



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL
Y REDES INDUSTRIALES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO CON
HMI PARA AUTOMATIZAR PROCESOS DE CULTIVO
HIDROPÓNICO DE LECHUGA”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención de título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Presentado por:

LUISA CRISTINA CAZCO BARBA

IVÁN DARIO IÑIGUEZ CARRILLO

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

AGRADECIMIENTO

El presente proyecto se ha realizado con dedicación y con un gran sentimiento de gratitud la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Recursos Naturales, Centro Experimental del Riego y en especial a nuestra querida Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, por brindarnos el conocimiento científico y facilitarnos los equipos tecnológicos necesarios para la realización de nuestra tesis.

A nuestros Maestros Ing. Diego Barba, Ing. José Luis Morales e Ing. Juan León, quienes con dedicación y responsabilidad, supieron guiarnos impartiendo adecuadamente sus conocimientos.

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a Dios por darme la vida, a la Virgen Auxiliadora por ser la luz y guía en mi camino mostrándome siempre el sendero correcto, a mis abuelitos que aunque se fueron muy pronto sus enseñanzas y valores me han llevado a donde estoy.

A mis queridos padres por saber formarme y enseñarme que con perseverancia y esfuerzo se logra las metas propuestas, a mis hermanas compañeras de vida siendo siempre amigas incondicionales, a mis sobrinos amados con sus pequeños y valiosos aportes.

A mis tíos y abuelita por su apoyo incondicional y su confianza, el impulso brindado por todos es muy gratificante y brinda seguridad en un futuro profesional.

A todos los maestros de la ESPOCH de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control por compartir sus conocimientos, a mis amigos por su colaboración y apoyo incondicional y a la persona con la que realizamos este proyecto por su constancia y dedicación.

“Desear es obtener; aspirar es alcanzar”

James Allen

Luisa Cristina Cazco Barba

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a Dios por ser la guía, el camino la fortaleza que día a día me inspira a seguir adelante sin desmayar, en los momentos difíciles ser luz, enseñándome a encarar las adversidades sin desfallecer ni dejarme caer.

A mis padres por enseñarme a vencer los infortunios con sus consejos, su apoyo, amor, comprensión, por ayudarme con sus recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy mis valores, mis principios que son cimientos para forjarme como persona.

A mis hermanos por ser modelo de perseverancia, a mi familia por ser siempre incondicionales y brindarme su apoyo. A todos los docentes de la ESPOCH de la Escuela de Ingeniería Electrónica que con sus enseñanzas fueron puntales en la búsqueda del aprendizaje, a la persona con quien compartimos este proyecto por ese trabajo incesante que juntos lo hemos realizado.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”.
Thomas Chalmers

Iván Darío Iníiguez Carrillo

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA		
Ing. Paúl Romero DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES		
Ing. Diego Barba DIRECTOR DE TESIS		
Ing. José Morales MIEMBRO DEL TRIBUNAL		
Tec. Carlos Rodríguez DIRECTOR DPTO. DOCUMENTACIÓN		
NOTA DE LA TESIS		

DERECHOS DE AUTOR

“Nosotros, **Luisa Cristina Cazco Barba** e **Iván Darío Iñiguez Carrillo**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **Escuela Superior Politécnica de Chimborazo**”.

Luisa Cristina Cazco Barba

Iván Darío Iñiguez Carrillo

AUTORES

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CER	Centro Experimental del Riego
E/S	Entradas y Salidas
g	gravedad
H	Altura manométrica
Ha	Hectárea
HMI	Interfaz Hombre-Máquina
HP	Caballos de fuerza (potencia)
HR	Humedad Relativa
I	Corriente
IP	Protocolo de Internet
KW	Kilowatts (potencia eléctrica)
LOGO	Relé Lógico Programable
Lt	Litros unidad de volumen
m	metro unidad de longitud
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado

NFT	Técnica de la película de nutrientes
OFFSET	Desplazamiento del punto 0
ON/OFF	Encendido y Apagado
PC	Computadora Personal
P	Presión
PT 100	Sensor RTD
PV	Valor del proceso
PVC	Policloruro de vinilo
Q	Caudal
r	radio
RPM	Revoluciones por Minuto
RTD	Dispositivo termoresistivo
Setpoint	Temperatura Deseada
s.n.	Solución nutritiva
t	tiempo
T	Temperatura
V	Volumen

VCD Voltajes De Corriente Directa

VCA Voltajes De Corriente Alterna

VM Variable de memoria

W Watts

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABLES

TEXTO DE RESPONSABILIDAD

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL.....	24
1.1.	ANTECEDENTES.....	24
1.2.	JUSTIFICACIÓN.....	25
1.3.	OBJETIVOS.....	27
1.3.1.	Objetivo General.....	27
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	27
1.4.	MARCO HIPOTÉTICO.....	27
1.4.1.	Hipótesis.....	27

CAPÍTULO II

2.	BASES TEÓRICAS.....	28
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	28
2.2.	HIDROPONÍA.....	29
2.2.1	VENTAJAS.....	30
2.2.1.1	<i>Uso del agua</i>	30
2.2.1.2	<i>Espacio</i>	31
2.2.1.3	<i>Costos de Producción</i>	31
2.2.1.4	<i>Control de crecimiento del cultivo</i>	31
2.2.1.5	<i>Mayor Producción</i>	31
2.2.1.6	<i>Bajo Niveles de Agroquímicos</i>	32
2.2.1.7	<i>Inexistencia de rotación de cultivos</i>	32
2.2.1.8	<i>Irrigación</i>	32

2.2.1.9	Clima	32
2.2.2	DESVENTAJAS.....	33
2.2.2.1	Inversión Inicial Alta	33
2.2.2.2	Dependencia	33
2.2.2.3	Limitación del tipo de cultivo	33
2.2.2.4	Alta rigurosidad en los procedimientos	33
2.3	SISTEMAS DE CULTIVO HIDROPÓNICO	34
2.3.1	SISTEMA DE RAÍZ FLOTANTE	34
2.3.2	SISTEMA NFT	36
2.3.3	SISTEMA AEROPÓNICO	38
2.4	SUSTRATO	39
2.5	SISTEMA ELECTRICO.....	40
2.5.1	BOMBA HIDRAÚLICA.....	40
2.5.1.1	Bomba Centrifuga	42
2.5.2	RELÉ LÓGICO PROGRAMABLE (LOGO)	46
2.5.2.1	Módulo de Ampliación PT 100	47
2.5.3	SENSORES.....	48
2.5.3.1	Nivel	48
2.5.3.2	Temperatura (Pt 100)	51
2.5.3.3	Final de carrera	53
2.5.4	MORTOR CORRIENTE CONTINUA.....	53

CAPÍTULO III

3.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	56
3.1.	BOMBA HIDRAÚLICA	56
3.2.	TANQUE	60
3.3.	TUBERÍAS	61
3.3.1.	TUBERIA DE DISTRIBUCION.....	61
3.3.2	CANALES DE CULTIVO	63
3.3.3	TUBERIAS DE RECOLECCION O DRENAJE.....	64

CAPÍTULO IV

4.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	66
4.1.	SOLIDWORKS.....	66
4.1.1.	INTRODUCCIÓN.....	66
4.1.2	MÓDULOS DE SOLIDWORKS.....	67
4.1.2.1	PIEZA	68
4.1.2.2	ENSAMBLAJE	70
4.2	DISEÑO DE CONTROL PARA EL PROTOTIPO	71
4.2.1	DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL	71
4.2.1.1	Bomba centrifuga de ½ hp	71
4.2.1.2	Electroválvula.....	73
4.2.1.3	Motor dc.....	73
4.2.1.4	Sensor de nivel tipo boya	75
4.2.1.5	Sensor de nivel tipo flotador	75
4.2.1.6	Sensor final de carrera.....	76
4.2.1.7	Sensor de temperatura	76

4.2.2	APARAMENTA ELECTRICA	77
4.2.2.1	Fusibles	77
4.2.2.2	Interruptor termomagnético.....	78
4.2.2.3	Contactor	80
4.2.2.4	Relés de estado sólido.....	81
4.2.2.5	Relés térmicos	82
4.2.2.6	Luces piloto.....	83
4.2.2.7	Fuente de voltaje de 24vdc.....	84
4.2.3	MONTAJE DEL TABLERO.....	85
4.2.4	AUTOMATA PROGRAMABLE	85
4.3	INTERFAZ LOGO! Y COMUNICACIÓN CON OTROS DISPOSITIVOS	86
4.3.1.1	MODULO DE TEMPERATURA	87
4.4	DISEÑO DE MANDO Y FUEZA DEL TABLERO.....	88
4.4.1	DISEÑO DE MANDO	90
4.4.2	DISEÑO DE FUERZA	91
4.4.3	ALGORITMO DE CONTROL DEL SISTEMA HIDROPÓNICO	92
4.5	SISTEMAS DE CONTROL	93
4.5.1	CONTROL DE TEMPERATURA.....	93
4.5.2	CONTROL AMBIENTAL	94
4.5.3	CONTROL TODO O NADA CON HISTERESIS (OVERLAP) TEMPERATURA	94
4.5.4	ALGORITMO DE CONTROL DE TEMPERATURA	96
4.5.5	CÁLCULO DE GANANCIA Y OFFSET	96
4.5.6	HUMEDAD RELATIVA.....	98
4.6	PROGRAMACION AUTOMATA PROGRAMABLE	99
4.6.1	LOGO!Soft Comfort V7.0.30	100
4.6.2	INTERFAZ ENTRE PC-LOGO CON LOGO!Soft Comfort.....	101
4.6.3	GRAFCET	102
4.7	HMI (INTERFAZ HOMBRE- MÁQUINA)	106
4.7.1	LOGO TD	106
4.7.2	HMI Wincc.....	109
4.7.3	COMUNICACIÓN ENTRE LOGO! SOFT CONFORT Y WINCC 2008.....	111
4.7.4	DISEÑO DEL HMI EN WINCC	113

CAPÍTULO V

5	ANÁLISIS Y RESULTADOS	115
5.2	ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN	116
5.3	ANÁLISIS DEL RIEGO	118
5.4	COSTO DE PRODUCCIÓN	120

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Bandejas flotantes.....	35
Figura II.2 Sustrato Inorgánico GRAVA.....	36
Figura II.3 Sistema NFT.....	37
Figura II.4 Sistema Aeropónico.....	39
Figura II.5 Solución Nutritiva.....	40
Figura II.6 Componentes y Principio de la Bomba Centrífuga.....	43
Figura II.7 Relé Lógico Programable (LOGO).....	46
Figura II.8 Módulo de Ampliación Siemens LOGO! AM2.....	47
Figura II.9 Sensor de nivel tipo Interruptor de Flotador de la bomba.....	49
Figura II.10 Sensor de nivel interruptor tipo flotador.....	50
Figura II.11 Conexión de PT100 de 3 hilos.....	52
Figura II.12. Sensor Final de Carrera.....	53
Figura II.13. Motor de corriente continua.....	53
Figura III.14. Función de la bomba Hidráulica.....	57
Figura III.15. Curvas de Presión-Caudal	60

Figura III.16. Curvas de eficiencia	61
Figura.III.17 Tabla para la selección de tubería de PVC.....	62
Figura III.18. Tubería de distribución hacia los sistemas.....	63
Figura III.19 Canales del Cultivo.....	63
Figura III.20 Tubería de drenaje de salida de los canales.....	65
Figura III.21. Tubería de drenaje entrada al tanque	65
Figura IV.22 Módulos de SolidWorks.....	68
Figura IV.23. Módulo para crear una Pieza.....	69
Figura IV.24. Módulo para el Ensamblaje.....	70
Figura IV.25. Tabla de conductores.....	72
Figura IV.26. Electroválvula del sistema1 y sistema 2.....	73
Figura IV.27. Motor DC para el control de cortinas.....	74
Figura IV.28. Sensor de nivel tipo boya.....	75
Figura IV.29. Sensor de nivel tipo flotador en el canal de cultivo.....	75
Figura IV.30. Final de carrera inferior NC/ Final de carrera superior NO.....	76
Figura IV.31 Sensor Pt100 de 3 hilos.....	76
Figura IV.32. Fusibles tablero de control.....	78

Figura IV.33. Interruptores Termomagnéticos.....	79
Figura IV.34. Contactor conectado la fase y neutro del motor.....	81
Figura IV.35. Relés de estado sólido.....	82
Figura IV.36. Relé térmico de la Bomba.....	83
Figura IV.37 Luces piloto de las electroválvulas apagadas y encendidas.....	83
Figura IV.38. Fuente de Voltaje de 24Vdc.....	84
Figura IV.39. Montaje del Tablero de control y sus indicadores.....	85
Figura IV.40. Logo 230 RCE Tablero de Control.....	87
Figura IV.41 Conexión módulo AM2 RTD 2 y 3 hilos.....	88
Figura IV.42. Módulo AM2 RTD implementado.....	88
Figura IV. 43. Diseño de mando.....	90
Figura IV.44. Diseño de Fuerza.....	91
Figura IV.45. Tablero de control del Prototipo.....	92
Figura IV.46. Control por histéresis con overlap.....	95
Figura IV.47 Sensor bulbo seco y húmedo Diagrama psicométrico.....	98
Figura IV.48. Diagrama sicométrico.....	99
Figura IV.49. Simulacion el LOGO!Soft Comfort V7.0.30.....	101

