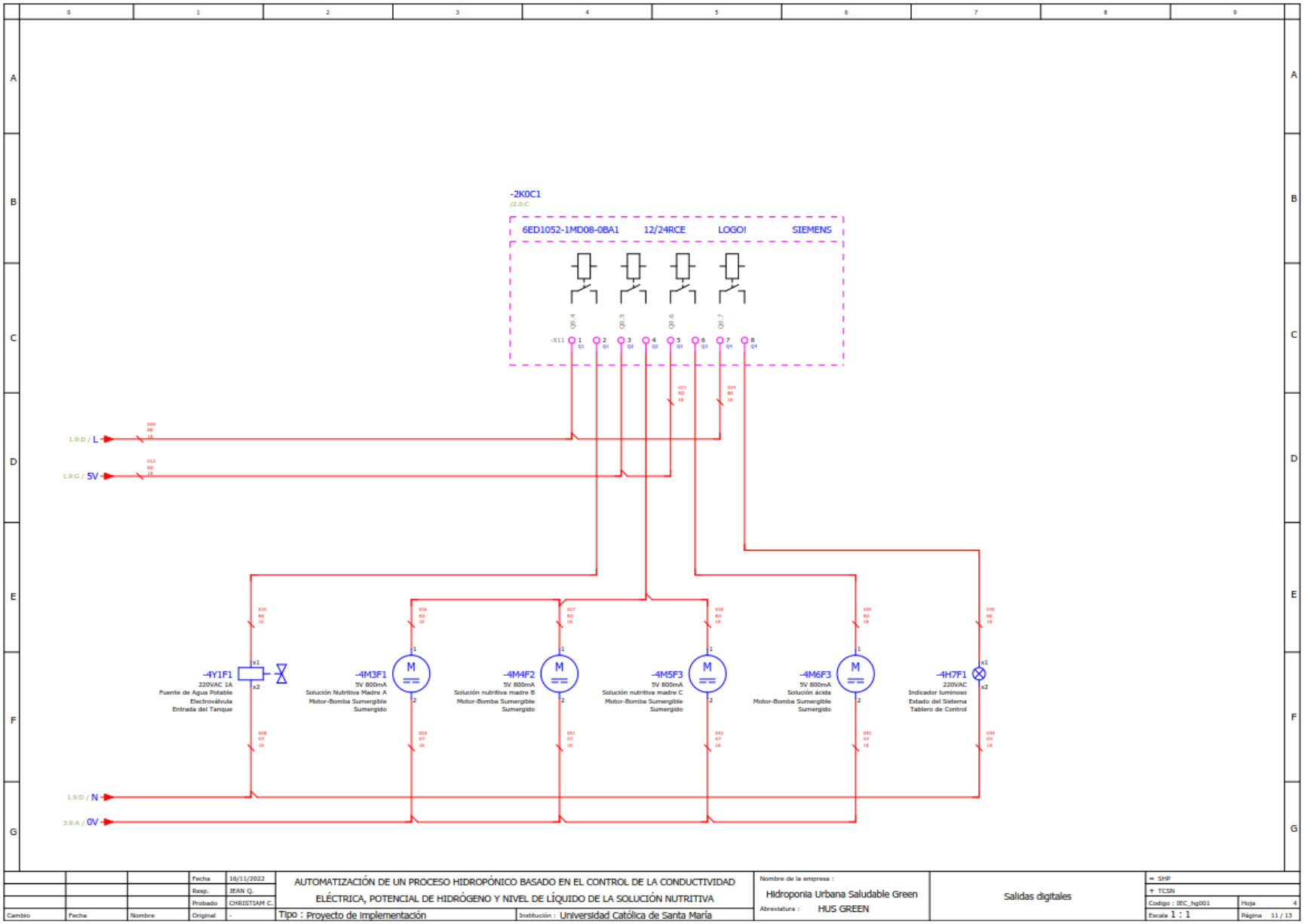
==DE/1

			Fecha	16/11/2022	HUS GREEN	Hidroponia Urbana Saludable Green	Lista de conexiones : 004 - 040	= SHP	
			Resp.	JEAN Q.				+ TCSN	
			Probado	CHRISTIAM C.	AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO			IEC_hg001	Hoja 7
Cambio	Fecha	Nombre	Original	-	Sustitución por / Sustituido por				Página 7 / 13

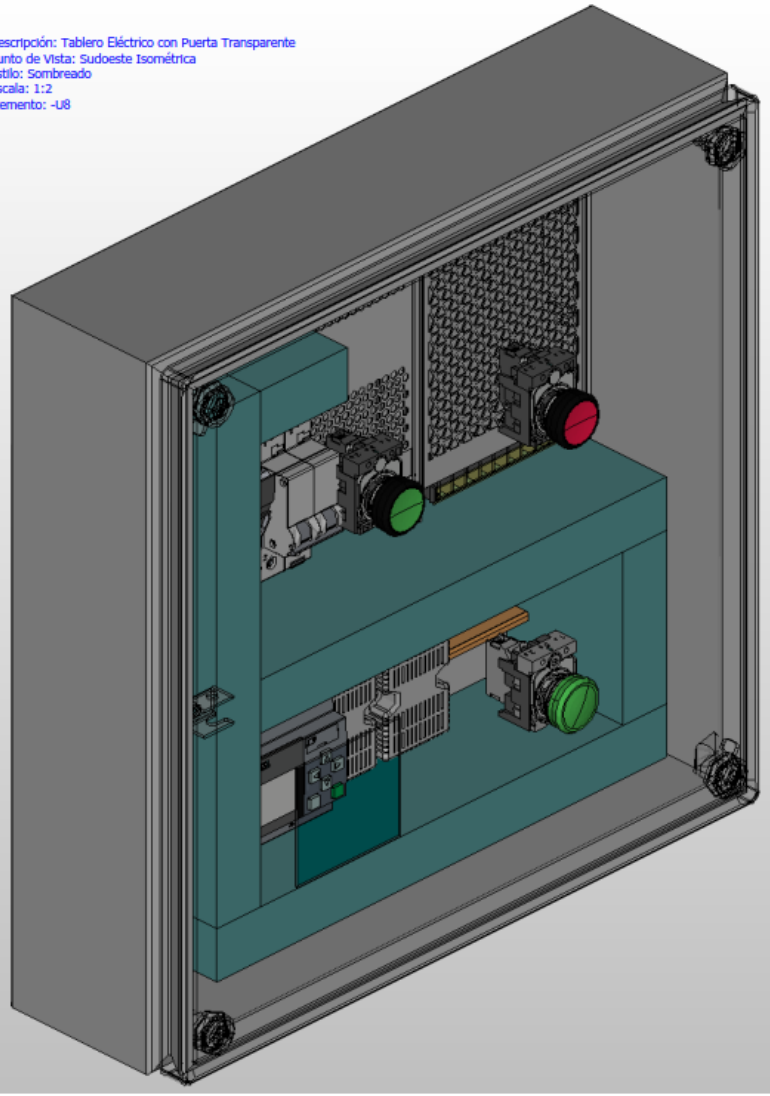

-X1
N
L
-1F1B1
32A
-1Q1C1
20A
I>
I>
-1V2E1
In: AC 120-230 V
(DC 110-300 V)
Out: DC 24 V/3A
72W
L
N
PE
+
-
-1V4E1
In: AC 120-230 V
(DC 110-300 V)
Out: DC 5 V/10A
50W
L
N
PE
+
-
N / 4.0:G
L / 4.0:D
5V / 4.0:E
24V / 2.0:A
0V / 2.0:A
AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD
ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA
Tipo : Proyecto de Implementación
Institución : Universidad Católica de Santa María
Fecha 06/11/2022
Resp. JEAN Q.
Probado CHRISTIAM C.
Original -
Nombre de la empresa :
Hidroponia Urbana Saludable Green
Abreviatura : HUS GREEN
Alimentación de tensión
= SHP
+ TCSN
Codigo : IEC_hg001
Hoja 1
Escala 1 : 1
Página 8 / 13


24V
0V
TEMP
pH
CE
-2K0C1
6ED1052-1MD08-0BA1
12/24RCE
LOGO!
SIEMENS
-2U4C1
24VDC <1W
[0 - 14; +/-0.1]
Transductor de CE
Con compensación de Temp
Montaje en riel
B
GND
A
VCC
BNC
WH
RD
-2U7C1
24VDC <1W
[0 - 2000 u/cm; +/-1]
Transductor de pH
Con compensación de Temp
Montaje en riel
BK
YE
-2U4F1
Conexión BNC
Sensor de pH y Temperatura
0 - 14 pH +/-0.1; -20 a +80 °C +/-0.1
Empotrado y punta sumergida
-2U5F1
Conexión doble
Sensor de Temperatura
-20 80 °C +/-1
Punta sumergida
-2U7F1
Conexión BNC
Sensor de CE
0 - 20 000 u/cm +/-1
Empotrado y punta sumergida
AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA
Tipo : Proyecto de implementación
Universidad Católica de Santa María
Hidroponia Urbana Saludable Green
HUS GREEN
Fuente de alimentación de dispositivo 24V
Fecha 10/11/2022
Resp. JEAN Q.
Probado CHRISTIAM C.
Original -
Escala 1 : 1
Página 9 / 13

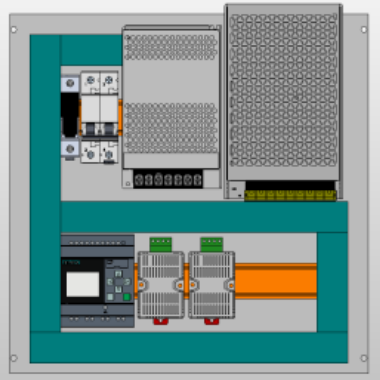

24V
0V
0V / 4.0:G
-3S4B1 E
Arranque
-3S5B1 E
Parada
-3S6B1
Sensor NL
Interruptor tipo boya
24VDC
Empotrado en Tanque
pH
CE
Señal de Recirculación /
TEMP / 2.4:B
-2K0C1
/2.0:C
-X10
6ED1052-1MD08-0BA1
12/24RCE
LOGO!
SIEMENS
AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA
Tipo : Proyecto de Implementación
Universidad Católica de Santa María
Hidroponia Urbana Saludable Green
HUS GREEN
Entradas analógicas y digitales


-2K0C1
6ED1052-1MD08-0BA1
12/24RCE
LOGO!
SIEMENS
L+
5V+
N-
0V-
-4Y1F1
220VAC 1A
Fuente de Agua Potable
Electroválvula
Entrada del Tanque
-4M3F1
5V 800mA
Solución Nutritiva Madre A
Motor-Bomba Sumergible
Sumergido
-4M4F2
5V 800mA
Solución nutritiva madre B
Motor-Bomba Sumergible
Sumergido
-4M5F3
5V 800mA
Solución nutritiva madre C
Motor-Bomba Sumergible
Sumergido
-4M6F3
5V 800mA
Solución ácida
Motor-Bomba Sumergible
Sumergido
-4H7F1
220VAC
Indicador luminoso
Estado del Sistema
Tablero de Control
AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA
Tipo : Proyecto de Implementación
Universidad Católica de Santa María
Hidroponia Urbana Saludable Green
HUS GREEN
Salidas digitales

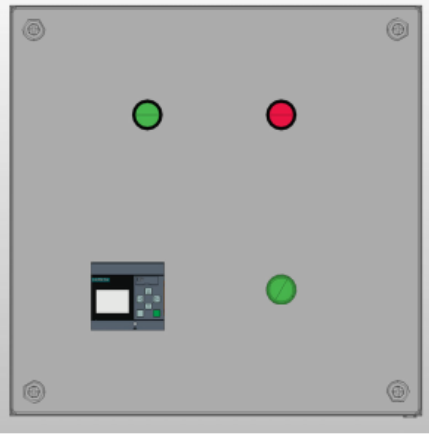
Descripción: Tablero Eléctrico con Puerta Transparente
Punto de Vista: Sudoeste Isométrica
Estilo: Sombreado
Escala: 1:2
Elemento: -U8



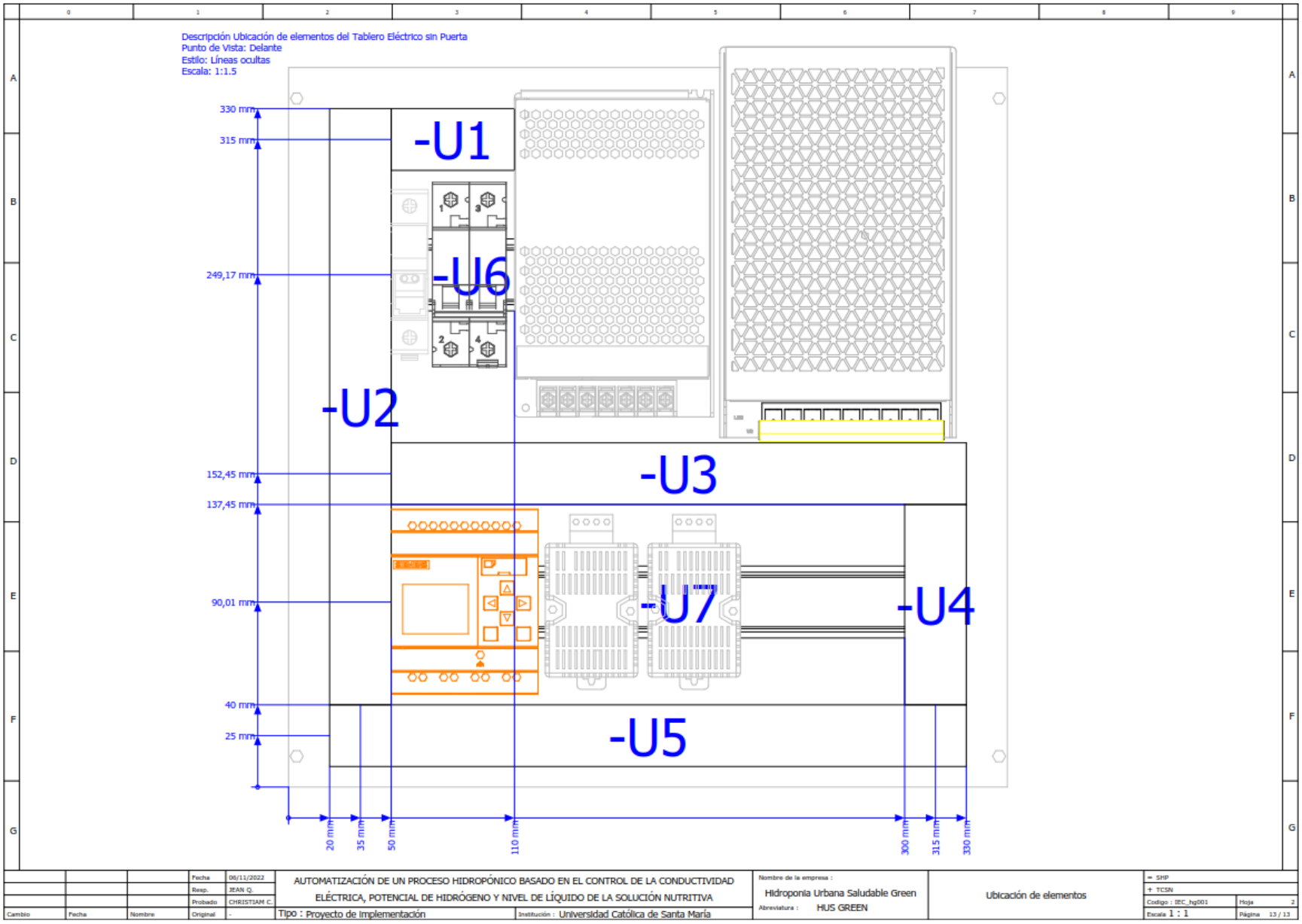
Descripción: Superficie de la placa de montaje
Punto de Vista: Delante
Estilo: Sombreado
Escala: 1:4



Descripción: Tablero Eléctrico con puerta
Punto de Vista: Delante
Estilo: Sombreado
Escala: 1:4



			Fecha	16/11/2022	AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA	Nombre de la empresa : Hidroponia Urbana Saludable Green	Tablero eléctrico	⇔ SMP	
			Resp.	JEAN Q.				+ TCSN	
			Probado	CHRISTIAM C.				Codigo : IEC_hg001	Hoja 1
Cambio	Fecha	Nombre	Original	-	Tipo : Proyecto de Implementación	Institución : Universidad Católica de Santa María	Abreviatura : HUS GREEN	Escala 1 : 1	Página 12 / 13


Descripción Ubicación de elementos del Tablero Eléctrico sin Puerta
Punto de Vista: Delante
Estilo: Líneas ocultas
Escala: 1:1.5
330 mm
315 mm
249,17 mm
152,45 mm
137,45 mm
90,01 mm
40 mm
25 mm
-U1
-U6
-U2
-U3
-U7
-U4
-U5
20 mm
35 mm
50 mm
110 mm
300 mm
315 mm
330 mm
AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO HIDROPÓNICO BASADO EN EL CONTROL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y NIVEL DE LÍQUIDO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA
Tipo : Proyecto de Implementación
Universidad Católica de Santa María
Hidroponia Urbana Saludable Green
HUS GREEN
Ubicación de elementos

ANEXO 4: DATASHEET DEL SENSOR DE NIVEL TIPO INTERRUPTOR FLOTADOR

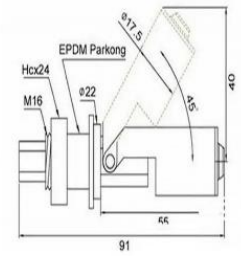
CE ITALY

Series F Horizontal and Vertical Mount Level Switches

Specifications - Installation and Operating Instructions

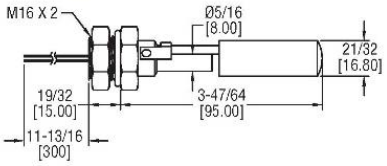


F6-HPS-15



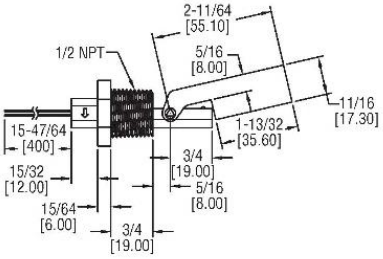


F6-MHS



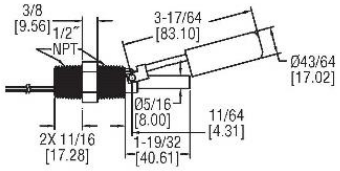


F6-HPS-21



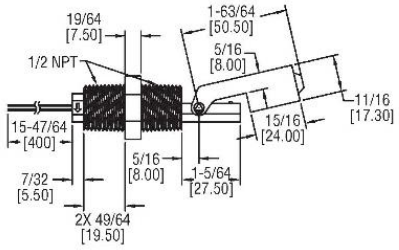


F6-MHS2



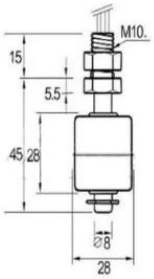


F6-HPS-31





F6-SS



Series F6 Level Switches provide a simple, inexpensive control of the liquid level within a tank. Switch ratings are suitable for many solid-state control systems and monitors or alarms. Simple relay interfaces can be used for higher current applications. Hermetically sealed reed switches are actuated by magnets permanently bonded inside the float and can be easily adapted to open or close a circuit on rising or falling levels.

SPECIFICATIONS
Service: Compatible liquids.
Wetted Materials: See model table.
Temperature Limit:

.

Enclosure Rating: General purpose.
Switch Type: SPST Hermetically sealed reed switch, reversible for N.O. or N.C.
Electrical Rating: 20VA: 0.17A @ 120VAC, 0.08A @ 240 VAC.
Electrical Connections: 22 AWG
Process Connection:
Mounting Orientation:

ANEXO 5: DATASHEET DE LA SONDA DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO

XNQ Electric Company Store

Elige el tipo de conector que necesitas o el tipo y por defecto.



Segundo. Electrodo de estructura.



Tres. Electrodo de opciones de conector.

Elige el tipo de conector que necesitas o el tipo y por defecto.

Cuatro. Electrodo de instalación.









Si se proporciona procesamiento personalizado	Ser	**Las marcas**	
Modelo	H-101	**Tipo de**	Electrodo de pH
Pantalla	Sin pantalla	**Tipo de sonda**	Moldeado OD28
Rango de medición	0-14pH	**Precisión**	0.01pH
Compensación de temperatura Rango de	0 - 100℃	**Temperatura de funcionamiento**	0 - 80℃

Características:
La baja impedancia del electrodo está hecha de película sensible al vidrio, se puede aplicar a varias condiciones SPH.Medición con respuesta rápida, características de estabilidad térmica; Tiene buena reproducibilidad, fácil hidrólisis, eliminando básicamente el error alcalino;0 ~ 14PHRango lineal de valores potenciales,Ag / AgclPuente de sal de Gel electrolítico con el sistema de referencia que consiste en un potencial de media célula estable y excelente rendimiento anticontaminación, obstrucción de la membrana de PTFE de anillo, con especies domésticas y extranjerasPHInstrumento directamente el apoyo a la
Ámbito de aplicación
1. El electrodo se puede utilizar junto con una variedad de medidor de pH.
2. El electrodo utiliza el modo terminal, con una rosca estándar de 3 /4 pulgadas.
3. La vida útil del electrodo es normal durante un año, debido a un ambiente deficiente o un mantenimiento incorrecto acortará la vida útil del electrodo.
Mantenimiento
1, la medición debe estar en agua destilada (o agua desionizada) lavar y secar con la humedad del papel de filtro, evitar que las impurezas entren en la solución de prueba
Los electrodos y la bombilla de unión de líquido deben estar completamente sumergidos en el fluido de prueba.
2. El electrodo cuando no se lava, inserte más una manga protectora solución de cloruro de potasio de 3,5 M, o agregado con electrodo de cloruro de 3,5 M insertado.
Potasio solución contenedor
3. Compruebe que los terminales de cableado estén secos, si está sucio, por favor limpie con etanol, seco antes de usar.
4. Para evitar la inmersión a largo plazo en agua destilada o solución proteica, y para evitar el contacto con grasa de silicona.
5. El uso de electrodo más largo puede convertirse en una película de vidrio transparente o en sedimento de transporte, esta vez se puede lavar con ácido clorhídrico y.
Enjuagar con agua
6. Se recomienda limpiar una vez al mes, así como el electrodo contador con calibración del instrumento.
7. Cuando se usa el método anterior para el mantenimiento y reparación del electrodo, no se puede corregir cuando se toman los procedimientos y la determinación normales, lo que indica que el electrodo ya no está.
Respuesta de recuperación de Francia, reemplaza el electrodo.
Rango de medición: 0-14pH
Rango de temperatura: 0-80
Presión: 0,6 mp dimensiones de montaje: arriba y abajo 3/4NPTPipe thread
Material: modo de conexión: cable de bajo ruido conduce directamente

BHT-D TYPE PH VALUE AND TEMPERATURE TRANSMITTER MANUAL

I. OVERVIEW

BHT-D type PH value and temperature transmitter adopts dual high-resistance three-electrode system. Electrode loose alarm, electrode good or bad alarm during calibration, power failure protection (can keep calibration results and preset data from shutdown or power failure and lost), over-current protection, over-voltage protection, high measurement accuracy, fast response, long service life and so on. The user-friendly online one-button calibration function is convenient for users to periodically calibrate and correct the electrode, combined with temperature compensation and power failure protection. Protection function, can effectively complete the process of conversion, processing and other measurement data. The product is small in size, light in weight, easy to install and maintain, and has standard industrial signal output (0-5V, 0-10V, 4-20MA, ModbusRTU485) can meet all kinds of real-time monitoring equipment on site. The product is convenient to connect with various control equipment and display instruments, and realize online monitoring of PH value and temperature status. This product is extensive. It is used in various occasions where pH value and temperature need to be measured and controlled.

II. APPLICATION

This product is suitable for: electroplating, fermentation, food processing, sewage treatment, metallurgy, environmental protection and other occasions.

III. TECHNICAL PARAMETERS

Technical Parameters	Parameter value
Temperature measurement	range-20 ℃ ～ + 80 ℃
Temperature measurement accuracy	± 0.5 ℃
Measuring pH range	0.0 ～ 14.0PH
PH measurement accuracy	± 0.01PH
Power supply	DC: 12V ～ 24V
Signal output	DC: 0−5V / 0−10V / 4-20mA / ModbusRTU485
Load Resistance	Voltage output: R load ≥10KΩ Current output: R load≤ (Uvcc-3) /0.02 ohm
Power consumption	<1W
Storage conditions	10-50 ℃ (-20- + 80 ℃ peak) 20-60% RH
Use environment	-20 ℃ ～ + 80 ℃ (PH can only test solutions above 0 degrees)
Dimensions	65 × 46 × 28.5mm³

IV. MODEL DESCRIPTION

Serial number model Parameter description (temperature transmission range can be customized, default -20- + 80 °C)

1. BHT-D / V05 PH temperature integrated, 0-5V output.
2. BHT-D / V10 PH temperature integrated, 0-10V output.
3. BHT-D / I PH temperature integrated, 4-20mA output.
4. BHT-D / RS485 PH temperature integrated, ModbusRTU485 output

V. TRANSMITTER CALIBRATION AND ELECTRODE QUALITY DETECTION

A. Prepare the calibration solution (Use the CO2-free distilled water at about 25 ℃ to prepare PH4.00 and PH9.18 calibration solutions)

1. Wash two 250ml measuring cups with CO2-free distilled water, and mark PH4.00 and PH9.18 on the outside of the two measuring cups.
2. Place the PH4.00 buffer powder in the measuring cup marked as PH4.00 in step 1.
3. Rinse the inner wall of the plastic bag with a small amount of CO2-free distilled water, pour it into the corresponding measuring cup, and then dilute to 250ml with CO2-free distilled water. Degrees, shake well and set aside.
4. Place the pH9.18 buffer powder in the measuring cup marked with PH9.18 in step 1.
5. Rinse the inner wall of the plastic bag with a small amount of CO2-free distilled water and pour into the corresponding measuring cup, then dilute to 250ml with Degrees, shake well and set aside.

Note: Because the temperature compensation range in the calibration state is limited, the temperature of the CO2-free distilled water used for the calibration solution is best controlled. Around 25 ° C! If the configured calibration solution needs to be reused, please keep it sealed, and it can only be used if the calibration solution is not contaminated. To reuse!