Figura IV.50. Configuración de la dirección IP del LOGO!.....	101
Figura IV.51 Configuración de la dirección IP del LOGO!.....	102
Figura IV.52. Programación Ladder en LOGO! Soft Confort etapas 1, 2 y etapas 3, 4.....	104
Figura IV.53. Ladder para el control de temperatura etapa 6, 7, 9 y temperatura etapa 11, 13.....	106
Figura IV.54. Logo TD.....	106
Figura IV.55. Ladder ingreso datos LOGO!TD ON / OFF.....	107
Figura IV.56. Ladder ingreso de temperatura máxima y mínima.....	108
Figura IV.57. Dirección IP y conexión servidor para comunicar con Wincc.....	111
Figura IV.58. Parámetro asignado para la conexión servidor.....	111
Figura IV.59. Parámetros VM con sus direcciones y datos.....	112
Figura IV.60. Conexión PC-LOGO! interfaz Ethernet.....	112
Figura IV.61. HMI controla el cultivo hidropónico.....	113
Figura IV.62 HMI imagen ejecución cultivo hidropónico.....	113
Figura IV.62. HMI imagen Control de temperatura y Humedad relativa.....	114
Figura V.63. Siembra tradicional con sus dimensiones.....	116

Figura V.64. Tipo de siembra en paralelo.....	116
---	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Sistemas de Cultivo Hidropónico.....	34
Tabla II.II Clasificación de Bombas de Desplazamiento Positivo.....	41
Tabla II.III Clasificación de las Bombas Dinámicas.....	42
Tabla II.IV Características del Módulo AM2 para PT100.....	48
Tabla III. V. Cálculo del volumen del tanque.....	60
Tabla IV. VI. Característica de la bomba hidráulica.....	71
Tabla IV.VII. Características de la Electroválvulas.....	73
Tabla IV.VIII. Protección de los diferentes aparatos.....	78
Tabla IV.IX. Interruptores termomagnéticos con sus corrientes.....	79
Tabla IV.X. Características del Logo 230RCE.....	87
Tabla IV. XI. Algoritmo Control del Sistema Hidropónico.....	92
Tabla IV.XII. Algoritmo control de Temperatura.....	96
Tabla IV.XIII Diseño Grafcet para el proceso hidropónico.....	103
Tabla IV.XIV Asignación de E/S.....	104
Tabla IV.XV. Grafcet control de temperatura apertura y cierre de las cortina.....	105

Tabla IV.XVI. Asignación de E/S control de temperatura.....	105
Tabla IV.XVII. Algoritmo ingreso de datos LOGO!TD.....	107
Tabla IV.XVIII. Ingreso de rango de temperatura.....	108
Tabla V.XIX Producción del cultivo Tradicional e Hidropónico.....	117
Tabla V.XX. Cosecha Anuales.....	118
Tabla V.XXI. Consumo de agua por metro cuadrado en cultivo tradicional e hidropónico.....	119
Tabla V.XXII Costos de Producción de lechuga Cultivo Convencional.....	120-121
Tabla V.XXIII Costos de Producción de lechuga con un Prototipo Hidropónico.....	121-122
Tabla V.XXIV. Costos por hectárea anual y ciclo de cultivo Tradicional e Hidropónico.....	123
Tabla V.XXV. Resumen del análisis de resultados.....	123

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1

Diseño de la estructura en SolidWorks

ANEXO 2

Mapeo de parámetros para LOGO Soft 0ba7

ANEXO 3

Manual de Usuario.

Anexo 4

Manual Técnico

Anexo 5

Variables de Wincc

Anexo 6

Costos de implementación del Prototipo

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los avances tecnológicos se han dado a pasos agigantados, esto nos llevan a incursionar en otras áreas de producción. La automatización de procesos es indispensable para la industria para poder cumplir las exigencias del mercado, una de las industrias como la alimenticia es inagotable ya que la población puede dejar de adquirir ciertos productos pero no puede dejar de alimentarse; es por ello que se debe ir a la par con el crecimiento tecnológico que vivimos en estos tiempos.

En nuestro país tenemos un paraíso agrario, por gozar de agua, tierra fértil, un clima apto para cultivar diversidad de plantas alimenticias, ornamentales, entre otras y puede ser la causa de no buscar técnicas innovadoras diferentes de la agricultura convencional, ahora con el calentamiento global, las variaciones climáticas bruscas junto con la erosión causado por el cansancio de los suelos por alta carga de patógenos tras cultivos repetidos o la acumulación de iones que conllevan a la alcalinidad y/o elevación del contenido de sodio, ha empujado a muchos productores a buscar métodos alternativos para cultivar productos sanos y de calidad, siendo una buena opción la hidroponía o cultivos sin suelo.

En cultivos comerciales en cuanto a su superficie, se hace obligatorio seguir normas ambientales amigables con nuestro ecosistema y emplear métodos de recirculación de las soluciones volviéndolas al cultivo tras equilibrarlas y

reestableciéndolas o buscándoles un lugar de descarga que evite la llegada de los nutrientes afluentes al suelo, cursos de agua y a los acuíferos. La hidroponía surge para facilitar el cultivo de plantas de una manera rápida, controlable y automatizada, esta técnica consiste cultivar en agua o alguna solución orgánica o inorgánica a la cual se le agrega un sustrato de nutrientes para nutrir a la planta logrando un producto higiénico, saludable y preservando recursos naturales.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

La búsqueda de nuevas técnicas para cultivos hortofrutícolas desde la década de los 60 en conjunto con la falta de Tierras para la agricultura convencional nos conduce a la Hidroponía que es un tipo de cultivo en agua en combinación con sustratos que nutren las plantas, incrementando el rendimiento hasta 500% y reduciendo significativamente los costos operativos.

Los procesos de automatización a nivel mundial se han ido desarrollando conforme a las nuevas tecnologías que han llevado a técnicas para mejorar los procesos de producción así como tener un impacto más significativo en la eficiencia de los cultivos, en países con altos niveles tecnológicos la producción agrícola ha tomado gran énfasis ya que permite producir en mayor escala y menor tiempo abasteciendo a la gran cantidad de masas poblacionales.

La necesidad de producir a mayor escala avivadamente en pequeñas parcelas y la incertidumbre de la variación del clima constantemente nos lleva a optar por un cultivo hidropónico con un control minucioso al momento de cultivar las hortalizas en un medio en el que no se desarrollaría naturalmente como es el agua que requiere una cantidad de recursos humanos significativo pudiendo soslayar automatizando sus procesos.

El cambio de la técnica tradicional de agricultura produce un impacto cultural y económico ya que beneficiaría enormemente a la producción agrícola, restando tiempo de cosecha sin requerir grandes extensiones de Tierras, así como también disminuiría el impacto ambiental causado por la erosión y consumo de recursos hídricos.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La hidroponía también denominada cultivo ecológico permite cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos, y contaminación; reducción de los costos de producción; permitiendo producir cosechas fuera de tiempo; su producción

aumenta disminuyendo el espacio físico requerido; ahorro de agua y fertilizantes; no se utiliza maquinaria agrícola generando mayores rendimientos.

La aplicación de la hidroponía en países donde los recursos naturales son reducidos y la población es grande lleva a ser muy apreciada y explotada. Se debe tener un espacio en la agricultura de nuestra región ya que no solo es una técnica natural sino que provee cultivos de calidad.

La provincia de Chimborazo se caracteriza por ser una de las más productivas de la región en lo que se refiere a cultivos hortícolas, la variedad de monocultivos lleva a la erosión de los suelos sumado a esto la expansión de la población lo que limita las tierras para cultivos. Por lo que la hidroponía se convierte en una solución, siendo la automatización la mejor manera los procesos hidropónicos.

Este proyecto justifica su aplicación de tecnológica al tener un proceso eficiente aumentando su productividad, al buscar una técnica que permita facilitar los procesos de cultivos hidropónicos, ofreciendo a la población lechugas sanas de calidad, con grandes prestaciones y buscando una armonía con la naturaleza, resultados que apreciarán las futuras generaciones.

El impacto económico se da en la disminución en mano de obra para algunas labores de cultivo, como es el control de malezas.

El impacto social que provoca este proyecto es la propagación de plantas de calidad mejorando así la salud de la población

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Diseñar e Implementar un Prototipo con HMI para automatizar procesos de cultivos Hidropónicos de Lechuga

1.3.2. Objetivos Específicos

- Controlar el sistema para que el flujo de agua circule en cada planta.
- Diseñar un sistema de instrumentación para la adquisición de datos y control del prototipo.
- Programar el ciclo del cultivo basado en la técnica de cultivo hidropónico y conectar con su interfaz HMI

1.4. MARCO HIPOTÉTICO

1.4.1. Hipótesis

El diseño automático de estrategias aplicadas a técnicas de cultivos hidropónico ¿Reducirá el espacio requerido para la cultivo, incluyendo sus costos de mano de obra y aumentará la capacidad de producción?

CAPÍTULO II

2. BASES TEÓRICAS

2.1. INTRODUCCIÓN

Según investigaciones en fisiología vegetal descubrieron en el siglo XIX que las plantas absorben los minerales esenciales por medio de iones inorgánicos disueltos en el agua. En condiciones naturales, el suelo actúa como reserva de nutrientes minerales, pero el suelo en sí no es esencial para que la planta crezca. Cuando los nutrientes minerales de la tierra se disuelven en agua, las raíces de la

planta son capaces de absorberlos, y si los nutrientes minerales son introducidos dentro del suministro de agua de la planta, ya no se requiere el suelo para que la planta prospere, casi cualquier planta terrestre puede crecer con hidroponía, aunque algunas pueden hacerlo mejor que otras. La hidroponía es también una técnica estándar de investigación biológica, alternativa sustentable y un popular pasatiempo.

El manejo de estos nuevos sistemas requiere una tecnología más compleja, existe una serie de desarrollos en el ámbito de los sustratos, además de ciertos automatismos desarrollados para facilitar el control de las soluciones y que éstas no varíen sus parámetros químicos, tanto la hidroponía y la fertirrigación han dado pie al desarrollo de instrumental de control como ph-metros y conductímetros en línea, así como a procesadores que mantienen el control mediante válvulas solenoides o hidráulicas para que la solución pueda ser equilibrada mediante programas de computadoras que determinan el agregado de ácidos cuando sube el pH, la dilución cuando se eleva la conductividad eléctrica y otros procesos de control que llegan a interactuar con el ambiente en que las plantas están evolucionando en tamaño y desarrollo.

2.2. HIDROPONÍA

La palabra hidroponía deriva del griego hidro: agua y ponos: trabajo, labor, lo cual literalmente significa trabajo en el agua, pero dado el desarrollo de múltiples medios de crecimiento, se denomina hidroponía a cualquier tipo de cultivo que

crezca sin la presencia de tierra. Las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas, que pueden crecer en una solución mineral o bien en un medio inerte como; arena lavada, grava, cáscaras de arroz, entre muchas otras.

Esta técnica permite cultivar especies para el consumo humano (hortalizas de hoja y vegetales) o animal (pasto) en regiones donde no existe suelo, sobre concreto o en pequeñas superficies protegidas o no protegidas.

Aunque este cultivo en circunstancias normales no es orgánico ya que utiliza sustancias químicas para la solución nutritiva que alimenta la planta, puede volverse orgánico utilizando sustancias naturales.

2.2.1 VENTAJAS

Se estima que la hidroponía será la forma de cultivar en tiempos de falta de recursos, recordemos que hay muchas proyecciones que hablan sobre la escasez de alimentos y de agua para las generaciones que nos siguen, y la hidroponía podría ser una solución frente a ese panorama.

Algunas de las ventajas de la hidroponía son las siguientes:

2.2.1.1 *Uso del agua*

Los cultivos realizados a través de esta técnica necesitan en promedio una cantidad mucho menor de agua. Se estima que hasta el 90 por ciento del agua que se usa para estos cultivos se puede reciclar. Además, pueden usarse aguas de pozo o agua potable.

2.2.1.2 *Espacio*

Se usa un espacio mucho menor que el que se usa en cultivos tradicionales. Optimiza el uso de los espacios prediales aumentando su rendimiento.

2.2.1.3 *Costos de Producción*

Al usar menor cantidad de espacio o territorio, los costos de producción disminuyen significativamente.