B, Calibration transmitter (Step calibration process is not executed as long as 9, by pressing a calibration button can be used to terminate the current verification process in advance, the final After that, the sensor also works with the parameters of the last successful calibration).

1. Clean the electrode and temperature sensor with clean water and wipe dry with a soft paper towel.
2. Connect the transmitter power, PH electrode and temperature sensor correctly.
3. Immerse the electrode and temperature sensor into the prepared pH 4.00 calibration solution at the same time.
4. Press and hold the calibration button until the calibration indicator lights up yellow, then release the button.

5. Quickly press the calibration button twice until the calibration indicator flashes red. At this time, the transmitter enters the process of calibration PH4.00.
6. (The duration of this process is 30 seconds.) After the calibration, the calibration indicator is always red. After the calibration indicator is always red, remove the PH electrode and temperature sensor from the pH 4.00 calibration solution, and then use water to. The electrode and temperature sensor are cleaned and wiped with a soft paper towel (this process does not require the electrode and temperature sensor to be removed from the transmitter (Removed), removing the pH electrode or temperature sensor before the calibration process has ended normally will cause the calibration process to end prematurely, and Do not save this calibration data!
7. Immerse the electrode and temperature sensor into the prepared pH9.18 calibration solution at the same time.
8. Quickly press the calibration button once. At this time, the calibration indicator flashes green, and the transmitter enters the process of calibration PH9.18 (this The duration of the process is 30 seconds. After the calibration, the calibration indicator will be solid green for 20 seconds, and then blink yellow for 20 seconds to indicate that it is about to come. Save the calibration data.
9. the electrode and temperature probe looseness, good and bad detection (automatic judgment) and data storage: If the temperature probe or electrode is damaged, loose or the electrodes do not match during the calibration, the calibration indicator is red and green. The color flashes alarm alternately. After blinking for 20 seconds, the indicator goes out. This round of calibration is over. The data of this round of calibration is not saved. During the calibration process, if the electrodes and temperature probes are tested without fault, the transmitter will automatically store the data of the current calibration, The quasi-indicator light is always yellow for 20 seconds, and the current round of calibration is over. If the electrode or temperature probe is loose during normal use, the calibration indicator will flash red and green alternately.
10. .The current calibration process is not performed until the data saving process in step 9 can be performed by long pressing the calibration button until the calibration. The yellow light flashes once and then goes out to terminate the calibration process in advance.

VI. REPAIR AND MAINTENANCE

1. The electrode is cleaned every two weeks, depending on the condition of the water sample.
2. Calibrate the transmitter periodically with a calibration solution, once a month. Depending on the condition of the water sample.

3. When the sensor output stabilization time is too long (usually the stabilization time is less than 10 seconds) or the sensor response is slow, Clean the electrode with 0.1mHCL regeneration solution.
4. If the transmitter cannot be calibrated, if you replace it with a new electrode and still cannot successfully calibrate, please contact our company.

VII. WIRING INSTRUCTIONS

• Temperature output T / B	1	Temperature load or meter
• Ground GND	2	12 – 24VDC power negative
• PH output H / A	3	PH load or meter
• Power VCC	4	12 – 24VDC positive pole

Attention: The voltage or current output mode has been configured according to the requirements of the customer when ordering. The customer needs to carefully check the matching of the output signal with the collector or instrument port when wiring, such as changing the signal mode, The transmitter power supply must be powered off to avoid damage (especially the voltage output cannot be connected to the current sampling terminal, it is likely that Will cause IC damage); Before connecting the power supply to the transmitter, the customer should carefully check whether the wiring is correct and avoid human damage. (Such as Incorrect connection may cause the internal components of the transmitter to burn out and affect normal use).

VIII. INSTALLATION METHOD

1. Fix the transmitter with M5 screws through the two holes on the left and right sides of the housing or the holes on the top of the red pin.
2. Guide rail installation.

IX. MATTERS NEEDING ATTENTION

1. Turn off the power when installing and replacing. Check whether the leads are correct before connecting the power.
2. Please store in a dry environment when not used for a long time.
3. Some functional indicators of the product may be modified, and the indicators on the product identification shall prevail.
4. The warranty period is 12 months. During the warranty period, non-artificial products will be used normally.

ANEXO 6: DATASHEET DEL TRANSDUCTOR DE LA SONDA DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y SENSOR DE TEMPERATURA

Guangzhou Logoele Electronics Tec...
Manufacturer,Buying Office,Distributo

Product Description

Overview

Quick Details

Warranty:	1 year	Type:	PH Transmitter
Customized support:	OEM, ODM	Place of Origin:	Guangdong, China
		Brand Name:	LOGOELE
Model Number:	D144-A	Supply Voltage:	DC 12-24V
Signal output:	0-5V 0-10V 4-20mA RS485	Temperature range:	-20°C~+80°C
PH range:	PH 0-14		

Packaging & Delivery

Selling Units:	Single item
Single package size:	13X8X9 cm
Single gross weight:	0.500 kg
Package Type:	There are anti-static bag packaging, pearl cotton protection products, outside the carton packaging

Lead Time:

Quantity(pieces)	1 - 100	101 - 1000	>1000
Est. Time(days)	7	20	To be negotiated

Welcome to Logoele !

Due to the variety of products, it is impossible to upload all products to the Internet. If you can't find the products you want, you can contact online customer service.

- **One-stop sensor supplier**
- **Support OEM and ODM**
- **Stable supply of high volume products**
- **The more the quantity, the cheaper the price**
- **After-sale technical service support**

Main products: temperature and humidity sensor, gas sensor, water quality sensor, liquid level sensor, dust sensor, illuminance sensor, ultrasonic sensor, laser sensor, infrared sensor, current sensor, relay module, development board, communication module, electronic module, power module , other accessories, etc.

Product Description



Product Description



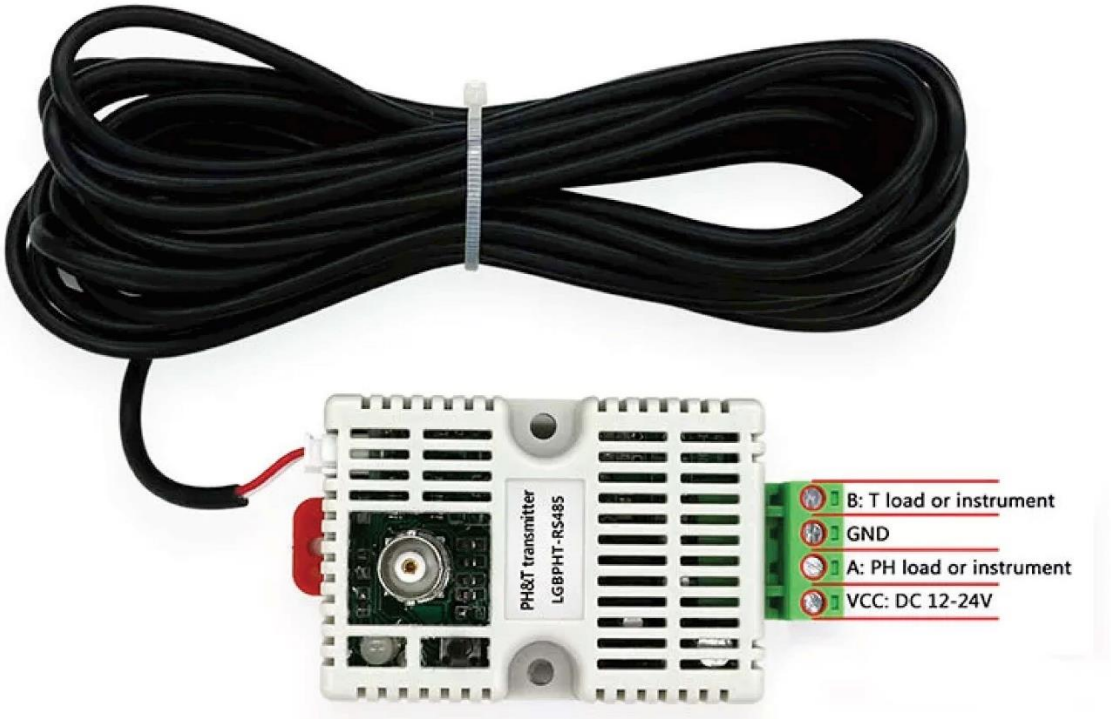
Detection Type	Temperature & PH
Supply Voltage	DC 12-24V
Output Mode	0-5V or 0-10V or 4-20MA or RS485 **(Default shipping specifications: RS485)**
Temperature range	-20℃~+80℃
Temp accuracy	±0.5°C (25°C/60%RH)
PH range	0.0~14.0PH
PH accuracy	±0.1PH

Load resistance	Voltage output: R load ≥10KΩ Current output: R load ≤(Uvcc-3)/0.02Ω
Power waste	1W (power supply ripple is less than 50mV)
Storage conditions	10-50°C (-20~80°C peak), 20-60% RH
Operating environment	-20°C~+80°C








PH&T transmitter
LGBPHT-RS485
B: T load or instrument
GND
A: PH load or instrument
VCC: DC 12-24V

ANEXO 7: DATASHEET DE LA SONDA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

XNQ Electric Company Store

DESCRIPCIÓN



Cable de conexión:

Blanco:Pin A de conductividad
Amarillo: pin de conductividad B
Rojo: NTC 10kTermistor NTC
Negro:Termistor NTC GND


XIN NUO QI
High Quality
Great Service
https://www.aliexpress.com/store/437150
Store No.437150
CN1501541594

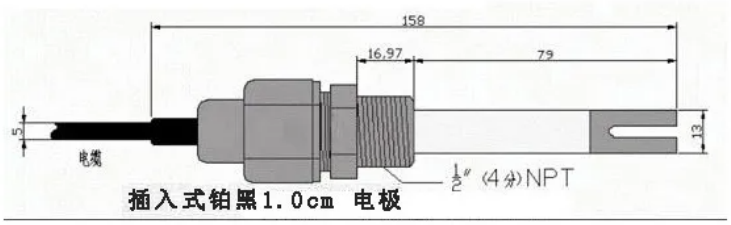

XIN NUO QI
High Quality
Great Service
Store No.437150
CN1501541594


XIN NUO QI
High Quality
Great Service
Store No.437150
CN1501541594


High temperature cable
https://www.aliexpress.com/store/437150
Store No.437150


Store No.437150


XIN NUO QI
High Quality
Great Service
158
16.97
79
https://www.aliexpress.com/store/437150
Store No.437150
工业插入式 1.0铂黑电导率电极
CN1501541594



Debido a que el electrodo de PH en el entorno de medición es vulnerable a la contaminación, causa la señal del electrodo afectada, para garantizar que el sensor de PH pueda usarse normalmente durante mucho tiempo,Por lo general, necesita hacer una corrección de forma regular a través de la calibración del transductor (una vez al mes)...Dependiendo de las muestras de agua del ciclo de calibración específico.

Calibración del transductor y detección de calidad del electrodo

1. El electrodo con agua destilada sin CO2 limpia en seco y tejidos blandos.
2. Conectó correctamente la potencia del transmisor y el electrodo.
3. Mantenga presionado el botón de calibración se ilumine de calibración hasta que el indicador de color amarillo, luego afloje el botón.
4. Botón de calibración rápida, calibración dos veces hasta que la luz roja parpadea, el transmisor en el proceso de calibración cero.
(Este proceso dura 30 segundos), después de la luz de calibración normalmente está en rojo.
5, luz indicadora de calibración roja en el líquido estándar preparado después de estar normalmente en los electrodos, el rango diferente y el líquido estándar correspondiente es el siguiente:
Rango de 0-440 uS correspondiente al líquido estándar: 146,5 uS/cm
Una escala de 0-4400 para nosotros y el fluido estándar correspondiente: 0-2000 partes por millón (PPM) Rango 1413 US/cm
Rango de 0-44000 US correspondiente al líquido estándar: 12,88 mS/cm
6. Botón rápida una vez que el indicador de calibración se ilumina en verde, transmisor en el proceso estándar de calibración
(Este proceso dura 30 segundos), después de que el indicador de calibración se encienda en verde normalmente en 20 segundos, y luego haga que el amarillo parpadee 20 segundos para guardar los datos de calibración.
7. Inspección de calidad del electrodo (automática) y datos:
Si el electrodo se daña en el proceso de calibración, el electrodo no coincide, las luces rojas y verdes de calibración parpadean la alarma, las luces intermitentes se apagan, 20 segundos después del final de la calibración, los datos de calibración no se guardan.
Si el electrodo no tiene problemas, durante el proceso de calibración el transmisor se almacena automáticamente en este momento de los datos de calibración, la luz amarilla de calibración normalmente está encendida 20 segundos, el final de la calibración.

ANEXO 8: DATASHEET DEL TRANSDUCTOR DE LA SONDA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Alvin Instrument

DESCRIPCIÓN



DESCRIPTION

El transmisor en tiempo real tiene calibración de un botón, compensación automática de temperatura, alarma de estado de funcionamiento del electrodo durante la calibración (si el eclectrode es incorrecto o dañado, las luces rojas y verdes parpadean alternativamente),. Protección de apagado (el resultado de la calibración y los datos preestablecidos no se perderán debido al apagado o falla de energía), protección contra sobrecorriente, protección contra sobretensión, Alta precisión de medición, respuesta rápida y larga vida útil. El producto es de tamaño pequeño, ligero, fácil de instalar y mantener, y salida de señal industrial estándar (0-5V, 0-10V, 4-20MA, ModbusRTU485 optioal),. Puede satisfacer las necesidades de conexión in situ de varios equipos de monitoreo en tiempo real. El producto es conveniente para conectar con varios dispositivos de control e instrumentos de visualización para realizar el monitoreo en línea del estado EC y TDS. Este producto es adecuado para: galvanoplastia, fermentación, procesamiento de alimentos, tratamiento de aguas residuales, metalurgia, protección del medio ambiente y otras ocasiones.