2.2.1.4 *Control de crecimiento del cultivo*

El crecimiento es significativamente más rápido y a su vez las plantas crecen más vigorosas, debido a la óptima relación y disponibilidad de los nutrientes, se obtiene uniformidad y alta calidad para el consumo humano de los productos ya que la posibilidad que aparezca hongos, malezas o plagas es mucho más reducida que en los cultivos tradicionales.

2.2.1.5 *Mayor Producción*

La producción es intensiva, permitiendo obtener un mayor número de cosechas al año.

Se calcula que este tipo de cultivos crece dos o tres veces más rápido que de la forma tradicional.

2.2.1.6 Bajo Niveles de Agroquímicos

Bajo niveles de contaminantes por no estar en tierra, por lo tanto mínimo uso de agroquímicos

2.2.1.7 Inexistencia de rotación de cultivos

Con esta técnica se puede practicar siempre el mismo cultivo en el mismo lugar.

2.2.1.8 Irrigación

Asegura la irrigación en toda el área radicular y a la vez reduce el riesgo por excesos de la misma.

2.2.1.9 Clima

El clima deja de ser una variable determinante para el cultivo, de esta manera, uno puede realizar una producción de una planta tropical en un sitio que no lo es y a la inversa. De la misma forma, este tipo de cultivos no sufre los cambios en las temperaturas o por la falta o abundancia de lluvias ya que provee a las raíces en todo momento de un nivel de humedad constante, independiente del clima o de la etapa de crecimiento del cultivo.

2.2.2 DESVENTAJAS

2.2.2.1 *Inversión Inicial Alta*

La inversión inicial de un cultivo hidropónico es mayor a la inversión de un cultivo en tierra, ya que se requiere el equipo indispensable para echar a andar el proyecto.

2.2.2.2 *Dependencia*

En la hidroponía la planta es dependiente completamente del cuidado del hidrocultor, a diferencia de la tierra donde la planta se puede desarrollar por cuenta propia.

2.2.2.3 *Limitación del tipo de cultivo*

En el caso de producción de órganos subterráneos de almacenamiento como zanahorias, rábanos, betabel, papas, cebollas, entre otras resulta indispensable que el desarrollo se realice bajo la técnica de siembra directa para controlar la humedad en el sustrato, ya que este tipo de plantas son muy susceptibles al exceso de agua ocasionando pudrición y muerte, por lo antes mencionado es que no se recomienda cultivar estas plantas en sistemas como NFT y Raíz flotante.

2.2.2.4 *Alta rigurosidad en los procedimientos*

Se debe conocer el manejo agronómico del cultivo o cultivos que se desea implantar, es decir: fisiología, manejo vegetal, enfermedades, etapas del crecimiento, plagas que lo atacan, etc.

Se necesita una previa capacitación teórico-práctica en la técnica hidropónica para luego sí con conocimientos sustentados iniciar una producción exitosa.

Es fundamental también conocer el sistema hidropónico apropiado para cada cultivo, ya que la falta de experiencia en el manejo de las soluciones nutritivas, puede alterar su composición y afectar negativamente a las plantas.

2.3 SISTEMAS DE CULTIVO HIDROPÓNICO

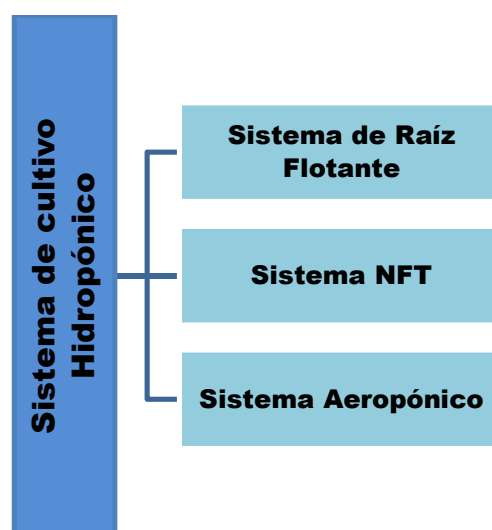


Tabla II.I. Sistemas de Cultivo Hidropónico¹

2.3.1 SISTEMA DE RAÍZ FLOTANTE

El cultivo de Raíz Flotante es una técnica de cultivo en agua, en la cual las plantas crecen flotando en una placa de unicel, teniendo siempre su raíz dentro de la solución nutritiva. La Solución Nutritiva es ideal para esta técnica y debe estar

¹ http://www.sap.uchile.cl/descargas/prod_cultivos/FPC_Sistemas_de_cultivo_sin_suelo.pdf

contenida en un recipiente oscuro, una bomba sumergible circula continuamente la solución para oxigenarla durante todo el ciclo de vida de la planta, creando un ambiente en donde se pueda desarrollar en óptimas condiciones suplantando el uso de suelo.

- Los tipos de cultivo de raíz flotante pueden realizarse en materia inerte tomando en cuenta la facilidad de conseguirlo y su costo sea bajo, un ejemplo de ellos son:
- Balsa o bandejas flotantes



➤ *Figura II.1 Bandejas flotantes²*

- Sustratos de origen Inorgánico como:
 - Escoria de carbón mineral quemado y escorias o tobas volcánicas.
 - Arenas de ríos o corrientes de agua limpias que no tengan alto contenido salino.
 - Grava fina.
 - Cascarilla de arroz

² <http://www.labioguia.com/sistema-de-cultivo-hidroponico>



Figura II.2 Sustrato Inorgánico GRAVA³

2.3.2 SISTEMA NFT

El sistema de NFT (Nutrient Film Technique) que traducido al español significa "la técnica de la película de nutriente", es el sistema hidropónico recirculante más popular para la producción de cultivos en el mundo. Este sistema fue desarrollado en la década de los sesenta por el Dr. Allan Cooper, en Inglaterra. Desde esa época, este sistema de cultivo destinado principalmente a la producción de hortalizas de alta calidad en invernaderos. Esta técnica es la más utilizada en la hidroponía, en países árabes, del Caribe y América latina para la producción hortalizas, especialmente especies de hoja, a gran y mediana escala.

Este sistema se basa principalmente en la reducción de costos y comprende una serie de diseños, en donde el principio básico es la circulación continua o intermitente de una fina capa de solución nutritiva a través de las raíces, por una serie de canales de PVC, polietileno, poliuretano, etc. de forma rectangular llamados canales de cultivo.

³ <http://boliviahidroponica.blogspot.com/p/tipos-de-cultivos-hidroponicos.html>

En cada canal hay agujeros donde se colocan las plantas, estos canales están apoyados sobre mesas o caballetes que pueden tener una ligera pendiente o desnivel que facilita la circulación de la solución nutritiva, dependiendo del diseño del sistema. La solución es recolectada y almacenada en un recipiente ya sea cubeta o tanque (esto depende de los litros de solución nutritiva) a través de una bomba que permite la circulación de la solución nutritiva por los canales de cultivo.

Esta recirculación mantiene a las raíces en contacto permanente con la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces y un suministro adecuado de nutrientes minerales para el desarrollo de las plantas. Como los nutrientes se encuentran fácilmente disponibles para las plantas, el gasto de energía es mínimo, de esta manera la planta gasta la energía en otros procesos metabólicos.

La película fina constituida por una determinada cantidad de solución nutritiva permite la respiración de las raíces, la absorción de los nutrientes y del agua durante el periodo vegetativo de la planta.



Figura II.3 Sistema NFT⁴

⁴ <http://hidroponiamex.blogspot.com/p/nft.html>

2.3.3 SISTEMA AEROPÓNICO

La aeroponía es el sistema hidropónico más moderno ya que permitió crear las denominadas "columnas de cultivo", esta consiste en un cilindro de PVC, u otros materiales, colocado en posición vertical, con perforaciones en las paredes laterales, por donde se introducen las plantas en el momento de realizar el trasplante. Las raíces crecen en oscuridad y pasan la mayor parte del tiempo expuestas al aire, de ahí el nombre de aeroponía. Por el interior del cilindro una tubería distribuye la solución nutritiva mediante pulverización media o baja presión. La principal ventaja que aporta la aeroponía es la excelente aireación que el sistema proporciona a las raíces, uno de los factores limitantes con los que cuenta la hidroponía.

Los sistemas aeropónicos que se utilizan actualmente difieren considerablemente del que inicialmente, en realidad se trata de un sistema aero-hidropónico, que consiste en sumergir la mayor parte de las raíces en el seno de una solución nutritiva que se halla constantemente en circulación; la solución nutritiva se pulveriza sobre la parte alta de las raíces proyectando aire a alta presión por medio de una tubería finamente perforada mediante tecnología láser, en contracorriente con la solución nutritiva circulante. De esta forma, se consigue que una parte de la raíz esté permanentemente en contacto con la solución nutritiva recirculante y la otra se halle bien aireada. La innovación aeropónica más recientemente desarrollada en Australia recibe el nombre de Aero-Gro System (AGS), se caracteriza y distingue fundamentalmente de los demás sistemas

aeropónicos porque incorpora tecnología ultrasónica, lo que permite proyectar la solución nutritiva a baja presión, con gotas finamente pulverizadas y sin problemas de obstrucciones en tuberías y boquillas de pulverización. Se trata de una tecnología basada en los principios que se utilizan en clínicas y hospitales para tratar pacientes que sufren determinados problemas asmáticos, la pulverización ultrasónica de agua vaporizada, a temperatura ambiente y a baja presión. La aeroponía también se ha utilizado con gran éxito en la propagación vegetal y, más concretamente, en la propagación de estacas de especies herbáceas (crisantemo) o leñosas (ficus) difíciles de enraizar.



Figura II.4 Sistema Aeropónico⁵

2.4 SUSTRATO

Una planta hidropónica no tiene que recurrir al suelo para alimentarse, pues nosotros por medio de la solución nutritiva le daremos en cantidades suficientes para su perfecto desarrollo, esto se ve reflejado en frutos de alta calidad, no solo de sabor y textura sino que además de ser cultivados por nosotros mismos, se asegura que sean productos sanos y limpios, libres de insecticidas o agroquímicos nocivos a nuestra salud. La solución puede ser preparada por nosotros mismos, de forma muy sencilla. Existen infinidad de

⁵ <http://hidroponiamex.blogspot.com/p/aeroponia.html>

fórmulas las cuales alimentan las plantas, unas mejor que otras. Hay fórmulas generales es decir, que sean aptas para más de un tipo de plantas, las estáticas son para un solo tipo de planta. Las sales pueden ser conseguidas en zona de jardinería en supermercados, viveros, o centros especializados, inclusive ya la venden solo para diluirse en agua y listo.



Figura II.5 Solución Nutritiva⁶

2.5 SISTEMA ELECTRICO

2.5.1 BOMBA HIDRAÚLICA

Las bombas son dispositivos mecánicos diseñados para transportar agua de un lugar a otro aplicando cierta presión y velocidad, gracias a esto podemos transportar grandes volúmenes del líquido en un menor tiempo a grandes distancias y con gran eficiencia.

Existen infinidad de formas de clasificación, pero fundamentalmente se pueden dividir en dos grandes grupos:

Bombas volumétricas o de desplazamiento positivo.- entre las que se encuentran por ejemplo las alternativas, rotativas y las neumáticas, pudiendo decir

⁶ http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=45

a modo de síntesis que son bombas de pistón, cuyo funcionamiento básico consiste en recorrer un cilindro con un vástago.

Bombas dinámicas o de energía cinética.- consisten en un rodete que gira acoplado a un motor. Entre ellas se sitúan las regenerativas, las especiales, las periféricas o de turbinas y una de las más importantes "las centrífugas", estas últimas son las más utilizadas para los diseños de sistemas de riego.