DETAILED INFORMAITON

Especificación

EC range	Optional: 2200μs/cm; 4400μs/cm; 15000μs/cm; 22000μs/cm; 44000μs/cm
EC accuracy	≤±2%FS
TDS range	Optional: 0～1000ppm; 0～2000ppm
TDS accuracy	≤±2%FS
Power supply	12～24V DC
Output	Optional: 0-5V;0-10V; 4-20mA; RS-485(Modbus RTU)
Load resistance	Voltage output: R load ≥ 5KΩ Current output: R load ≤(Uvcc-3)/0.02Ω
Power consumption	<1W
Storage conditions	10～50℃(-20℃～+80℃ peak) 20～60%RH
Working conditions	0～100℃
Dimension	65mm×46mm×28.5mm (transmitter)

Atención: deje un mensaje con el rango y el tipo de salida necesarios al realizar el pedido. Si no hay mensaje, ¡enviaremos 2200us/cm y RS485 salida por defecto!

Conexión de cables:





La relación entre la señal analógica lineal y la cantidad física correspondiente:
Salida de 0-5V: cantidad física = rango correspondiente x voltaje de salida de detección/5,0;
Salida de 0-10V: cantidad física = rango correspondiente x voltaje de salida de detección/10,0;
Salida de 4-20mA: cantidad física = rango correspondiente x (corriente de salida de detección-4,0)/16,0;

Por ejemplo: bajo 0-5V de salida en el rango de 4400uS/cm, si el voltaje de salida del sensor es 3V, entonces el valor EC correspondiente es el siguiente:
Valor EC = 4400uS/cm x voltaje de salida de detección/5,0
= 4400uS/cm x 3,0/2640uS 5,0 =/cm
Por ejemplo: bajo la salida de 4-20mA en el rango de 2000ppm, si la corriente de salida del sensor es de 12mA, entonces el valor TDS correspondiente es el siguiente:
Valor TDS = 2000ppm x (corriente de salida de detección-4,0)/16,0
= 2000ppm x (12,0-4,0)/16,0 = 1000ppm

REFUND AND RETURN

1. All the products we are selling include factory warranty, don't cover items that have been abused, burned and damaged in any form.
2. Please contact us via email if you have NOT received item in 35 days, we will check it with post office, and then resend or refund any missing item. if you chose egular air mail without tracking no., please contact us after 40 days if you don't receive the item.
3. If you have a defective item, you want to return or discount. Please contact us within 2 days from you receive the shipment. All return items must be returned with it's original packaging and accessories. we will refund the money to you when we get the return items, Or replace item for you. Please contact me before you return it, or we don't responsible for return shipping fees.
4. If item defective in 3 month, We will send you a replacement without extra charger, or offer refund after we receive the defective item.

If item defective after 3 month, you can still send it back to us. We will send you a new one after receiving the defective item. But you have to pay the extra shipping fee.

We will deal with the refund in 2 business days when we get the info from you.

ANEXO 9: DATASHEET DE LA ELECTROVÁLVULA

1688 SUNLEPHANT官方旗舰店 品牌：SUNLEPHANT 货描 4%↑ 响应 7%↑ 发货 6%↓ 回头率 32%

Shenzhen Global Technology Co., Ltd

Electric Solenoid Valve 220VAC

Model: FCD-180B / 170066

20mm Solenoid valve AC220V work under mais water pressure

Primary technical indexes and notices of the product:

1. The working environmental conditions of the low-pressure electromagnetic inlet valve

1.1 The elevation about sea level should be less than 2,500 meter.

1.2 The surrounding environmental temperature should be between 0°C and 40°C.

1.3 Relative air humidity should be below 95% (the temperature is 25°C).

2. Type and rated technical parameter

2.1 Type: guiding (single direction) solenoid valve (packless valve or solenoid valve)

2.2 Nominal voltage: AC220V

2.3 Rated current: 12V-300MA/24V-220MA/

2.4 Way of working: short-time rating (intermittent working period)

2.5 Insulation grade: E grade insulation

2.6 Fluid: (0-55°C) water

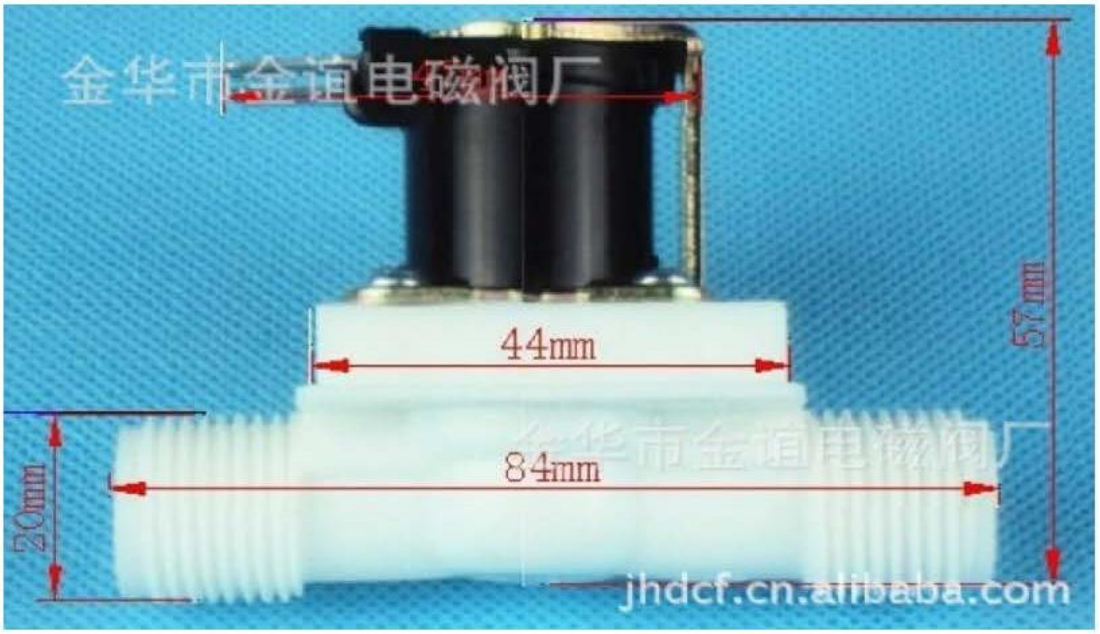
2.7 Water pressure: 0.02-0.8Mpa

2.8 Features of water flow:

Water pressure

(Mpa)	Std. factory (L/min)	domestic (L/min)
0.02	> 5	>3
0.1	>11	>8
0.3	>18	>13
0.8	>32	>25

2.9 Longevity: over 100,000 times



ANEXO 10: DATASHEET DE LA MINI BOMBA SUMERGIBLE



Descripción

Está mini bomba es totalmente sumergible y muy funcional para aplicaciones donde requieras extraer agua. Puede funcionar con un rango de tensión de 2.5 a 6 VCD. Permite tener un flujo de hasta de dos litros de agua por minuto (80-120 l/h).

Internamente está conformado por un motor DC de 800mA, además con su hélice te permitirá impulsar el agua que recibe en la entrada, obteniendo a la salida una presión aún mayor.

El motor eléctrico viene incluido en sus terminales unos capacitores cerámicos 104 que los permitirán mejorar la estabilidad de voltaje en el circuito. Pues previene picos y el ruido eléctrico que la fuente de tensión puede generar.

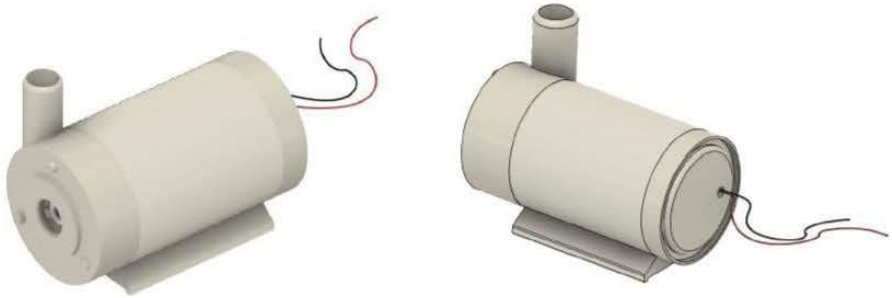


Imagen-.1

Especificaciones técnicas

- Voltaje de trabajo: 2.5 – 6 VCD
- Altura Bombeo máximo: 0.4 – 1.1 metros
- Caudal Bombeo máximo: 80-120 l/H
- Corriente: 800mA
- Potencia: 0.4 -1.5 W
- Horas de trabajo continuo: 500 horas
- Longitud cable: 20 cm
- No cuenta con manguera
- SKU: AR0366
- Color: Amarillento
- Dimensiones: 45x34x23 aproximadamente

Aplicaciones

- Filtros o flujo de acuarios o peceras pequeñas (máx 100 litros)
- Cascadas o fuentes
- Regaderas de pasto

Dimensiones Bomba de Agua Sumergible

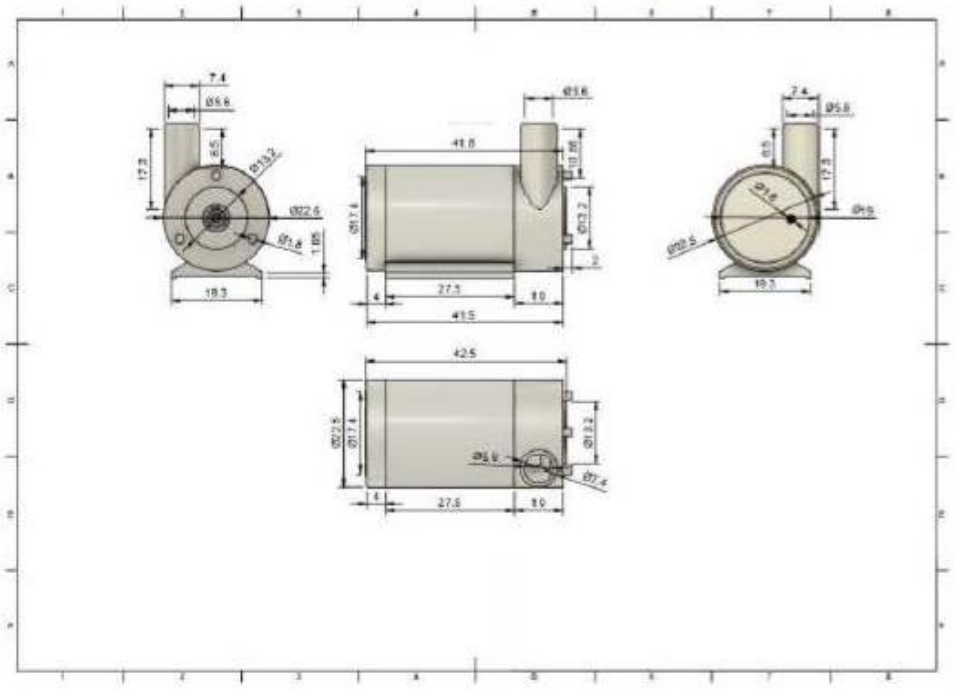


Imagen-.2

Dimensiones del motor DC

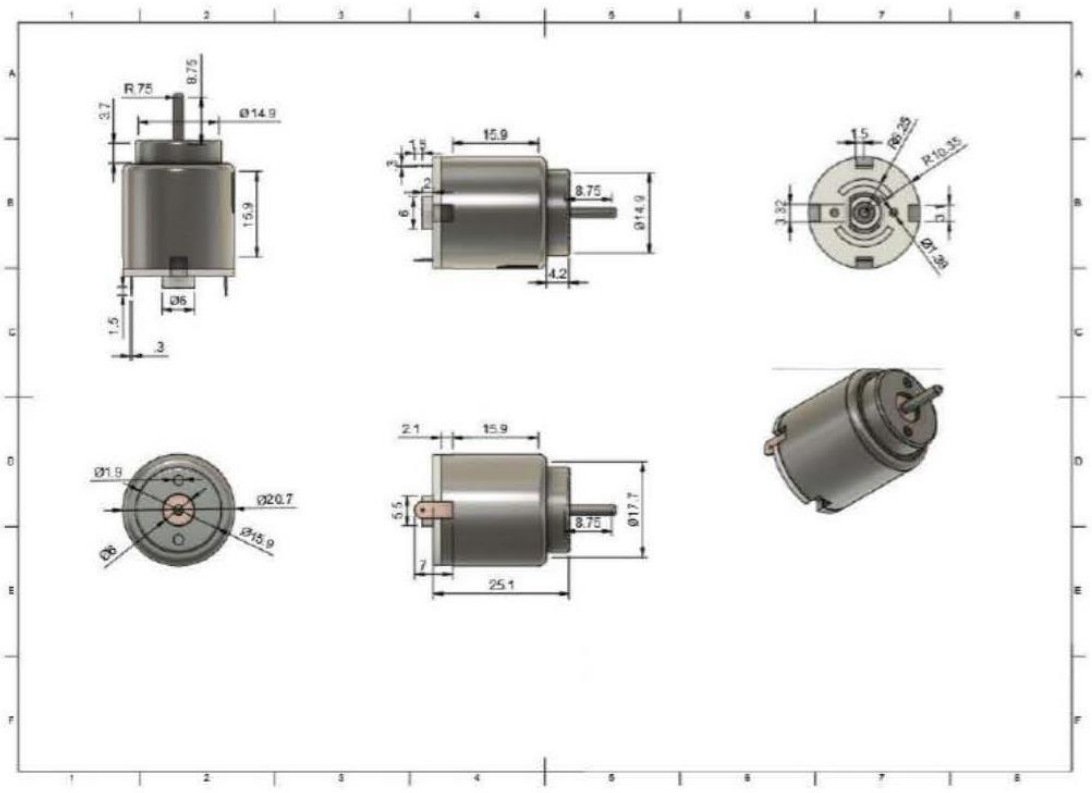


Imagen-.3

Elementos de la bomba de agua sumergible



Imagen-. 4

ANEXO 11: DATASHEET DEL PLC LOGO

SIEMENS

Hoja de datos **6ED1052-1MD08-0BA0**

LOGO! 12/24RCE, mód. lógico, disp



Figura similar

Display	
Con display	Sí
Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 12 V DC	Sí
• 24 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	10,8 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Hora	
Programadores horario	
• Cantidad	400; Máx. 400, según la función
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8; de ellas, 4 aptas como E analógicas (0 a 10 V)