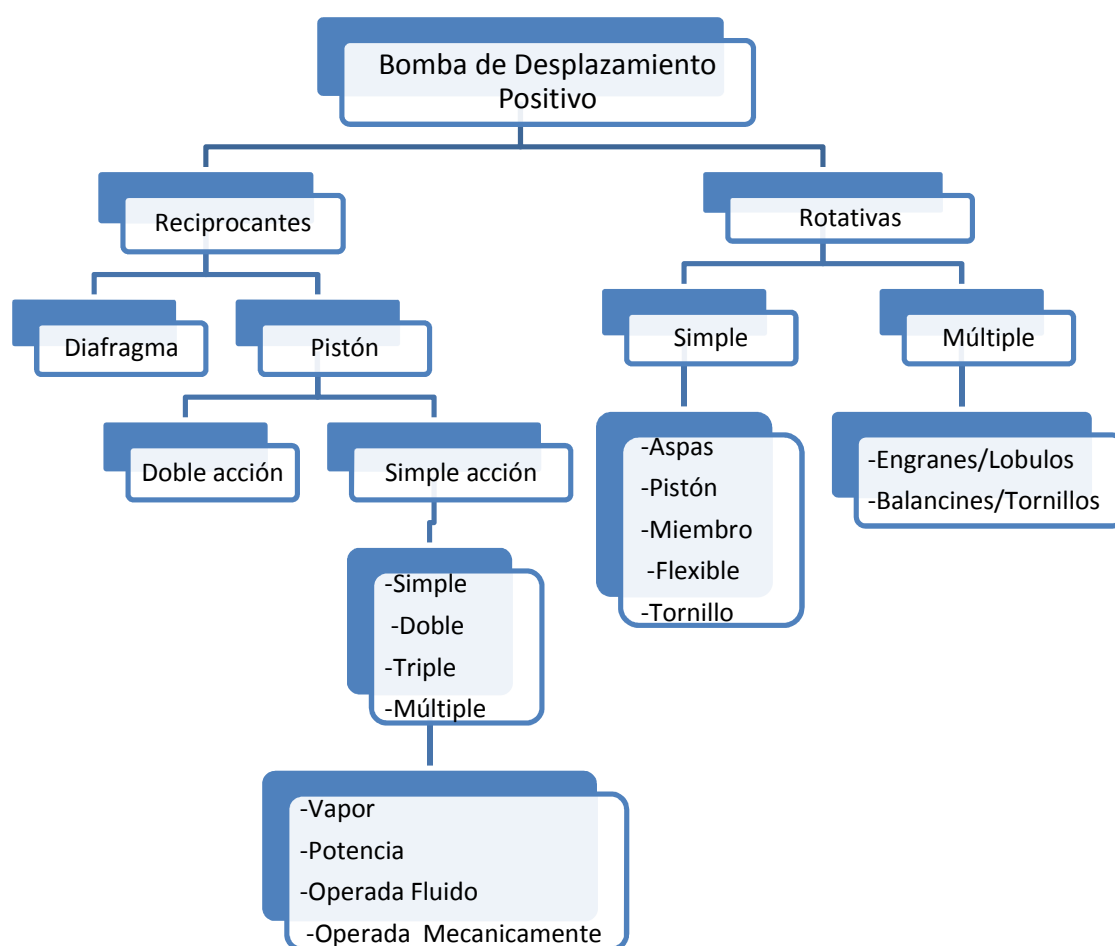


Tabla II.II Clasificación de Bombas de Desplazamiento Positivo⁷

⁷ http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=151

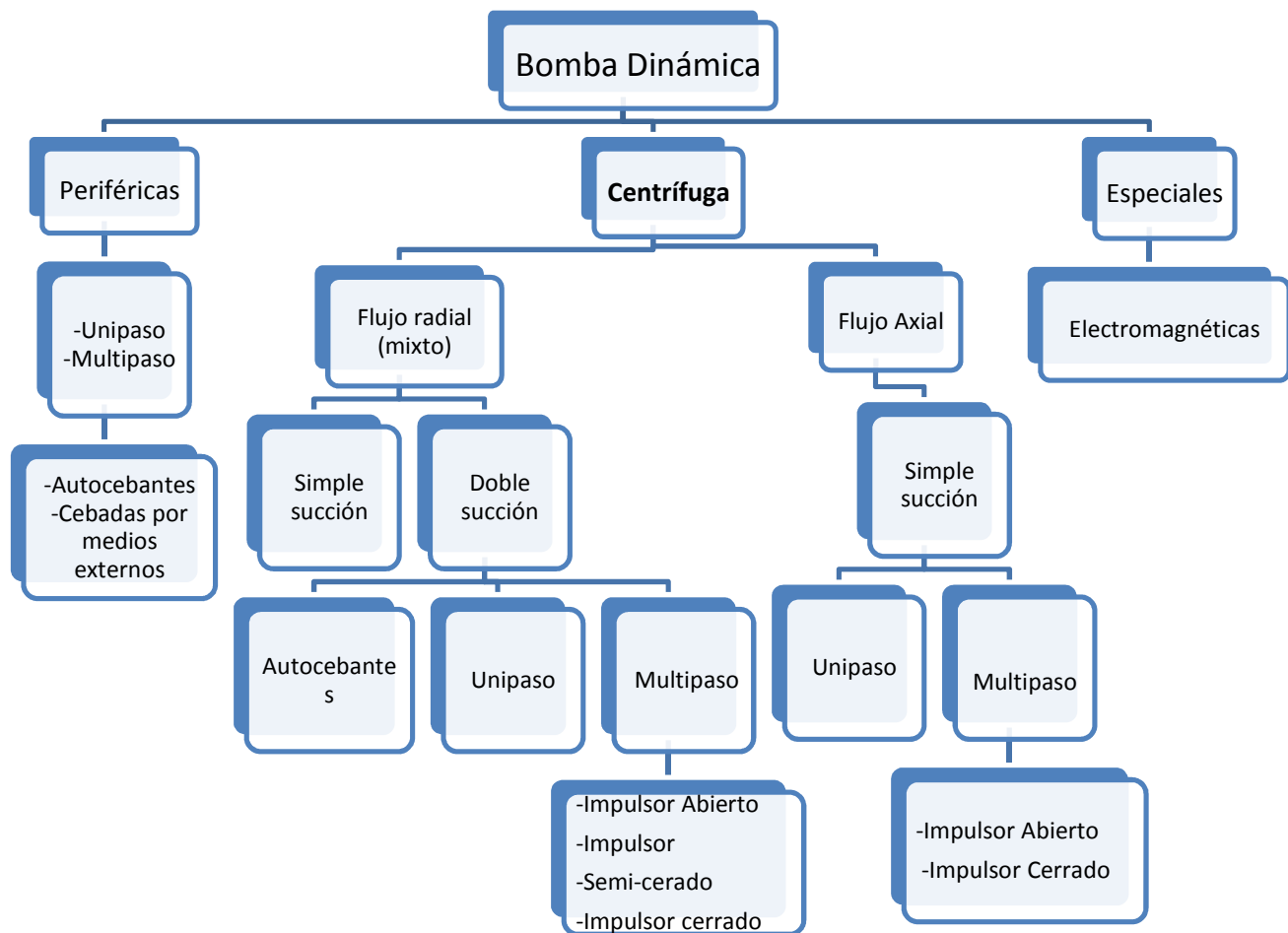


Tabla II.III Clasificación de las Bombas Dinámicas⁸

2.5.1.1 Bomba Centrífuga

Las bombas son dispositivos mecánicos diseñados para transportar agua de un lugar a otro aplicando cierta presión y velocidad, gracias a esto podemos transportar grandes volúmenes del líquido en un menor tiempo a grandes distancias y con gran eficiencia.

⁸ http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=151

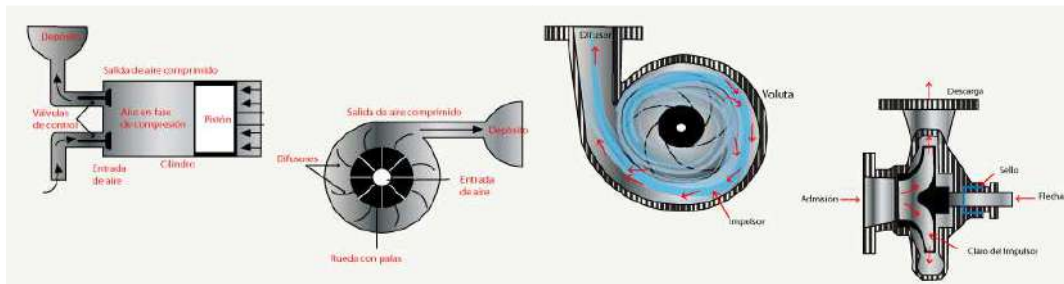


Figura II.6 Componentes y Principio de la Bomba Centrífuga⁹

Este sistema mecánico aprovecha el movimiento de rotación de una rueda con paletas (rodete) insertada en el cuerpo de la bomba misma. El rodete, alcanzando alta velocidad proyecta hacia afuera el agua anteriormente aspirada gracias a la fuerza centrífuga que desarrolla, encanalando el líquido en el cuerpo fijo y luego en el tubo de envío.

Principios de la bomba centrífuga

➤ Caudal

Es la cantidad de líquido (en volumen o en peso) que se debe bombear, trasladar o elevar en un cierto intervalo de tiempo por una bomba: normalmente expresada en litros por segundo (l/s), litros por minuto (l/m) o metros cúbicos por hora (m³/h).

Símbolo: Q.

➤ Altura de elevación

Altura de elevación de un líquido: el bombeo sobre entiende la elevación de un líquido de un nivel más bajo a un nivel más alto. Expresado en metros de columna

⁹ http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=151

de líquido o en bar (presión). En este último caso el líquido bombeado no supera ningún desnivel, sino que va erogado exclusivamente a nivel del suelo a una presión determinada. Símbolo: H.

➤ Curva de prestaciones.

Ilustración gráfica que explica las prestaciones de la bomba: el diagrama representa la curva formada por los valores de caudal y de altura de elevación, indicados con referencia a un determinado tipo de rodete diámetro y a un modelo específico de bomba.

➤ Bajo nivel

Instalación de la bomba colocada a un nivel inferior al de la vena de la cual se extrae el agua: de esta manera, el agua entra espontáneamente en la bomba sin ninguna dificultad.

➤ Cebado

Es el llenado de la bomba o de la tubería para quitar el aire presente en ellas. En algunos casos, se pueden suministrar, también, bombas auto-cebadas, es decir dotadas de un mecanismo automático que facilita el cebado y por lo tanto la puesta en marcha de la bomba, lo cual sería imposible de otra manera, y además muy lento.

➤ Cavitación

Fenómeno causado por una inestabilidad en el flujo de la corriente. La cavitación se manifiesta con la formación de cavidad en el líquido bombeado y está acompañada por vibraciones ruidosas, reducción del caudal y, en menor medida, del rendimiento de la bomba. Se provoca por el pasaje rápido de pequeñas burbujas de vapor a través de la bomba: su colapso genera micro chorros que pueden causar graves daños.

➤ Pérdidas de carga

Pérdidas de energía debida a la fricción del líquido contra las paredes de la tubería, proporcional al largo de éstas. También son proporcionales al cuadrado de la velocidad de deslizamiento y variabilidad en relación con la naturaleza del líquido bombeado, cada vez que disminuye el deslizamiento normal del fluido movido representa una posibilidad de pérdidas de carga como los bruscos cambios de dirección o de sección de las tuberías, para lograr en la bomba un correcto dimensionamiento, a la suma de sus pérdidas se debe agregar la altura de elevación prevista originariamente.

➤ Sello mecánico

Sello mecánico para ejes rodantes. Usado en todos los casos en que no se puede permitir goteo alguno externo de líquido. Está compuesto por dos anillos con superficie plana, una fija y otra rodante: las dos caras están prensadas juntas de manera que dejan sólo una finísima película hidrodinámica formada por líquido que se retiene para que funcione como lubricante de las partes que se deslizan.

➤ Viscosidad

Se trata de una característica del fluido bombeado: representa su capacidad de oponerse al desplazamiento. La viscosidad varía según la temperatura.

➤ Peso específico

Cada fluido tiene una densidad característica. El agua, que se usa como término de comparación, convencionalmente tiene un peso específico (o densidad) de 1 (a 4°C y a nivel del mar). El peso específico representa el valor usado para comparar el peso de un cierto volumen de líquido con el peso de la misma cantidad de agua.

2.5.2 RELÉ LÓGICO PROGRAMABLE (LOGO)



Figura II.7 Relé Lógico Programable (LOGO)¹⁰

Es un módulo lógico universal para la electrotecnia, que permite solucionar las aplicaciones cotidianas con un confort mayor y menos gastos, solucionando tareas en instalaciones, edificios y en la construcción de máquinas y aparatos por ejemplo controles de puertas, ventilación, bombas de aguas, etc.

¹⁰<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Pages/LOGO.aspx>

Lo primero que llama la atención del LOGO es su tamaño y la facilidad de ser alojados en cualquier armario o caja con riel DIN normalizado. Por lo tanto son ideales para solucionar moderados problemas de automatismos en instalaciones domésticas.

Toda la programación se realiza, de una forma bastante sencilla, con las 6 teclas que están situadas en la parte frontal. La visualización del programa, estado de entradas y salidas, parámetros, etc., se realiza en una pequeña pantalla LCD de forma gráfica. También, con la ayuda de un software (logo Soft) se puede realizar el programa en un PC y transferirlo a través del cable de transmisión de datos al logo, la programación se realiza en un lenguaje gráfico de puertas lógicas (and, or, nand, nor, etc.) con diagrama de contactos (Ladder o KOP).

2.5.2.1 Módulo de Ampliación PT 100



Figura II.8 Módulo de Ampliación Siemens LOGO! AM2¹¹

Pueden utilizarse junto con módulos de comunicación y digitales, y se conectan al lado derecho de la unidad de base o módulo de expansión anterior a través de un conector de bus integrado.

¹¹ <http://masvoltaje.com/siemens-logo/1184-modulo-de-expansion-am2-pt100-alimentacion-12-24v-dc-2ea-pt100-50-200-grad-c-6940408100992.html>

El módulo de entrada AM2 PT100 cuenta con dos canales para la conexión de sensores de temperatura de termopar PT100

Características técnicas:

AM2 PT100	
Tensión de Alimentación	10,8 a 28,8 V DC
Entradas Analógicas	Conexión a 2 ó 3 hilos
Termo-resistencias	Sensores PT100/PT1000
Protección	IP20
Temperatura de Empleo	Min 0 °C Max 55 °C
Anchura	36 mm
Altura	90 mm
Profundidad	53 mm

Tabla II.IV Características del Módulo AM2 para PT100¹²

2.5.3 SENSORES

2.5.3.1 Nivel

Los sensores de nivel de agua monitorean los niveles que hay en los tanques, acuarios y piscinas. Ya sea tan simple como un circuito que enciende una luz cuando el nivel de agua desciende por debajo de un nivel predeterminado, o tan

¹² <http://masvoltaje.com/siemens-logo/1184-modulo-de-expansion-am2-pt100-alimentacion-12-24v-dc-2ea-pt100-50-200-grad-c-6940408100992.html>

complejo como un controlador basado en un micro sistema, todos los sensores de nivel de agua tienen tres características en común:

- Un dispositivo para detectar el nivel de agua
- Un circuito para procesar la señal recibida desde el sensor
- Una forma de salida para la señal que indica el nivel de agua



Figura II.9 Sensor de nivel tipo Interruptor de Flotador de la bomba ¹³

El tipo de cable de los trabajos como interruptor de flotador es producto automático del agua de un control del nivel que utiliza micro-conmutadores o los interruptores de mercurio como salida del contacto. Cuando el interruptor de flotador del nivel líquido a los puntos de un control de encargo, cablegrafía el interruptor de flotador para martillar hacia arriba o hacia abajo para el origen a cierto ángulo, el interruptor llano del flotador dentro de la bola rodará abajo a los interruptores micro (de mercurio) o de los interruptores micro (de mercurio), del interruptor normalmente abierto o de la señal por intervalos normalmente cerrada del contacto hecha salida de la bomba, para controlar el nivel de propósito.

Especificación técnica:

- Voltaje clasificado: 250V (380V)

¹³ http://es.made-in-china.com/co_xiaohongco/product_Pump-Float-Switch-XH-003-_hessinyny.html

- Corriente clasificada: 8A (5A)
- Temperatura de trabajo: 0 grados de temperatura del agua; 80 grados
- Resistencia mecánica: 100, 000 veces
- Resistencia eléctrica: 50, 000 veces
- Grado de la protección: IP68CS

Todos los controladores de nivel de líquido operados por flotador funcionan con el principio básico de flotación que dice "la acción de la fuerza de flotación en un objeto es igual a la masa de líquido desplazada por el objeto". Como resultado, los flotadores parcialmente sumergidos siguen a la superficie del líquido y se mueven la misma distancia al movimiento del nivel de líquido. Debido a esto, se usan normalmente para aplicaciones diferenciales de nivel angosto tales como alarma de nivel alto o alarma de nivel bajo.



Figura II.10 Sensor de nivel interruptor tipo flotador¹⁴

Usados con hidroponía, tanque de agua salada, tanque de agua dulce, jardinería, acuarios, tanque de pez, filtración u otros dispositivos de control de potencia, no contiene mercurio, su interruptor de flotador baja/sube

- Longitud del cable: 30.5 cm

¹⁴ <http://www.aliexpress.com/item-img/Water-Level-Sensor-Liquid-Float-Switch-Tank-Pool-PP-Wholesale-retail/361746409.html>

- Carga máxima: 50W
- Voltaje máximo de conmutación: 100V DC
- Tensión mínima: 250V DC
- Corriente máxima de Conmutación: 0.5 A
- Corriente máximo de carga: 1.0 A
- Clasificación temperatura: -20 a 80 °C

2.5.3.2 ***Temperatura (Pt 100)***

Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo), consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica, el incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal), por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °C).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas

erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave, Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone". Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión.

En el caso particular de los instrumentos ARIAN, se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide $2R_c$. Luego mide la resistencia por los cables café y azul para finalmente restarle $2R_c$ al valor medido y obtener $R(t)$.

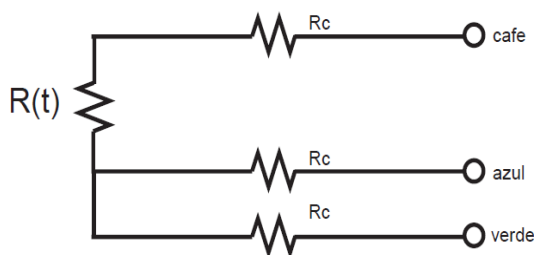


Figura II.11. Conexión de PT100 de 3 hilos¹⁵

¹⁵ <http://spanish.alibaba.com/product-free/pt100-sensor-rtd-sensor-thread-sensor-109561799.html>

2.5.3.3 Final de carrera



Figura II.12. Sensor Final de Carrera¹⁶

Final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limit switch, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado. Los finales de carrera están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.

2.5.4 MORTOR CORRIENTE CONTINUA

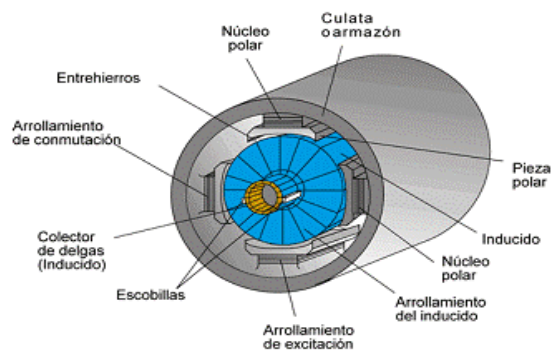


Figura II.13. Motor de corriente continua¹⁷

¹⁶ <http://adjditec.com/productos/final-de-carrera-industrial-omron-z-15gq22-b>

¹⁷ <http://actuadores-ttp.blogspot.com/2009/11/motores-de-corriente-continua.html>

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. Los motores DC son los más usados en la actualidad debido a su facilidad de control. Los motores de DC están constituidos por dos devanados internos, inductor e inducido, que se alimentan con corriente continua. El inducido, también denominado devanado de excitación, está situado en el estator y crea un campo magnético de dirección fija, denominado excitación.

La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga. Una máquina de corriente continua se compone principalmente de dos partes:

ESTATOR: Que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro.

ROTOR: Es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

Características:

- Potencias fraccionarias hasta el millar de KW
- Regulación de velocidad nominal y una buena precisión
- Regulación de par

- Este tipo de motores presentan la excitación bobinada en paralelo, por lo que la caída de tensión de la excitación es la misma que la del motor. Pueden ser de dos tipos: con escobillas, y sin escobillas o brushless.
- **Con escobillas:** Presentan inconvenientes en cuanto al mantenimiento, ya que las bobinas chisporrotean continuamente y se desgastan.
- **Sin Escobillas o Brushless:** Presentan un menor coste de mantenimiento al funcionar sin escobillas

CAPÍTULO III

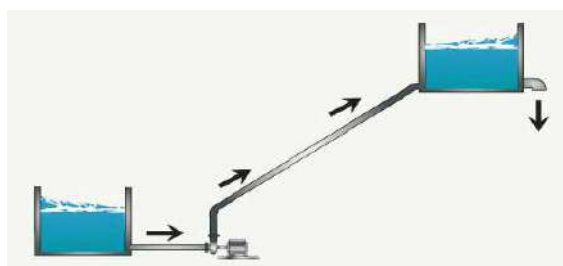
3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

3.1. BOMBA HIDRAÚLICA

En los sistemas de riego localizados para mover el agua de un punto inicial a otro a través de las tuberías se necesita una bomba, estas habitualmente funcionan a base de electricidad y/o combustible fósil produciendo la energía suficiente para que se realice el riego uniforme.

Existen diversas formas de realizar los riegos la forma rudimentaria de hacerlo implica utilizar la gravedad y la pendiente del terreno, sin embargo estas no satisfacen las demandas de agua porque no se produce la energía necesaria para mover el líquido, por lo que se tienen que hacer modificaciones en el terreno lo que genera mayores costos y a la larga decremento de ganancias, por ello es que en la actualidad se utilizan bombas que optimizan los sistemas de riego las más utilizadas son las centrífugas.

Como ya lo mencionamos el rol de una bomba es el aporte de energía para impulsar el líquido (energía transformada en caudal y altura de elevación).



*Figura III.14. Función de la bomba Hidráulica*¹⁸

Estos dispositivos mecánicos diseñados para transportar agua de un lugar a otro aplicando cierta presión y velocidad, podemos transportar grandes volúmenes del líquido en un menor tiempo a grandes distancias y con gran eficiencia.

La bomba tiene la función de impulsar la solución nutritiva desde el tanque hacia los canales del cultivo a través de las tuberías de distribución. En cada canal, el flujo de la solución nutritiva debe ajustarse aproximadamente en 2 a 3 lt/min. Este

¹⁸ http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=151

caudal es importante porque permite una adecuada aireación de la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces, la absorción de agua y nutrientes. Se escogió una bomba de 0.5 HP la que se encargara de distribuir el nutriente para todo el sistema, enviar desde 0 a 3m de altura del tanque.

➤ **DATOS DEL SISTEMA**

ALTURA DE SUCCION:	1.60 m
ALTURA DE IMPULSION:	1.80m
DISTANCIA RECORRIDA:	9m
VOLUMEN DEL TANQUE:	500lt

➤ **CALCULO DEL CAUDAL**

$$Q = \frac{V}{t}$$

Datos:

$Q_{\text{nutriente}} = 2-3\text{lt/min}$ es el caudal ideal para el transporte de nutrientes en la técnica NFT

V_{Tubo} = Es el volumen de la canales de cultivo 19.08 lt

$$Q_n = \frac{V_T}{t}$$

$$t = \frac{Q_n}{V_T}$$

$$t = \frac{19.08}{3}$$

$$t = 6.36\text{min}$$

$$t = 7\text{min}$$

Es el tiempo que tiene que circular el nutriente por la tubería de distribución para que se mantenga a una altura de 45mm

Dónde:

Q: caudal en lt/min

V: volumen en lt

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{343.44}{7}$$

$$Q=49.42 \text{ lt/min}$$

➤ **CÁLCULO DE LA ALTURA TOTAL MANOMÉTRICA**

Para calcular la altura, debemos sumar (alturas geométricas + pérdidas de cargas).

Altura total geométrica: 3.4m

Perdidas de Carga (consideramos mínimas 10% de Hg): 0.34m

H manométrica = 3.74 m.c.a

➤ **SELECCIÓN DE LA BOMBA**

Formula de la potencia

$$HP = \frac{Q*H}{76*\mu} \quad (2)$$

Dónde: Q es el caudal que es 49.42lt/min, H la altura manométrica es 3.74 m, μ es eficiencia de la bomba 60%, HP es la potencia de la bomba.

$$HP = \frac{49.42 * 4}{76 * 60}$$

HP=0.07 Se escogió una bomba de 0.5 HP que se utilizara en una expansión del sistema, abasteciendo hasta una producción de 100m^2



Figura III.15. Bomba ubicada en el prototipo¹⁹

3.2. TANQUE

El tanque almacena la solución nutritiva y su capacidad fue calculada con el número de plantas que tendrá el cultivo en este caso tenemos alrededor de 500 lechugas (487 plantas) en todo el sistema. El tanque escogido es un tanque plástico tipo botella con protección de rayos solares, hermético, evitando la proliferación de organismos como algas y lama, además no se corroen, ni se oxidan y no requieren de mantenimiento continuo, el volumen que contiene es de 500lt.

Calculo del Volumen del Tanque

$V = \pi r^2 h$	$r = \text{radio del tubo del cultivo}$ $h = \text{longitud del tubo del cultivo}$
$V_1 = 0.0381\text{m}^3$ $V_1 = 38.17\text{lt}$	$V1 = \text{Volumen de un tubo de 90mm}$
$V_{18} = 687.066\text{lt}$	$V18 = \text{Volumen de 18 tubos de 90mm}$
$V_{(1/2)} = 343.533\text{ lt}$	$V_{(1/2)} = \text{Volumen a una lámina media}$

Tabla III. V. Cálculo del volumen del tanque²⁰

¹⁹ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

²⁰ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

Por esta razón se escogió un tanque de 500 lt, ya que cumple los requerimientos de volumen de agua que el sistema necesita.