Sujeto a cambios
© Copyright Siemens

Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Intensidad de salida	
• para señal "1" rango admisible para 0 a 55 °C, máx.	10 A
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección según EN 60529	
• IP20	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí
Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	-20 °C; Sin condensación
• máx.	55 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Alto	90 mm
Profundidad	60 mm
Última modificación:	14/03/2020

© Copyright Siemens

ANEXO 12: DATASHEET DE PORTA FUSIBLE

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Portafusible TeSys DF - 10x38mm

DF101

Principal

Gama	TeSys
Nombre del producto	TeSys DF
Tipo de producto o componente	Portafusible
Nombre corto del dispositivo	DF10
Compatibilidad del producto	DF2CN percutor del cartucho de fusibles DF2EA percutor del cartucho de fusibles
Número de polos	1P
Tamaño de fusible	10 x 38 mm
Tipo de fusible	, aM , gG
Tipo de control	Maneta bloqueable
Categoría de utilización	AC-21 acorde a valores instantáneos y de demanda DC-21A acorde a valores instantáneos y de demanda
[Ue] tensión asignada de empleo	690 V CA 690 V DC
[Ie] corriente asignada de empleo	32 A en 400 V CA
[Ith] corriente térmica convencional	32 A en <20 °C
[Ui] tensión asignada de aislamiento	690 V CA
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 kV
Categoría de sobretensión	III
Resistencia a cortocircuitos	120 kA 400 V acorde a valores instantáneos y de demanda 120 kA 500 V acorde a valores instantáneos y de demanda
Potencia disipada en W	3 W longitud máxima recomendada del tubo: 12,5 pies

Complementario

Normas	Es decir> = 10 mA EN/IEC 60269-2 UL 4248-1 CSA C22.2 No 4248-1 EN 45545-2, estado 1 R22 HL2
Certificaciones de producto	IEC Reconocido por UL CSA CCC

	EAC DNV-GL
Tipo de montaje	Carril DIN simétrico de 35 mm
Posición de montaje	Vertical (tolerancia: +/- 23°)
Conexiones - terminales	Terminales de fijación por tornillo 1 cable(s) 1…16 mm²rígido Terminales de fijación por tornillo 2 cable(s) 1…6 mm²rígido Terminales de fijación por tornillo 1 cable(s) 1…16 mm²Flexible with or without Terminales de fijación por tornillo 2 cable(s) 1…6 mm²Flexible with or without
Par de apriete	2.2 N.m - con destornillador PZ2 2.2 N.m - con destornillador plano 5,5 mm Ø
Altura	79.5 mm
Ancho	17.5 mm
Profundidad	61 mm
Peso neto	0.042 kg
Cantidad por juego	Juego de 12

Entorno

Temperatura ambiente	-40…70 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-40…70 °C con reducción de la temperatura
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Grado de protección IP	IP20
Grado de contaminación	3
Resistencia al fuego	960 °C acorde a IEC 60695-2-1
Código de compatibilidad	DF10

Unidades de embalaje

Tipo de Unidad de Paquete 1	PCE
Número de Unidades en el Paquete 1	1
Paquete 1 Peso	44.0 g
Paquete 1 Altura	1.7 cm
Paquete 1 ancho	6.2 cm
Paquete 1 Largo	8.0 cm
Tipo de Unidad de Paquete 2	BB1
Número de Unidades en el Paquete 2	12
Paquete 2 Peso	566.0 g
Paquete 2 Altura	7.0 cm
Paquete 2 Ancho	8.5 cm
Paquete 2 Largo	22.2 cm
Tipo de Unidad de Paquete 3	P06
Número de Unidades en el Paquete 3	1536
Paquete 3 Peso	92.16 kg
Paquete 3 Altura	77.0 cm
Paquete 3 Ancho	60.0 cm
Paquete 3 Largo	80.0 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACh	Declaración de REACh
Conforme con REACh sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months

ANEXO 13: DATASHEET DE PILOTO LUMINOSO

Hoja de características del producto

Especificaciones



Harmony XB4 - Piloto luminoso led 230v verde

XB4BVM3

Principal

Gama de producto	Harmony XB4
Tipo de producto o componente	Piloto luminoso
Nombre corto del dispositivo	XB4
Material del bisel	Metal cromado plateado
Material del anillo fijación	Zamak
Diámetro de montaje	22 mm
Tipo de cabeza	Estándar
Se vende en cantidades indivisibles	1
Forma de la cabeza de señalización	Circular
Tapa/Cabeza o color de la lente	Verde
Información adicional del operador	Con lente lisa
Fuente de luz	Universal LED
Base de bombilla	LED integrado
Color de la fuente de luz	Verde
[Us] tensión de alimentación asignada	230...240 V AC 50/60 Hz

Complementario

Altura	47 mm
Anchura	30 mm
Profundidad	54 mm
Descripción terminales iso n°1	(X1-X2)PL
Peso del producto	0,08 kg
Resistencia a lavados de alta presión	7000000 Pa en 55 °C, distancia: 0,1 m
Conexiones - terminales	Bornas tornillo, <= 2 x 1.5 mm² con terminal acorde a EN/IEC 60947-1 Bornas tornillo, 1 x 0,22-2 x 2,5 mm² sin terminal acorde a EN/IEC 60947-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	250 V (grado contaminación 3) acorde a EN 60947-1

[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV acorde a EN 60947-1
Tipo de señalización	Fijo
Consumo de corriente	14 mA
Vida	100000 H a tensión nominal y 25 °C
Resistencia a sobretensiones	1 kV acorde a IEC 61000-4-5
Presentación del dispositivo	Producto completo
Límites de tensión de alimentación	195…264 V AC

Entorno

Tratamiento de protección	TH
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40…70 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-40…70 °C
Clase de potección contra descargas eléctricas	Clase I acorde a IEC 60536
Grado de protección IP	IP66 acorde a IEC 60529 IP67 JIS C8201-1 IP69K
Grado de protección nema	NEMA 13 NEMA 4X
Grado de protección IK	IK06 acorde a IEC 50102
Normas	JIS C8201-5-1 CSA C22.2 No 14 EN/IEC 60947-5-5 EN/IEC 60947-5-1 UL 508 EN/IEC 60947-5-4 EN/IEC 60947-1 JIS C8201-1
Certificaciones de producto	CSA Registrado por UL
Resistencia a las vibraciones	5 gn (f = 12…500 Hz) acorde a IEC 60068-2-6
Resistencia a los choques	30 gn (duración 18 ms) para aceleración de media onda sinusoidal acorde a IEC 60068-2-27 50 gn (duración 11 ms) para aceleración de media onda sinusoidal acorde a IEC 60068-2-27
Resistencia a transitorios rápidos	2 kV acorde a IEC 61000-4-4
Resistencia a los campos electromagnéticos	10 V/m acorde a IEC 61000-4-3
Resistencia a descargas electroestáticas	6 kV en contacto (en piezas metálicas) acorde a IEC 61000-4-2 8 kV en aire libre (en piezas aislantes) acorde a IEC 61000-4-2
Soporte de sujeción de cables	Clase B acorde a IEC 55011

Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	80 g
Paquete 1 Altura	3,4 cm
Paquete 1 ancho	5,4 cm
Paquete 1 Longitud	8,8 cm
Tipo de unidad del paquete 2	BB1

Número de unidades en el paquete 2	5
Peso del paquete 2	402 g
Paquete 2 Altura	8,7 cm
Ancho del paquete 2	3,4 cm
Longitud del paquete 2	26,6 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	150
Paquete 3 Peso	12,476 kg
Paquete 3 Altura	30 cm
Ancho del paquete 3	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACh	Declaración de REACh
Conforme con REACh sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE) Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Información Logística

País de Origen	ES

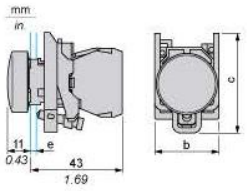
Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months

Hoja de características del producto XB4BVM3

Esquemas de dimensiones

Dimensiones

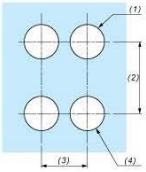
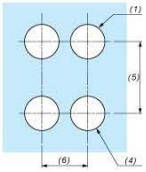


e: espesor de sujeción: de 1 a 6 mm (de 0.04 a 0.24 in)
b: 30 mm (1.18 in)
c: 46,5 mm (1.83 in)

Hoja de características del producto XB4BVM3

Montaje y aislamiento

Recorte de panel para pulsadores, conmutadores y luces de pilotos (orificios terminados, listos para la instalación)

Conexión mediante terminales con tornillo de presión, conectores enchufables o en placa de circuito impreso	Conexión mediante conectores Faston
	

(1) Diámetro en soporte o panel terminado
(2) 40 mm mín. (1.57 in mín.)
(3) 30 mm mín. (1.18 in mín.)
(4) Ø 22,5 mm (0.89 in) recomendado (Ø 22,3 mm $_{0}^{+0,4}$ (0.88 in $_{0}^{+0.016}$)
(5) 45 mm mín. (1.78 in mín.)
(6) 32 mm mín. (1.26 in mín.)

ANEXO 14: DATASHEET DE TERMOMAGNETICO

Hoja de características del producto

Especificaciones



miniature circuit breaker - C60H - 2 poles - 20 A - C curve

A9N61532

Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 C60NA-DC
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	C60H-DC
Aplicación del dispositivo	Para corriente> 0,1 A
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
[In] Corriente nominal	20 A en 25 °C
Tipo de red	Corriente continua
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	10 kA Icu en 440 V corriente continua acorde a HB1 10 kA Icu en 440 V corriente continua acorde a En> 50 A 6 kA Icu en 500 V corriente continua acorde a HB1 6 kA Icu en 500 V corriente continua acorde a En> 50 A 20 kA Icu en 220 V corriente continua acorde a GB 14048.2 20 kA Icu en 220 V corriente continua acorde a En> 50 A 20 kA Icu en 250 V corriente continua acorde a GB 14048.2 20 kA Icu en 250 V corriente continua acorde a En> 50 A
Categoría de empleo	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En> 50 A
Poder de seccionamiento	Sí acorde a En> 50 A Sí acorde a HB1

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	500 V corriente continua
[Ics] poder de corte en servicio	15 kA 75 % acorde a HB1 - 220 V corriente continua 15 kA 75 % acorde a En> 50 A - 220 V corriente continua 15 kA 75 % acorde a HB1 - 250 V corriente continua 15 kA 75 % acorde a En> 50 A - 250 V corriente continua 4,5 kA 75 % acorde a HB1 - 500 V corriente continua 4,5 kA 75 % acorde a En> 50 A - 500 V corriente continua 7,5 kA 75 % acorde a HB1 - 440 V corriente continua 7,5 kA 75 % acorde a En> 50 A - 440 V corriente continua
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V corriente continua acorde a En> 50 A 500 V corriente continua acorde a HB1

[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV acorde a HB1 6 kV acorde a En> 50 A
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicación de encendido/apagado
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Carril DIN simétrico de 35 mm
Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine	Arriba o abajo, estado 1 Estándar
Pasos de 9 mm	4
Peso del producto	0,256 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	3000 ciclos 500 V corriente continua 6000 ciclos 500 V corriente continua
Preparado para candado	Con candado
Descripción de las opciones de bloqueo	En posición O
Par de apriete	Circuito de alimentación, estado 1 2,5 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Sin

Entorno

Normas	HB1 En> 50 A
Grado de contaminación	3 acorde a HB1 3 acorde a En> 50 A
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 acorde a IEC 60068-2
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25…70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40…85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	230,0 g
Paquete 1 Altura	7,5 cm
Paquete 1 ancho	3,5 cm
Paquete 1 Longitud	8,5 cm
Tipo de unidad del paquete 2	P12
Número de unidades en el paquete 2	576
Peso del paquete 2	150,968 kg
Paquete 2 Altura	80,0 cm