Figura III.16. Tanque de 500lt para realizar la solución²¹

3.3. TUBERÍAS

3.3.1. TUBERIA DE DISTRIBUCION

Llevar la solución nutritiva hacia los canales de cultivos, sus diámetros y dimensiones depende del volumen de solución nutritiva que se transporta a través del sistema. Se prefiere que sea de materiales como el PVC por su bajo costo, su fácil instalación y porque no se corroen. Distribuye la s.n. hacia dos subsistemas controlados por electroválvulas independientes de 19mm para evitar que el caudal se pierda al ser suministrado a todo el sistema, obteniendo un flujo de ingreso uniforme hacia los canales de cultivos, este ingreso se efectúa a través de tubería de 16mm conectadas a cada canal de cultivo del sistema.

Cálculo de tuberías de distribución

Se escoge el diámetro de la tubería a partir de la tabla para tuberías PVC.

²¹ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

SELECCION DE CAÑERIA, Y PERDIDAS DE CARGA														
Q	DIAMETRO TUBERIAS DE PVC C-10													
L/min	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	200	
10	0,04 0,73	0,01 0,44												
20	0,15 1,47	0,04 0,88	0,01 0,53			Valores confiales hasta 200 m . Fórmula utilizada : Hazen y Williams								
30	0,32 2,20	0,09 1,32	0,03 0,79	0,01 0,49										
40	0,54 2,94	0,16 1,75	0,04 1,05	0,01 0,65										
50		0,23 2,19	0,07 1,32	0,02 0,82	0,01 0,52									
60		0,33 2,63	0,09 1,58	0,03 0,98	0,01 0,62									
70			0,13 1,84	0,04 1,15	0,01 0,73									
80			0,16 2,10	0,05 1,31	0,02 0,83	0,01 0,52								
90			0,20 2,37	0,06 1,47	0,02 0,93	0,01 0,59								
100			0,24 2,63	0,08 1,64	0,03 1,04	0,01 0,65								
120				0,11 1,96	0,04 1,25	0,01 0,78								
140				0,14 2,29	0,05 1,45	0,02 0,91	0,01 0,65							
160				0,18 2,62	0,06 1,66	0,02 1,04	0,01 0,74							
180				0,23 2,95	0,08 1,87	0,02 1,18	0,01 0,83							
200					0,09 2,08	0,03 1,31	0,01 0,92	0,01 0,64						
250					0,14 2,60	0,04 1,63	0,02 1,15	0,01 0,80						
300						0,06 1,96	0,03 1,38	0,01 0,96						
350						0,08 2,29	0,04 1,62	0,01 1,12	0,01 0,75					
400						0,11 2,61	0,05 1,85	0,02 1,28	0,01 0,86					
450						0,13 2,94	0,06 2,08	0,02 1,44	0,01 0,97					
500							0,07 2,31	0,03 1,60	0,01 1,07	0,01 0,83				
600							0,10 2,77	0,04 1,92	0,02 1,29	0,01 1,00				
800								0,07 2,56	0,03 1,72	0,01 1,33	0,01 1,06			
1000									0,04 2,15	0,02 1,66	0,01 1,32	0,01 1,01		
1500										0,04 2,49	0,03 1,99	0,01 1,52	0,00 0,93	
2000											0,04 2,65	0,02 2,03	0,01 1,24	

Para bombas, se recomienda calcular las cañerías con velocidad similar a (1,5 mts./seg.).

Para bombas, se recomienda calcular las cañerías con velocidad similar a (1,5 mts./seg.).

Figura.III.17 Tabla para la selección de tubería de PVC²²

La tubería escogida para la distribución tanque en succión como en descarga es de **32mm** tubería de PVC ya que el caudal que vamos a manejar es de 49.09lt con una velocidad de 1-2 m/s.

²² Manual de plastigama 2013



Figura III.18. Tubería de distribución hacia los sistemas²³

3.3.2 CANALES DE CULTIVO

Sostiene a las plantas, y en su interior recorre la solución nutritiva y desarrolla el sistema radicular del cultivo. La longitud máxima recomendable por canal es de 15 m, de lo contrario puede presentarse insuficiencia de oxigenación de las raíces, en nuestro caso la tubería es de 6m teniendo 18 tubos divididos en 2 sistemas controlados por electroválvulas independientes. Los canales están apoyados por 5 caballetes que mantienen el nivel en 1 a 2 % de la inclinación para que los tubos no retengan mucha agua en la salida y entrada. La tubería tiene perforados 27 agujeros de 1 1/2 in a una distancia de 25mm entre agujeros, los tubos PVC son 0.5mPa pintados de color blanco con la finalidad de disipar el calor y que el cultivo no aumente la temperatura.



Figura III.19 Canales del Cultivo²⁴

²³ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

3.3.3 TUBERIAS DE RECOLECCION O DRENAJE

Recoge la solución nutritiva que circula por los canales y la lleva de retorno al tanque. Se coloca debajo de los canales de cultivo con una ligera pendiente respecto al tanque, con la finalidad de facilitar el retorno al tanque. En un tubo de 75mm la cual permite un flujo uniforme de fluido que al final cuando recircula al tanque tiene una estrangulación de 75mm a 32mm muy importante para producir un golpe y un flujo turbulento para la oxigenación del agua que recircula por el sistema, la s.n. es recogida por una tubería de 16mm colocada a la mitad del canal de cultivo conectada a un tapón de caucho, permitiendo que fluya el agua hacia la tubería de recolección.

Selección de la tubería de recolección

$$V = \pi r^2 L$$

Donde:

V=Volumen lt tubería de drenaje

r= Radio de tubería m 0.0375m

L=Longitud de la tubería 11m

$$V = \pi(0.048)^2(11)$$

$$V=0.048\text{m}^3$$

$$V=48\text{lt}\cong 49\text{lt}$$

Se escogió esta tubería ya que el volumen es similar al volumen que fluirá por los canales del cultivo este ingresa al tanque y no sobrepasara su capacidad.

²⁴ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)



Figura III.20 Tubería de drenaje de salida de los canales²⁵



Figura III.21. Tubería de drenaje entrada al tanque²⁶

²⁵ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

²⁶ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

4.1. SOLIDWORKS

4.1.1. INTRODUCCIÓN

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de manejar. Su filosofía de

trabajo permite plasmar sus ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas.

SolidWorks es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones para facilitar el modelado piezas, crear grandes ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable.

Las principales características es disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar. Todo integrado en un único programa de diseño con más de 45 aplicaciones complementarias para facilitar el desarrollo de proyectos.

Utilizar las funciones geométricas inteligentes y emplear un gestor de diseño (Feature Manager) que permite visualizar, editar, eliminar y actualizar cualquier operación realizada en una pieza de forma bidireccional entre todos los documentos asociados.

4.1.2 MÓDULOS DE SOLIDWORKS

Una de las características más importantes de SolidWorks es que al momento de crear uno de los tres módulos ya sea **Pieza, Ensamblaje o Dibujo**, estos están vinculados y al modificar un fichero de pieza se modifica el ensamblaje y los planos asociados de forma automática sin la intervención del usuario.

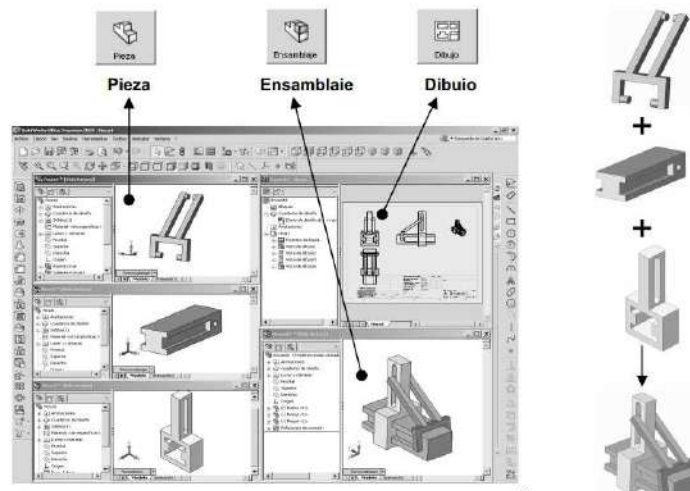


Figura IV.22 Módulos de SolidWorks²⁷

Para realizar un conjunto o ensamblaje debe diseñar cada una de las piezas que lo conforman y guardar como ficheros de pieza distintos asignando un nombre diferente para cada uno. El módulo de ensamblaje permite insertar cada una de las piezas y asignar relaciones geométricas de posición para definir tridimensionalmente el ensamblaje. Finalmente, puede obtener los planos las piezas o del propio ensamblaje de forma automática.

4.1.2.1 PIEZA

El Módulo de Pieza constituye un entorno de trabajo dónde se puede diseñar modelos empleando herramientas de diseño de operaciones ágiles e intuitivas. Su facilidad de uso se debe al entorno basado en Windows y en el uso de funciones clásicas como arrastrar y colocar, cortar y pegar o marcar y hacer clic con el ratón.

²⁷http://www.marcombo.com/Descargas/9788426714589-SolidWorks/descarga_primer_capitulo_libro_solidworks.pdf

El conjunto de funciones e iconos permiten crear modelos tridimensionales (3D) en base a geometrías de croquis (2D) y obtener sólidos, superficies, estructuras metálicas, piezas de chapa, piezas multicuerpo, etc.

Los modelos creados se gestionan mediante el Gestor de Diseño dónde se incluyen todas las operaciones 3D y 2D utilizadas en la obtención de la pieza. Puede modificar operaciones sin necesidad de eliminar y volverlas a crear.

El Módulo de Pieza está totalmente integrado con el resto de módulos y funcionalidades de forma que cualquier cambio en su modelo 3D se actualiza en el resto de ficheros asociados (Ensamblajes, Dibujo, etc.) de forma bidireccional.

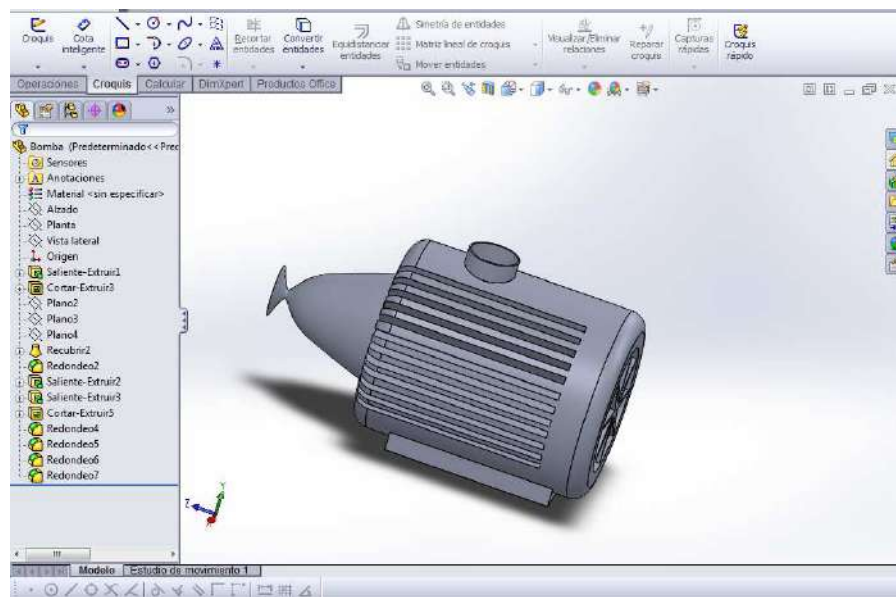


Figura IV.23. Módulo para crear una Pieza.²⁸

²⁸Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.1.2.2 ENSAMBLAJE

El Módulo de Ensamblaje está formado por un entorno de trabajo preparado para crear conjuntos o ensamblajes mediante la inserción de los modelos 3D creados en el Módulo de Pieza. Los ensamblajes se definen por el establecimiento de Relaciones Geométricas entre las piezas integrantes.

La creación de ensamblajes permite tener una idea precisa de cómo debe construirse para evitar los errores al momento de su construcción.

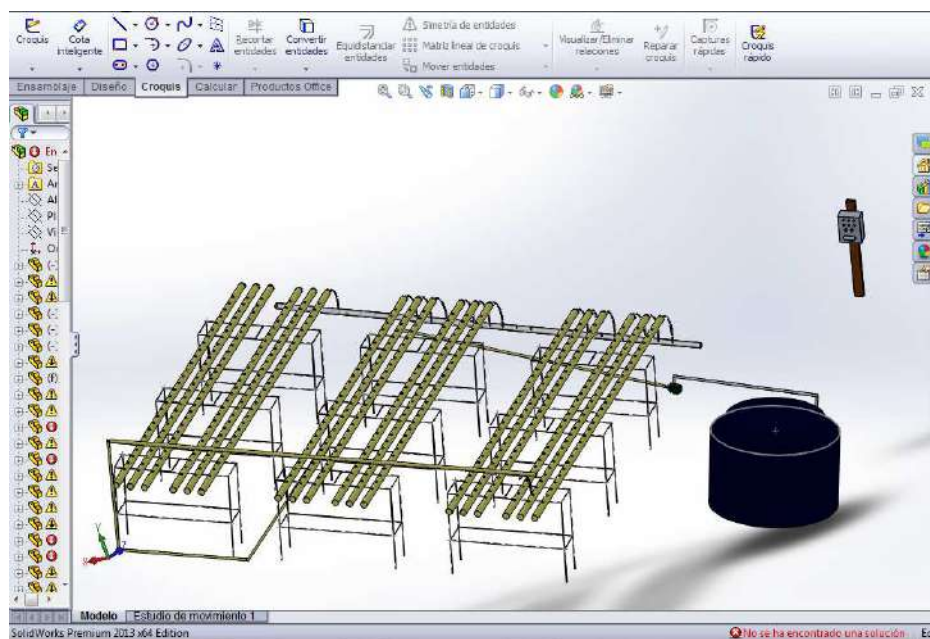


Figura IV.24. Módulo para el Ensamblaje²⁹

²⁹Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.2 DISEÑO DE CONTROL PARA EL PROTOTIPO

4.2.1 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

Se diseñó un tablero el cual se encarga del control automático de todo el sistema, está programado con ciclos de activación que van 11 minutos encendido el primero y 11 minutos encendido el segundo con lapsos de descanso de 10 minutos respectivamente. Se monitorea y controla la temperatura del invernadero con un control todo o nada para la temperatura máxima y mínima, al sobrepasar los 22°C el motor sube la cortina y cuando está por debajo de los 14°C la cortina baja.

El tablero se diseñó con la etapa de mando, fuerza para las diferentes componentes del sistema, la protección de tensión y corriente dimensionados para que el sistema no tenga problemas ya sea por sobre corrientes o sobrecargas en los equipos.

ACTUADORES

4.2.1.1 Bomba centrífuga de ½ hp

Es una maquina hidráulica que no cambia la densidad del fluido que circula por ella por ende en su diseño y estudio permanece constante las características se detallan a continuación:

VOLTAJE:	120VAC
POTENCIA:	1/2HP
ALTURA MANOMETRICA:	4:20 m
CAUDAL:	5:40
ALTURA MANOMETRICA MAX:	40m
CAUDAL MAX:	40lt/min

Tabla IV. VI. Característica de la bomba hidráulica³⁰
Dimensionamiento del Conductor

$$P = VI$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{372}{120}$$

$$I=3.107A$$

Donde:

P=Potencia W

V=Voltaje V

I=Corriente A

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR A PARTIR DE LA TABLA DE CORRIENTE
CONDUCTOR

TIPO MOTOR	HP	CORRIENTE		TERMINO	DISTANCIA DEL CABLEADO EN METROS LINEALES													
		AMPER	AMPER		15	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180
MONOFASE 220 V.	0,5	2,7	10	1,8-2,5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	0,8	2,8	10	2,5-4	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	0,8	3,7	10	4-6,3	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	1	5	16	4-6,3	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	1,5	7,7	20	7,0-11	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	2,2	10,5	32	7,0-11	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	2,5	11	32	10,0-16,0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	3	13	35	10,0-16,0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
TRIFASE 380 V.	0,5	0,8	3x6	0,8-1,5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	0,8	1	3x6	0,9-1,5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	0,8	1,4	3x6	1,4-2,3	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	1	2	3x6	1,6-2,5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	1,5	2,5	3x6	2,5-4	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	2,2	3,5	3x6	2,5-4	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	2,5	3,8	3x6	2,5-4	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	3	5,2	3x10	4-6,3	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	4	6,7	3x10	5,0-8,0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	5,5	8	3x16	7,0-11	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	7,5	13	3x25	10,0-16,0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	10	16	3x32	14,0-23	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	12,5	18	3x32	14,0-23	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

* VALORES SÓLO PARA ARRANQUE DIRECTO, PARA ESTRELLA TRIANGULO DIVIDIR CORRIENTE POR 1,73

Figura IV.25. Tabla de conductores³¹

³⁰ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

³¹ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

Se escogió cable # 14AWG gemelo para la alimentación de la bomba, con una protección de 8 A.

4.2.1.2 Electroválvula

Es un actuador de tipo hidráulico permite el paso de caudal atreves de la tubería es el encargado de controlar el ingreso de agua a los sistemas, tiene las siguientes características.

VOLTAJE:	24VDC
POTENCIA:	20W
PRESION:	0-0.1 bar
DIAMETRO:	3/4"
CARACTERISTICAS	Funcionamiento NC

Tabla IV.VII. Características de la Electroválvulas³²

Se escogió cable flexible # 18 ya que la corriente es de 0.833A



Figura IV.26. Electroválvula del sistema1 y sistema 2³³

4.2.1.3 Motor dc

Es un motor de corriente directa de 24V conectado a una caja reductora que proporciona el torque suficiente para que la cortina del invernadero pueda subir y bajar con facilidad.

CALCULO DEL TORQUE DEL MOTOR

³² <http://cmf-mm.meistermedia.net/42218/tbla-2.jpg>

³³ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

$P(m^2) = 0.2Kg/m^2$ es el peso del plástico de polímero por unidad de área

$$A = b * h$$

$$A = 9 * 3$$

$$A = 27m^2$$

Donde:

A=área de la cortina m^2

B=base m

H= altura m

$$P_{plastico}=Pm * A$$

$$P_{plastico}=0.2 * 18$$

$$P_{plastico}=3.6kg$$

$$W = m * g$$

Donde:

W=Peso N

M=masa Kg

g=gravedad m/s^2

$$W_{plastico} = 3.6 * 9.8$$

$$\mathbf{W_{plastico} = 35.28N}$$

$$P_{tubo} = 1.14Kg/6m$$

$$W_{tubo} = 1.14 * 9.8$$

$$\mathbf{W_{tubo}=11.22N}$$

$$W_{total} = W_t + W_p$$

$$\mathbf{W_{total} = 46.5N}$$

$$\tau = F * d$$

$$\tau = 46.5 * 0.2$$

$$\mathbf{\tau = 9.3Nm}$$

Donde:

τ =torque Nm

F=fuerza o peso N

d=distancia para aplicación de la fuerza m

El torque necesario para mover la cortina es de 9.3 Nm, el motor utilizado con la caja reductora tiene un torque hasta 43Nm gracias a su caja reductora.



Figura IV.27. Motor DC para el control de cortinas³⁴

SENSORES

4.2.1.4 Sensor de nivel tipo boya

Este sensor permite tener un control de nivel del líquido envía una señal al LOGO para indicarle que el nivel de agua es el aceptable y que la bomba puede funcionar con normalidad evitando posibles daños en ella.



Figura IV.28. Sensor de nivel tipo boya³⁵

4.2.1.5 Sensor de nivel tipo flotador

El sistema cuenta con dos sensores de nivel en cada sistema, estos se encargan de verificar que el nivel de agua en los canales de cultivo no sobrepasen el nivel de 45mm.



Figura IV.29. Sensor de nivel tipo flotador en el canal de cultivo³⁶

³⁴ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

³⁵ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.2.1.6 Sensor final de carrera

El sistema de control de temperatura cuenta con dos finales de carrera, conectados en el nivel superior e inferior de apertura y cierre de la cortina estos sensores envía una señal al controlador para detener el motor en los dos niveles indicados, el sensor inferior es un sensor normalmente cerrado (NC) y el superior es (NO).



Figura IV.30. Final de carrera inferior NC/ Final de carrera superior NO³⁷

4.2.1.7 Sensor de temperatura

El sensor de temperatura es un sensor tipo PT100 con un rango de temperatura de -50 a 200 °C el cual es un sensor de 3 hilos.

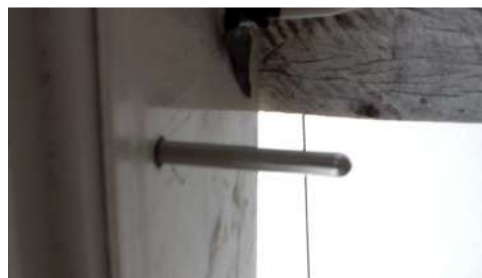


Figura IV.31 Sensor Pt100 de 3 hilos³⁸

³⁶ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

³⁷ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

³⁸ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.2.2 APARAMENTA ELECTRICA

4.2.2.1 Fusibles

Los fusibles son pequeños dispositivos que permiten el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido. Cuando aquello sucede, entonces el fusible inmediatamente, cortará el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente, protegiendo los aparatos eléctricos de "quemarse" o estropearse. El mecanismo que posee el fusible para cortar el paso de la electricidad consta básicamente en que, una vez superado el valor establecido de corriente permitido, el dispositivo se derrite, abriendo el circuito, lo que permite el corte de la electricidad. De no existir este mecanismo, o debido a su mal funcionamiento, el sistema se recalentaría a tal grado que podría causar, incluso, un incendio.

Por lo general, los fusibles están instalados entre la fuente de alimentación eléctrica y el circuito que se quiere electrificar, y consta de un hilo que, a medida que la corriente eléctrica pasa, se calienta. Por lo tanto, cuando uno de estos dispositivos se quema, entonces significa que alguna parte del aparato ha consumido más electricidad de la necesaria, siendo necesaria una revisión completa de éste y una reposición del fusible quemado por uno de las mismas características.

El tablero de control fue diseñado con 3 fusibles y sus respectivos portafusibles para riel DIN los fusibles se escogieron para la protección de los principales componentes de control y que necesitaban una mayor protección.

COMPONENTE	APARATO A PROTEGER	CORRIENTE
Fusible 1	Fuente de 24V y electroválvulas	6 A
Fusible 2	Logo! y Logo TD	2 ^a
Fusible 3	Módulo AM2 RTD	2 ^a

Tabla IV.VIII. Protección de los diferentes aparatos³⁹



Figura IV.32. Fusibles tablero de control⁴⁰

4.2.2.2 Interruptor termomagnético

Los interruptores termomagnéticos (térmicas) se utilizan, en primer término, para proteger contra sobrecargas y cortocircuitos a los cables y conductores eléctricos. De esa manera asumen la protección de medios eléctricos contra calentamientos excesivos según la norma DIN VDE0100 parte 430.

Bajo determinadas condiciones los interruptores termomagnéticos (térmica) también garantizan la protección contra descargas peligrosas por tensiones

³⁹ <http://www.misrespuestas.com/que-son-los-fusibles.html>

⁴⁰ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

excesivas de contacto originadas por defectos de aislamiento según la norma DIN VDE 0100 parte 410.

Por medio de los ajustes fijos de corrientes de diseño también se posibilita una protección restringida de motores eléctricos.

Para las aplicaciones en la industria y en instalaciones eléctricas se complementan los interruptores termomagnéticos con componentes adicionales de sencillo montaje acoplado, como por ejemplo: contactos auxiliares, contactos de señalización.

Se utilizó 3 interruptores termomagnéticos de RIEL DIN cada uno dimensionado para los diferentes equipos a los cuales protegerá tanto de sobrecargas y sobrecorrientes, además de ser un interruptor para el sistema.



Figura IV.33. Interruptores Termomagnéticos⁴¹

COMPONENTE	APARATO A PROTEGER	CORRIENTE
Interruptor 1	Bomba, Circuito de fuerza	11 A
Interruptor 2	Alimentación general del tablero	6 A
Interruptor 3	Fuente poder	6 A

Tabla IV.IX. Interruptores termomagnéticos con sus corrientes⁴²

⁴¹ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁴² Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.2.2.3 Contactor

Podemos definir un contactor como un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga.

Las energías utilizadas para accionar un contactor pueden ser muy diversas: mecánicas, magnéticas, neumáticas, fluídricas, etc. Los contactores corrientemente utilizados en la industria son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina, y a ellos nos referimos seguidamente.

Un contactor accionado por energía magnética, consta de un núcleo magnético y de una bobina capaz de generar un campo magnético suficientemente grande como para vencer la fuerza de los muelles antagonistas que mantienen separada del núcleo una pieza, también magnética, solidaria al dispositivo encargado de accionar los contactos eléctricos.

Así pues, característica importante de un contactor será la tensión a aplicar a la bobina de accionamiento, así como su intensidad o potencia. Según sea el fabricante, dispondremos de una extensa gama de tensiones de accionamiento, tanto en continua como en alterna siendo las más comúnmente utilizadas, 24, 48, 220, y 380. La intensidad y potencia de la bobina, naturalmente dependen del tamaño del contador.

El tamaño de un contactor, depende de la intensidad que es capaz de establecer, soportar e interrumpir, así como del número de contactos de que dispone (normalmente cuatro). El tamaño del contactor también depende de la tensión máxima de trabajo que puede soportar, pero esta suele ser de 660 V. para los contactores de normal utilización en la industria.