Ancho del paquete 2	80,0 cm
Longitud del paquete 2	120,0 cm
Tipo de unidad del paquete 3	BB1
Número de unidades en el paquete 3	6
Paquete 3 Peso	1,416 kg
Paquete 3 Altura	9,0 cm
Ancho del paquete 3	8,0 cm
Paquete 3 Longitud	23,0 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACh	Declaración de REACh
Conforme con REACh sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto

Información Logística

País de Origen	ES

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months

ANEXO 15: DATASHEET DE PULSADOR VERDE

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Pulsador rasante, metalico, Ø 22mm, verde, retorno por resorte, 1NA

XB4BA31

Principal

Gama de producto	Harmony XB4
Tipo de producto o componente	Pulsador
Nombre corto del dispositivo	XB4
Material del bisel	Metal cromado
Material del anillo de fijación	Zamak
Diámetro de montaje	22 mm
Se vende en cantidades indivisibles	1
Forma del cabezal de unidad de señalización	Redondo
Tipo de operador	Retorno de resorte
Perfil del operador	Verde Empotrado,Sin marca
Tipo de cabezal	Estándar
Tipo y composición de contactos	1 NA
Funcionamiento de contacto	Ruptura lenta
Conexiones - terminales	Terminales de fijación por tornillo,<= 2 x 1.5 mm² Con terminal acorde aEN/IEC 60947-1 Terminales de fijación por tornillo,1 x 0,22...2 x 2,5 mm² Sin terminal acorde aEN/IEC 60947-1

Complementario

Altura	47 mm
Ancho	30 mm
Profundidad	52 mm
Descripción de terminales ISO n°1	(13-14)NA
Peso neto	0.08 kg
Resistencia a lavadoras de alta presión	7000000 Pa en55 °C, distancia:0.1 M
Uso de contactos	Contactos estándar
Apertura positiva	Sin
Recorrido de funcionamiento	2.6 mm (NA cambiando estado eléctrico) 4.3 mm (Desplazamiento total)

Fuerza de funcionamiento	3.8 N NA cambiando estado eléctrico
Endurancia mecánica	10000000 ciclos
Par de apriete	0.8…1.2 N.m acorde aEN 60947-1
Forma de la cabeza de tornillo	Cruzado compatible conPhilips nº 1 destornillador Cruzado compatible conPozidriv nº 1 destornillador Con ranuras compatible conplano 4 mm Ø destornillador Con ranuras compatible conplano 5,5 mm Ø destornillador
Material de contactos	Aleación de plata (Ag/Ni)
Protección contra cortocircuitos	10 A Fusible de cartuchos tipogG acorde aEN/IEC 60947-5-1
[Ith] corriente térmica convencional	10 A acorde aEN/IEC 60947-5-1
[Ui] tensión asignada de aislamiento	600 V (grado de contaminación3) acorde aEN/IEC 60947-1
[Uimp] Tensión de impulso asignada (BIL)	6 kV acorde aEN/IEC 60947-1
[Ie] corriente asignada de empleo	3 A en240 V,AC-15,A600 acorde aEN/IEC 60947-5-1 6 A en120 V,AC-15,A600 acorde aEN/IEC 60947-5-1 0.1 A en600 V,DC-13,Q600 acorde aEN/IEC 60947-5-1 0.27 A en250 V,DC-13,Q600 acorde aEN/IEC 60947-5-1 0.55 A en125 V,DC-13,Q600 acorde aEN/IEC 60947-5-1 1.2 A en600 V,AC-15,A600 acorde aEN/IEC 60947-5-1
Endurancia eléctrica	1000000 ciclos,AC-15,2 A en 230 V, ritmo de operación<3600 cyc/h, factor de carga:0.5 acorde aEN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos,AC-15,3 A en 120 V, ritmo de operación<3600 cyc/h, factor de carga:0.5 acorde aEN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos,AC-15,4 A en 24 V, ritmo de operación<3600 cyc/h, factor de carga:0.5 acorde aEN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos,DC-13,0.2 A en 110 V, ritmo de operación<3600 cyc/h, factor de carga:0.5 acorde aEN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos,DC-13,0.5 A en 24 V, ritmo de operación<3600 cyc/h, factor de carga:0.5 acorde aEN/IEC 60947-5-1 anexo C
Fiabilidad eléctrica IEC60947	Λ < 10exp(-6) en5 V y1 mA En entorno limpio acorde a EN/IEC 60947-5-4 Λ < 10exp(-8) en17 V y5 mA En entorno limpio acorde a EN/IEC 60947-5-4
Presentación del dispositivo	Producto completo

Entorno

Tratamiento de protección	TH
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40…70 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-40…70 °C
Categoría de sobretensión	Clase I acorde alEC 60536
Grado de protección IP	IP66 acorde alEC 60529 IP67 IP69 IP69K
Grado de protección NEMA	NEMA 13 NEMA 4X
Grado de protección IK	IK06 acorde alEC 50102
Normas	JIS C8201-5-1 EN/IEC 60947-5-5 UL 508 EN/IEC 60947-1 EN/IEC 60947-5-4 EN/IEC 60947-5-1 CSA C22.2 No 14 JIS C8201-1
Certificaciones de producto	CSA GL BV Registrado por UL DNV LROS

Resistencia a las vibraciones	5 gn (f=2…500 Hz) acorde aIEC 60068-2-6
Resistencia a los golpes	30 gn(duración18 ms) paraAceleración de media onda sinusoidal acorde aIEC 60068-2-27 50 gn(duración11 ms) paraAceleración de media onda sinusoidal acorde aIEC 60068-2-27

Unidades de embalaje

Tipo de Unidad de Paquete 1	PCE
Número de Unidades en el Paquete 1	1
Paquete 1 Peso	79 g
Paquete 1 Altura	3.5 cm
Paquete 1 ancho	5.5 cm
Paquete 1 Largo	8.5 cm
Tipo de Unidad de Paquete 2	S03
Número de Unidades en el Paquete 2	150
Paquete 2 Peso	12.257 kg
Paquete 2 Altura	30 cm
Paquete 2 Ancho	30 cm
Paquete 2 Largo	40 cm
Tipo de Unidad de Paquete 3	P06
Número de Unidades en el Paquete 3	1200
Paquete 3 Peso	106.056 kg
Paquete 3 Altura	75 cm
Paquete 3 Ancho	80 cm
Paquete 3 Largo	60 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACh	Declaración de REACh
Conforme con REACh sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE) Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months

ANEXO 16: DATASHEET DE PULSADOR ROJO

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Pulsador rasante, metalico, Ø 22mm, rojo, retorno por resorte, 1NA

XB4BA42

Principal

Gama de producto	Harmony XB4
Tipo de producto o componente	Pulsador
Nombre corto del dispositivo	XB4
Material del bisel	Metal cromado
Material del anillo de fijación	Zamak
Diámetro de montaje	22 mm
Se vende en cantidades indivisibles	1
Forma del cabezal de unidad de señalización	Redondo
Tipo de operador	Retorno de resorte
Perfil del operador	Rojo Empotrado,Sin marca
Tipo de cabezal	Estándar
Tipo y composición de contactos	1 NC
Funcionamiento de contacto	Ruptura lenta
Conexiones - terminales	Terminales de fijación por tornillo,<= 2 x 1.5 mm² Con terminal acorde aEN/IEC 60947-1 Terminales de fijación por tornillo,1 x 0,22...2 x 2,5 mm² Sin terminal acorde aEN/IEC 60947-1

Complementario

Altura	47 mm
Ancho	30 mm
Profundidad	52 mm
Descripción de terminales ISO n°1	(21-22)NC
Peso neto	0.08 kg
Resistencia a lavadoras de alta presión	7000000 Pa en55 °C, distancia:0.1 M
Uso de contactos	Contactos estándar
Apertura positiva	Con acorde aEN/IEC 60947-5-1 anexo K
Recorrido de funcionamiento	1.5 mm (NC cambiando estado eléctrico) 4.3 mm (Desplazamiento total)

Fuerza de funcionamiento	3.5 N NC cambiando estado eléctrico
Endurancia mecánica	10000000 ciclos
Par de apriete	0.8…1.2 N.m acorde aEN 60947-1
Forma de la cabeza de tornillo	Cruzado compatible conPhilips nº 1 destornillador Cruzado compatible conPozidriv nº 1 destornillador Con ranuras compatible conplano 4 mm Ø destornillador Con ranuras compatible conplano 5,5 mm Ø destornillador
Material de contactos	Aleación de plata (Ag/Ni)
Protección contra cortocircuitos	10 A Fusible de cartuchos tipogG acorde aEN/IEC 60947-5-1
[Ith] corriente térmica convencional	10 A acorde aEN/IEC 60947-5-1
[Ui] tensión asignada de aislamiento	600 V (grado de contaminación3) acorde aEN/IEC 60947-1
[Uimp] Tensión de impulso asignada (BIL)	6 kV acorde aEN/IEC 60947-1
[Ie] corriente asignada de empleo	3 A en240 V,AC-15,A600 acorde aEN/IEC 60947-5-1 6 A en120 V,AC-15,A600 acorde aEN/IEC 60947-5-1 0.1 A en600 V,DC-13,Q600 acorde aEN/IEC 60947-5-1 0.27 A en250 V,DC-13,Q600 acorde aEN/IEC 60947-5-1 0.55 A en125 V,DC-13,Q600 acorde aEN/IEC 60947-5-1 1.2 A en600 V,AC-15,A600 acorde aEN/IEC 60947-5-1
Endurancia eléctrica	1000000 ciclos,AC-15,2 A en 230 V, ritmo de operación<3600 cyc/h, factor de carga:0.5 acorde aEN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos,AC-15,3 A en 120 V, ritmo de operación<3600 cyc/h, factor de carga:0.5 acorde aEN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos,AC-15,4 A en 24 V, ritmo de operación<3600 cyc/h, factor de carga:0.5 acorde aEN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos,DC-13,0.2 A en 110 V, ritmo de operación<3600 cyc/h, factor de carga:0.5 acorde aEN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos,DC-13,0.5 A en 24 V, ritmo de operación<3600 cyc/h, factor de carga:0.5 acorde aEN/IEC 60947-5-1 anexo C
Fiabilidad eléctrica IEC60947	Λ < 10exp(-6) en5 V y1 mA En entorno limpio acorde a EN/IEC 60947-5-4 Λ < 10exp(-8) en17 V y5 mA En entorno limpio acorde a EN/IEC 60947-5-4
Presentación del dispositivo	Producto completo

Entorno

Tratamiento de protección	TH
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40…70 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-40…70 °C
Categoría de sobretensión	Clase I acorde alEC 60536
Grado de protección IP	IP66 acorde alEC 60529 IP67 IP69 IP69K
Grado de protección NEMA	NEMA 13 NEMA 4X
Grado de protección IK	IK06 acorde alEC 50102
Normas	EN/IEC 60947-5-5 UL 508 CSA C22.2 No 14 EN/IEC 60947-5-4 EN/IEC 60947-1 JIS C8201-5-1 EN/IEC 60947-5-1 JIS C8201-1
Certificaciones de producto	LROS (Lloyds registro de envío) GL BV CSA DNV Registrado por UL

Resistencia a las vibraciones	5 gn (f=2…500 Hz) acorde alEC 60068-2-6
Resistencia a los golpes	30 gn(duración18 ms) paraAceleración de media onda sinusoidal acorde alEC 60068-2-27 50 gn(duración11 ms) paraAceleración de media onda sinusoidal acorde alEC 60068-2-27

Unidades de embalaje

Tipo de Unidad de Paquete 1	PCE
Número de Unidades en el Paquete 1	1
Paquete 1 Peso	78.9 g
Paquete 1 Altura	3.5 cm
Paquete 1 ancho	5.5 cm
Paquete 1 Largo	8.5 cm
Tipo de Unidad de Paquete 2	P06
Número de Unidades en el Paquete 2	1200
Paquete 2 Peso	106.144 kg
Paquete 2 Altura	75.0 cm
Paquete 2 Ancho	80.0 cm
Paquete 2 Largo	60.0 cm
Tipo de Unidad de Paquete 3	S03
Número de Unidades en el Paquete 3	150
Paquete 3 Peso	12.268 kg
Paquete 3 Altura	30.0 cm
Paquete 3 Ancho	30.0 cm
Paquete 3 Largo	40.0 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACh	Declaración de REACh
Conforme con REACh sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE) Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months

ANEXO 17: DATASHEET DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN

MEAN WELL 50W Single Output Switching Power Supply **LRS-50 series**



■ Features

- Universal AC input / Full range
- Withstand 300VAC surge input for 5 second
- No load power consumption<0.2W
- Miniature size and 1U low profile
- High operating temperature up to 70℃
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
- Cooling by free air convection
- Compliance to IEC/EN 60335-1(PD3) and IEC/EN61558-1, -2-16 for household appliances
- Operating altitude up to 5000 meters (Note.8)
- Withstand 5G vibration test
- High efficiency, long life and high reliability
- LED indicator for power on
- Over voltage category III
- 100% full load burn-in test
- 3 years warranty

■ Applications

- Industrial automation machinery
- Industrial control system
- Mechanical and electrical equipment
- Electronic instruments, equipments or apparatus
- Household appliances

■ Description

LRS-50 series is a 50W single-output enclosed type power supply with 30mm of low profile design. Adopting the full range 85~264VAC input, the entire series provides an output voltage line of 3.3V, 5V, 12V, 15V, 24V, 36V and 48V.

In addition to the high efficiency up to 90%, the design of metallic mesh case enhances the heat dissipation of LRS-50 that the whole series operates from -30℃ through 70℃ under air convection without a fan. Delivering an extremely low no load power consumption (less than 0.2W), it allows the end system to easily meet the worldwide energy requirement. LRS-50 has the complete protection functions and 5G anti-vibration capability; it is complied with the international safety regulations such as TUV EN62368-1, EN60335-1,EN61558-1/-2-16, UL62368-1 and GB4943. LRS-50 series serves as a high price-to-performance power supply solution for various industrial applications.

■ Model Encoding

LRS - 50 - 3.3

- 3.3 — Output voltage
- 50 — Rated wattage
- LRS — Series name

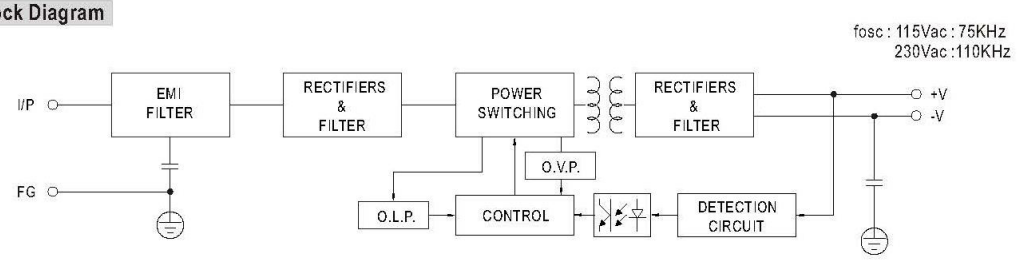
SPECIFICATION

MODEL		LRS-50-3.3	LRS-50-5	LRS-50-12	LRS-50-15	LRS-50-24	LRS-50-36	LRS-50-48
OUTPUT	DC VOLTAGE	3.3V	5V	12V	15V	24V	36V	48V
	RATED CURRENT	10A	10A	4.2A	3.4A	2.2A	1.45A	1.1A
	CURRENT RANGE	0 ~ 10A	0 ~ 10A	0 ~ 4.2A	0 ~ 3.4A	0 ~ 2.2A	0 ~ 1.45A	0 ~ 1.1A
	RATED POWER	33W	50W	50.4W	51W	52.8W	52.2W	52.8W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	80mVp-p	80mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	150mVp-p	200mVp-p	200mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	2.97 ~ 3.6V	4.5 ~ 5.5V	10.2 ~ 13.8V	13.5 ~ 18V	21.6 ~ 28.8V	32.4 ~ 39.6V	43.2 ~ 52.8V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±3.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION Note.4	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	LOAD REGULATION Note.5	±2.0%	±1.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	SETUP, RISE TIME	1000ms, 30ms/230VAC 2000ms,30ms/115VAC at full load						
	HOLD UP TIME (Typ.)	30ms/230VAC 12ms/115VAC at full load						
INPUT	VOLTAGE RANGE	85 ~ 264VAC 120 ~ 373VDC						
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz						
	EFFICIENCY (Typ.)	80%	83%	86%	88%	88%	89%	90%
	AC CURRENT (Typ.)	0.95A/115VAC 0.56A/230VAC						
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 45A/230VAC						
	LEAKAGE CURRENT	<0.75mA / 240VAC						
PROTECTION	OVER LOAD	110 ~ 150% rated output power						
		Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed						
	OVER VOLTAGE	3.8 ~ 4.45V	5.9~ 7.3V	13.8 ~ 16.2V	18.75 ~ 21.75V	28.8 ~ 33.6V	41.4 ~ 48.6V	55.2 ~ 64.8V
		Protection type : Shut down o/p voltage, re-power on to recover						
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-30 ~ +70℃ (Refer to "Derating Curve")						
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing						
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85℃, 10 ~ 95% RH non-condensing						
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/℃ (0 ~ 50℃)						
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 5G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes						
	OVER VOLTAGE CATEGORY	III; Compliance to EN61558, EN50178, EN60664-1, EN62477-1; altitude up to 2000 meters						
SAFETY & EMC (Note 9)	SAFETY STANDARDS	UL62368-1, TUV EN62368-1, EN60335-1, EN61558-1/-2-16, CCC GB4943.1, BSMI CNS14336-1, EAC TP TC 004, AS/NZS 60950.1(by CB) approved						
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:4KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:1.25KVAC						
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25℃/ 70% RH						
	EMC EMISSION	Compliance to EN55032 (CISPR32) Class B, EN55014, EN61000-3-2,-3, GB/T 9254, BSMI CNS13438, EAC TP TC 020						
	EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, EN61000-6-2 (EN50082-2), heavy industry level, criteria A, EAC TP TC 020						
OTHERS	MTBF	645K hrs min. MIL-HDBK-217F (25℃)						
	DIMENSION	99*82*30mm (L*W*H)						
	PACKING	0.23Kg; 60pcs/14.8Kg/0.88CUFT						

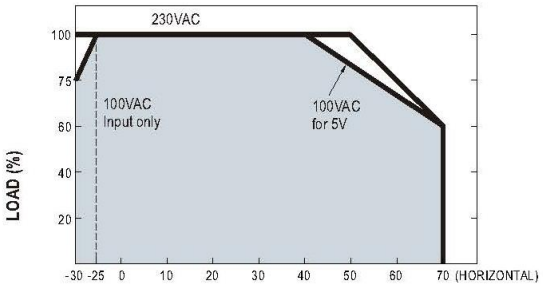
NOTE

1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25℃ of ambient temperature.
2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor.
3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation.
4. Line regulation is measured from low line to high line at rated load.
5. Load regulation is measured from 0% to 100% rated load.
6. Length of set up time is measured at cold first start. Turning ON/OFF the power supply very quickly may lead to increase of the set up time.
7. 3.3V,5V when the load factor 0~50%, the switching power less is reduced by burst operation, which will cause ripple and ripple noise to go beyond the specifications.
8. The ambient temperature derating of 5℃/1000m is needed for operating altitude greater than 2000m(6500ft).
9. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. All the EMC tests are been executed by mounting the unit on a 360mm*360mm metal plate with 1mm of thickness. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on http://www.meanwell.com)

■ Block Diagram

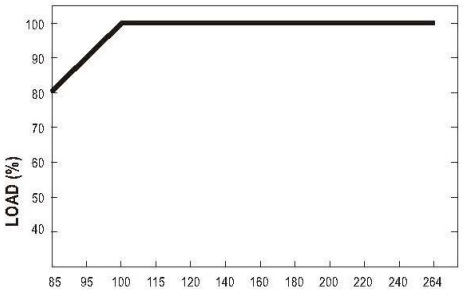


■ Derating Curve



AMBIENT TEMPERATURE (℃)

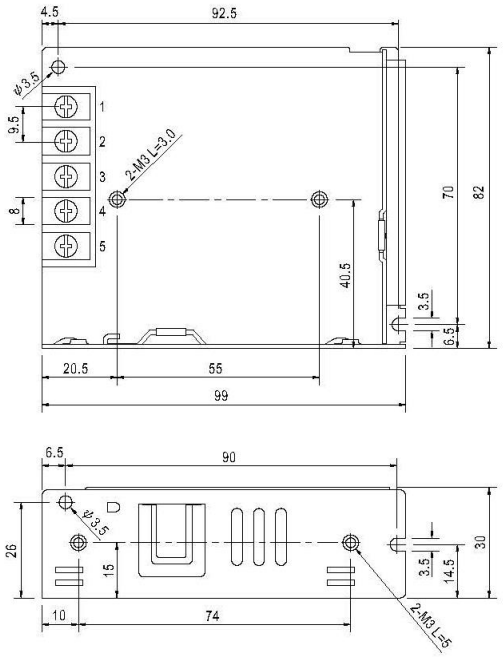
■ Static Characteristics



INPUT VOLTAGE (VAC) 60Hz

■ Mechanical Specification

Case No.239A Unit:mm



Terminal Pin No. Assignment

Pin No.	Assignment	Pin No.	Assignment
1	AC/L	4	DC OUTPUT -V
2	AC/N	5	DC OUTPUT +V
3	FG ⏚		

■ Installation Manual

Please refer to : http://www.meanwell.com/manual.html

ANEXO 18: DATASHEET DE TABLERO ELECTRICO

Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



AX 1031.000

Armario compacto AX

Estado: 1/10/2022 (Fuente: rittal.com/pe-es)

ENCLOSURES | POWER DISTRIBUTION | CLIMATE CONTROL | IT INFRASTRUCTURE | SOFTWARE & SERVICES

RITTAL

FRIEDHELM LOH GROUP

AX 1031.000 - Armario compacto AX Armario básico AX, chapa de acero

System perfection. El nuevo armario compacto AX, de chapa de acero, ofrece una calidad de datos máxima y una ingeniería perfecta, así como flexibilidad y seguridad durante el montaje y el equipamiento..

Características

Referencia	AX 1031.000
Material	Caja: chapa de acero Puerta: chapa de acero, junta continua de poliuretano inyectado
Superficie	Caja y puerta: imprimación por inmersión, exterior texturizado, pintura estructurada Placa de montaje: galvanizada
Color	RAL 7035
Unidad de envase	Armario con puerta(s) Placa(s) entrada de cables en el suelo de la caja Placa de montaje Listón de puerta perforado Cierre: doble paletón 3 mm
Estándar	NEMA 1, 3R, 4, 12
Grado de protección IP según EN 60 529	IP 66
Tipo de comunicación según UL 50E	Type 1, 3R, 4, 12
Código IK	IK10
Dimensiones	Anchura: 380 mm Altura: 300 mm Profundidad: 210 mm
Grosor del material de la puerta	1.5 mm
Grosor del material de la caja	1.25 mm

Características

Grosor del material de la placa de montaje	2 mm
Placa de montaje	Anchura: 330 mm Altura: 275 mm
Número puertas	1
Bisagras de la puerta intercambiables de izquierda a derecha	sí
Nº de cierres	1
Cierre	Ejecución cierre: Aldabilla Number locks: 1 Bombín de cierre: Doble paletón 3 mm
Placa de entrada de cables	Tamaño: 2 Cantidad: 1
Material básico	Chapa de acero
Unidad de embalaje	1 pza(s).
Peso/UE	8.8 kg
Contenido de cobre (kg / pza.)	0
Código arancelario	94032080
EAN	4028177813434
ETIM 7.0	EC000261
ECLASS 8.0	27180101

Aprobaciones

Aprobaciones	Bureau Veritas DNV-GL GOST Lloyds Register of Shipping UL + C-UL (listed)

ANEXO 19: DATASHEET DE CANALETA RANURADA

Hoja de datos del producto
Características

DXN10072
CABLECANAL RANURADO 40X60 X 2MTS GRIS



Principal

Rango de producto	Dexson
Tipo de producto o componente	Trunking ranurado
Presentación del dispositivo	Con cubierta
Color	Gris

Complementario

Dimensión de trunking	40 x 60 mm
Compartimentado	1 compartimiento
Material	PVC (cloruro de polivinilo)
Distancia entre las ranuras	8 mm
Altura de la rendija	45 mm
Ancho de la rendija	20 mm
Longitud	2000 mm
Ancho	40 mm
Alto	60 mm

Entorno

Retardancia al fuego	Media pensión conforme a UL 94 Autoextinguible
Temperatura ambiente de funcionamiento	-40…85 °C
Característica medioambiental	Resistente al impacto Resistente al lubricante Resistente al aceite

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto verde premium
Reglamento REACh	Declaración De REACh
Conforme con REACh sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE) Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China
Comunicación ambiental	Perfil Ambiental Del Producto

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 Meses

ANEXO 20: DATASHEET DE CARRIL DIN RANURADO

Printview: Steel carrier rail; 35 x 7.5 mm; 1 mm thick; 2 m long; slotted; according to en 60715; hole width 18 mm - Item No.: 210-115

WAGO online catalog / eShop

Steel carrier rail; 35 x 7.5 mm; 1 mm thick; 2 m long; slotted; according to en 60715; hole width 18 mm

Item No.: 210-115



Steel carrier rail; 35 x 7.5 mm; 1 mm thick; 2 m long; slotted; according to en 60715; hole width 18 mm

Marking

RoHS ✓
Compliant

Business data

Supplier	*WAGO*
Item no.	*210-115*
GTIN / EAN	*4045454846268*
Content	*1*
Order amount	*1*
Customer item number	

Notes

Technical data

Miscellaneous

Color	*bluish, tinned, chromed, CR3*
Weight [g]	*630 [g]*
Width	*2000 mm / 78.74 in*
Height	*0.295 mm / 7.5 in*
Length	*35 mm / 1.378 in*
Type of mounting	*DIN 35 rail*

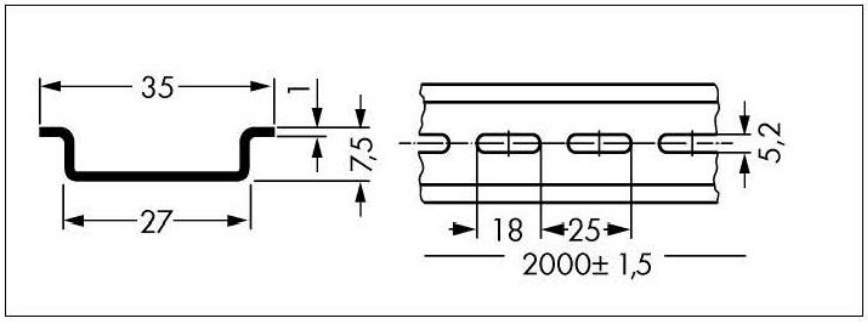
Printview: Steel carrier rail; 35 x 7.5 mm; 1 mm thick; 2 m long; slotted; according to en 60715; hole width 18 mm - Item No.: 210-115

Images & drawings





Printview: Steel carrier rail; 35 x 7.5 mm; 1 mm thick; 2 m long; slotted; according to en 60715; hole width 18 mm - Item No.: 210-115



Address

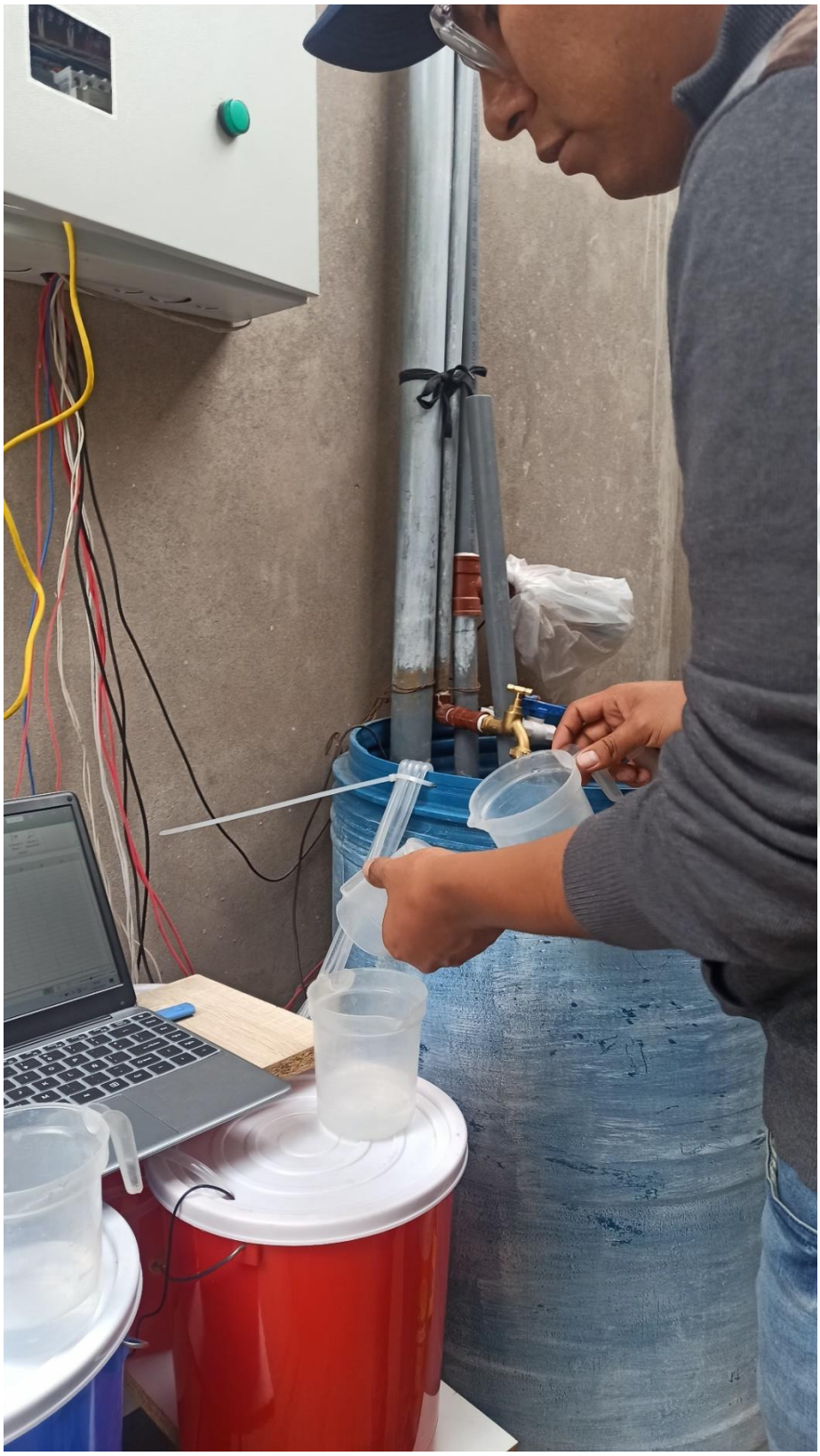
WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG
Hansastr. 27
32423 Minden
Telefon: 0571/887-0
Fax: 0571/887-169
http://www.wago.com
© WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG
Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

ANEXO 21: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DEL MODULO

A. MODULO IMPLEMENTADO DEL SISTEMA DE CONTROL



B. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE CONTROL



C. DESARROLLO DE PLANTATULAS





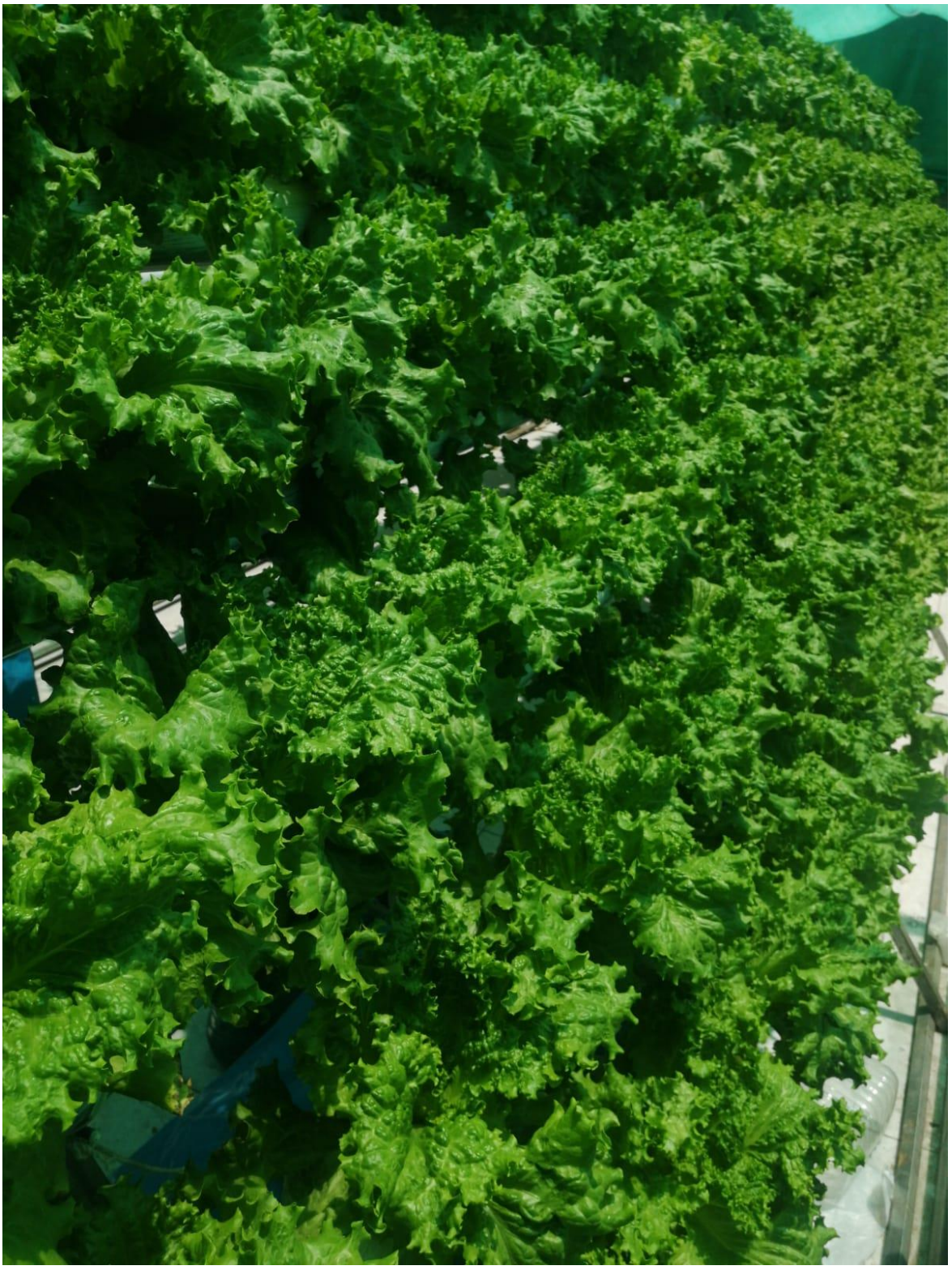




D. SISTEMA HIDROPONICO NFT TIPO PIRAMIRAL, INICIO DE LA ULTIMA ETAPA DE DESARROLLO



E. DESARROLLO FINAL DEL CULTIVO





APÉNDICE

Apéndice A: Formulación y descripción de las fórmulas utilizadas en la investigación

Este apéndice tiene como finalidad describir de forma clara las fórmulas matemáticas empleadas para el dimensionamiento y control de los elementos del sistema automatizado del proceso hidropónico. Las expresiones se desarrollaron en el Capítulo IV, dentro del diseño del sistema de control, actuadores y algoritmo del PLC.

1. Cálculo del consumo de agua procesada por ciclo

$$C_{APC} = \frac{C_{APD}}{N_{CD}}$$

Donde:

- C_{APC}: Consumo de agua por ciclo (litros/ciclo).
- C_{APD}: Consumo diario de agua (litros/día).
- N_{CD}: Número de ciclos diarios.

2. Cálculo del caudal de reabastecimiento

$$C_{RC} = \frac{C_{APC}}{T_{RN}}$$

Donde:

- C_{RC}: Caudal de reabastecimiento (litros/min*ciclo).
- T_{RN}: Tiempo de reabastecimiento (min).

3. Consumo de solución nutritiva madre diaria

$$C_{SNMD} = \frac{Consumo_{SNMC}\ x\ Número_{TCD}}{1000}$$

Donde:

- C_{SNMD}: Consumo diario de solución nutritiva madre (litros/día).
- $Consumo_{SNMC}$: Consumo por ciclo (ml).
- $Número_{TCD}$: Número de ciclos diarios.

4. Relación de cambio de la conductividad eléctrica (CE)

$$CE_{RC} = \frac{CE_F - CE_I}{C_{SNM}}$$

Donde:

- CE_F, CE_I: CE final e inicial (µS/cm).
- C_{SNM}: Volumen de solución añadida (ml).

5. Relación de cambio del Ph

$$pH_{RC}: \frac{pH_F - pH_I}{C_{SA}}$$

Donde:

- pH_F, pH_I: pH final e inicial.
- C_{SA}: Volumen de solución ácida añadida (ml).

6. Caudal de salida de las mini bombas sumergibles

$$Q_{MB} = \frac{V_L}{T_E}$$

Donde:

- Q_{MB}: Caudal (ml/seg).
- V_L: Volumen líquido bombeado (ml).
- T_E: Tiempo de encendido (seg).

7. Tiempo requerido para unidad de CE o Ph

$$T_{UCEpH} = \frac{V_{UCEpH}}{Q_{MB}}$$

Donde:

- T_{UCEpH}: Tiempo (seg).
- V_{UCEpH}: Volumen unitario (ml).
- Q_{MB}: Caudal de minibomba (ml/seg).

8. Factor multiplicativo para el algoritmo de control (PLC)

Para CE:

$$F_{MTSNM} = 0.118421053\ x\ \Delta CEU$$

Para pH:

$$F_{MTSpH} = 30\ x\ \Delta pHU$$

Dónde:

- ΔCEU: Cambio unitario en CE.
- ΔpHU: Cambio unitario en pH.

9. Capacidad de abastecimiento de contenedores

$$C_{CSA} = V_{SAPA} + V_{APA}$$

Dónde:

- C_{CSA}: Capacidad del contenedor de solución ácida (ml).
- V_{SAPA}: Volumen de solución ácida (ml).
- V_{APA}: Volumen de agua para dilución (ml).

10. Tiempo de encendido de bomba sumergible (por volumen)

$$T = \frac{V}{Q}$$

Dónde:

- T: Tiempo (seg).
- V: Volumen requerido (ml).
- Q: Caudal de la minibomba (ml/seg).

11. Proporción de dilución para ajuste fino de pH o CE

$$V_{agua} = V_{total} - V_{solución\ concentrada}$$

Dónde:

- V_{agua}: Volumen de agua para dilución (ml).
- V_{total}: Volumen deseado total para diluir (ml).

- $V_{solución\ concentrada}$: Volumen de solución ácida o nutritiva.

12. Consumo por ciclo de soluciones correctoras

$$C_{por\ ciclo} = \frac{C_{diario}}{N_{ciclos}}$$

Dónde:

- $C_{por\ ciclo}$: Consumo de solución por ciclo (ml).
- C_{diario}: Consumo total diario (ml).
- N_{ciclos}: Número de ciclos por día