El contactor utilizado es un contactor con una tensión de 120V y una corriente de 7 A que activara cuando esta se enclave permitiendo el control y protección de la bomba, se utilizó los contactos NC y NO para usar luces señalizadores de estado.

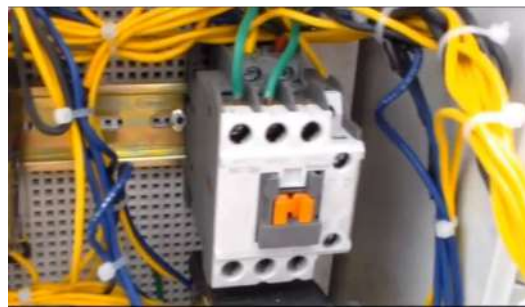


Figura IV.34. Contactor conectado la fase y neutro del motor⁴³

4.2.2.4 Relés de estado sólido

Se llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un opto acoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico; este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional generaría un serio desgaste mecánico, además de poder

⁴³ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos. Estos relés permiten una velocidad de conmutación muy superior a la de los relés electromecánicos.

El relé de estado sólido se encarga de acoplar los voltajes de 24Vdc que tenemos en la salida con los 120V ac que será la alimentación de los equipos el control se realiza con 4 relés de 24Vdc formados en dos pares con los que se hacen dos circuitos para el control del motor de la cortina y el control de la bomba y válvulas.



Figura IV.35. Relés de estado sólido⁴⁴

4.2.2.5 Relés térmicos

Todos los relés tienen 3 polos (uno para cada fase). Además, según modelo, poseen contactos auxiliares NO y NC (normal abierto y normal cerrado) para efectos de señalización como balizas, alarmas, u otros.

La elección del producto depende de básicamente de la corriente nominal I_n del motor y de la clase (Class 10, 20, 30). Por último, se debe decidir si se necesita un relé de protección diferencial o no (protección ante fallas de fase). Sino, se debe decidir si se requieren 2 ó 3 bimetálicos (heater), que realizan la desconexión al calentarse por la sobrecarga (el tener más heater`s es más seguro).

⁴⁴ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

El relé térmico permite evitar daños en la bomba, si existe un fallo este se activará, la corriente que manejamos es de 7 A este relé permite la regulación de la corriente a la que vamos a trabajar, cuenta con dos contactos que señalaran si existe un fallo.



Figura IV.36. Relé térmico de la Bomba⁴⁵

4.2.2.6 Luces piloto

Son indicadores de luz los cuales se conectan a los contactos de los dispositivos de control tenemos en nuestro caso 6 luces piloto de 110V distribuidas dos para la bomba que son verde y rojo que indican encendido el verde, rojo una falla por sobre corriente también contamos con dos pares de luces verdes y amarillas que indican cuando está activa una electroválvula en verde y si se encuentra en espera o desactivada en amarillo.

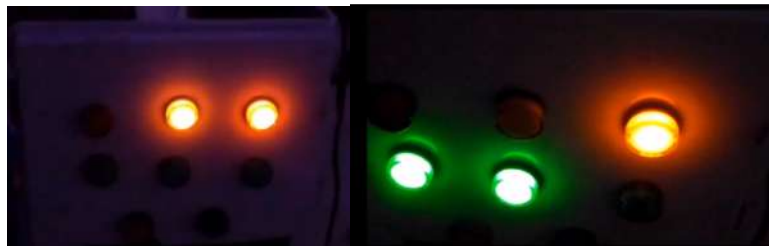


Figura IV.37 Luces piloto de las electroválvulas apagadas y encendidas⁴⁶

⁴⁵ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁴⁶ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.2.2.7 Fuente de voltaje de 24vdc

Es un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta (ordenador, televisor, impresora, router, etc.). Las fuentes de alimentación, para dispositivos electrónicos, pueden clasificarse básicamente como fuentes de alimentación lineal y conmutada. Las lineales tienen un diseño relativamente simple, que puede llegar a ser más complejo cuanto mayor es la corriente que deben suministrar, sin embargo su regulación de tensión es poco eficiente. Una fuente conmutada, de la misma potencia que una lineal, será más pequeña y normalmente más eficiente pero será más complejo y por tanto más susceptible a averías.

La fuente se compone de cuatro bloques principalmente: Transformador, Rectificador, Filtro y Regulador o Estabilizador.

Esta fuente de voltaje permite operar los diferentes dispositivos que se alimentan a 24 V dc como en nuestro caso tenemos: electroválvulas, módulo de expansión AM2 RTD los relés de 24V conectadas a las salidas de relé del Logo!, motor dc con un amperaje de 6 A me proporcionara la potencia suficiente para la activación y funcionamiento correcto de los equipos.



Figura IV.38. Fuente de Voltaje de 24Vdc⁴⁷

⁴⁷ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.2.3 MONTAJE DEL TABLERO

El tablero de control fue diseñado en un tablero plástico con trasfondo con dimensiones de 60x40x30 cm, se escogió un tablero hermético, plástico ya que evita la corrosión es fácil de manipular y se adapta perfectamente al medio. Se dispuso de 6 bloques que se mostraran en a continuación:

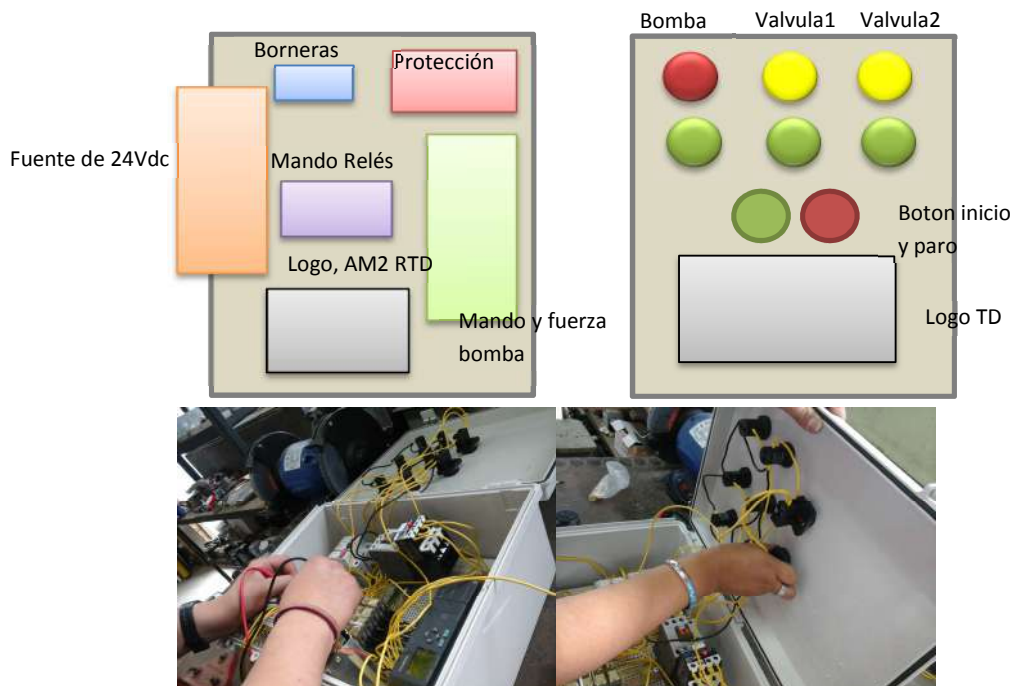


Figura IV.39. Montaje del Tablero de control y sus indicadores⁴⁸

4.2.4 AUTOMATA PROGRAMABLE

Es un controlador programable el cual hace todo el proceso controlando todos los parámetros de ingreso y salida.

LOGO! SIEMENS B07 Mediante LOGO! se solucionan cometidos en la técnica de instalaciones en edificios (p.ej. alumbrado de escaleras, luz exterior, toldos,

⁴⁸ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

persianas, alumbrado de escaparates, etc.), así como en la construcción de armarios de distribución, de máquinas y de aparatos (p.ej. controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de aguas residuales, etc.). LOGO! puede utilizarse asimismo para los controles especiales de invernaderos o invernáculos, para procesar previamente señales en controles y –mediante la variante ASI– para el control descentralizado “in situ” de máquinas y procesos. Para las aplicaciones en serie en la construcción de máquinas pequeñas, aparatos y armarios de distribución, así como en el sector de instalaciones, se prevén variantes especiales sin unidad de operación.

4.3 INTERFAZ LOGO! Y COMUNICACIÓN CON OTROS DISPOSITIVOS

El salto de desarrollo que representan nuestros nuevos modelos básicos LOGO! 0BA7 se aprecia a primera vista: su anchura ha aumentado en dos módulos, y la interfaz usada hasta ahora ha sido sustituida por una interfaz Ethernet situada en su parte inferior. Además hay ahora una ranura para tarjetas SD en el lado derecho del frente. A pesar de estos cambios externos, los nuevos modelos son compatibles con todos los módulos E/S existentes. En los nuevos equipos LOGO! pueden usarse también programas de las generaciones anteriores. La característica más destacada de los modelos básicos 0BA7 es sin duda la interfaz Ethernet estándar. Sirve como interfaz de programación y para la comunicación con otros módulos básicos LOGO! 0BA7 o componentes de automatización SIMATIC como CPU SIMATIC S7, paneles HMI y PC.

A través de la interfaz Ethernet pueden conectarse en red hasta nueve módulos

LOGO!. [4]www.siemens.com/logo

Símbolo	Nombre	Tensión de alimentación	Entradas	Salidas	Propiedades
 (0BA7)	LOGO! 12/24RCE	12/24V DC	8 digitales 1)	4 relés (10 A)	
	LOGO! 230RCE	115 ... 240 V AC/DC	8 digitales	4 relés (10A)	

Tabla IV.X. Características del Logo 230RCE⁴⁹



Figura IV.40. Logo 230 RCE Tablero de Control⁵⁰

4.3.1.1 MODULO DE TEMPERATURA

Es un módulo de expansión tipo am2 RTD que es un módulo para dos entradas de PT100 con las cuales se controla y lee la entrada analógica del sensor.

Al módulo pueden conectarse como máximo dos sensores PT100 o dos sensores PT1000, o bien un sensor PT100 más uno PT1000 en una conexión de 2 ó 3 hilos, o utilizar una conexión combinada de 2 ó 3 hilos. El único tipo de sensor que soporta el módulo es PT100 o PT1000 con un coeficiente de temperatura

⁴⁹ www.siemens.com/logo

⁵⁰ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

predeterminado de $\alpha = 0,003850$. Una conexión a 3 hilos suprime la influencia de la longitud del cable (resistencia óhmica) en el resultado de medición.

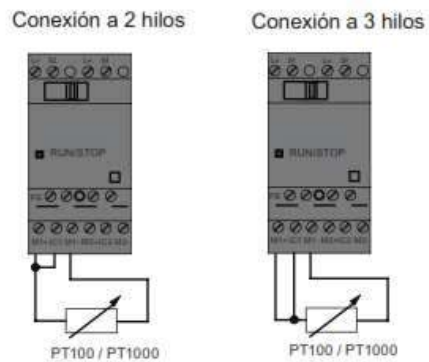


Figura IV.41 Conexión módulo AM2 RTD 2 y 3 hilos⁵¹



Figura IV.42. Módulo AM2 RTD implementado⁵²

4.4 DISEÑO DE MANDO Y FUEZA DEL TABLERO

Se diseñó los circuitos de mando y fuerza en la plataforma de dibujo eléctrico ProfiCad.

ProfiCAD es la manera más rápida y sencilla de crear documentación eléctrica y diagramas esquemáticos. A pesar de que es muy fácil de aprender y utilizar, que

⁵¹ <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/12623317/Fuente-de-Voltaje-Teoria-y-Practica.html>

⁵² Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

es una herramienta profesional utilizado por una amplia gama de clientes.

Características de ProfiCAD - Editor de diagramas eléctricos

- *Fácil de aprender y utilizar* - sólo símbolos de arrastre sobre el dibujo
- *Requisitos del sistema bajo* - se ejecuta en cualquier PC con Windows 2000 y versiones posteriores
- *Compatible con Unicode* - puede utilizar cualquier idioma, cualquier símbolo técnico
- *Se envía con cca 700 símbolos* - nuevos símbolos se pueden crear fácilmente
- *Actualización automática* - siempre tiene la última versión
- Numeración continua de los símbolos
- Renumeración inteligente de símbolos cuando se copia
- *Guardado automático* - guarda sus documentos automáticamente
- Genera netlist y lista de materiales
- Genera lista de cables y calcula total de longitudes
- *Título del editor de bloques* - Cree su dueño para su reutilización fácil

4.4.1 DISEÑO DE MANDO

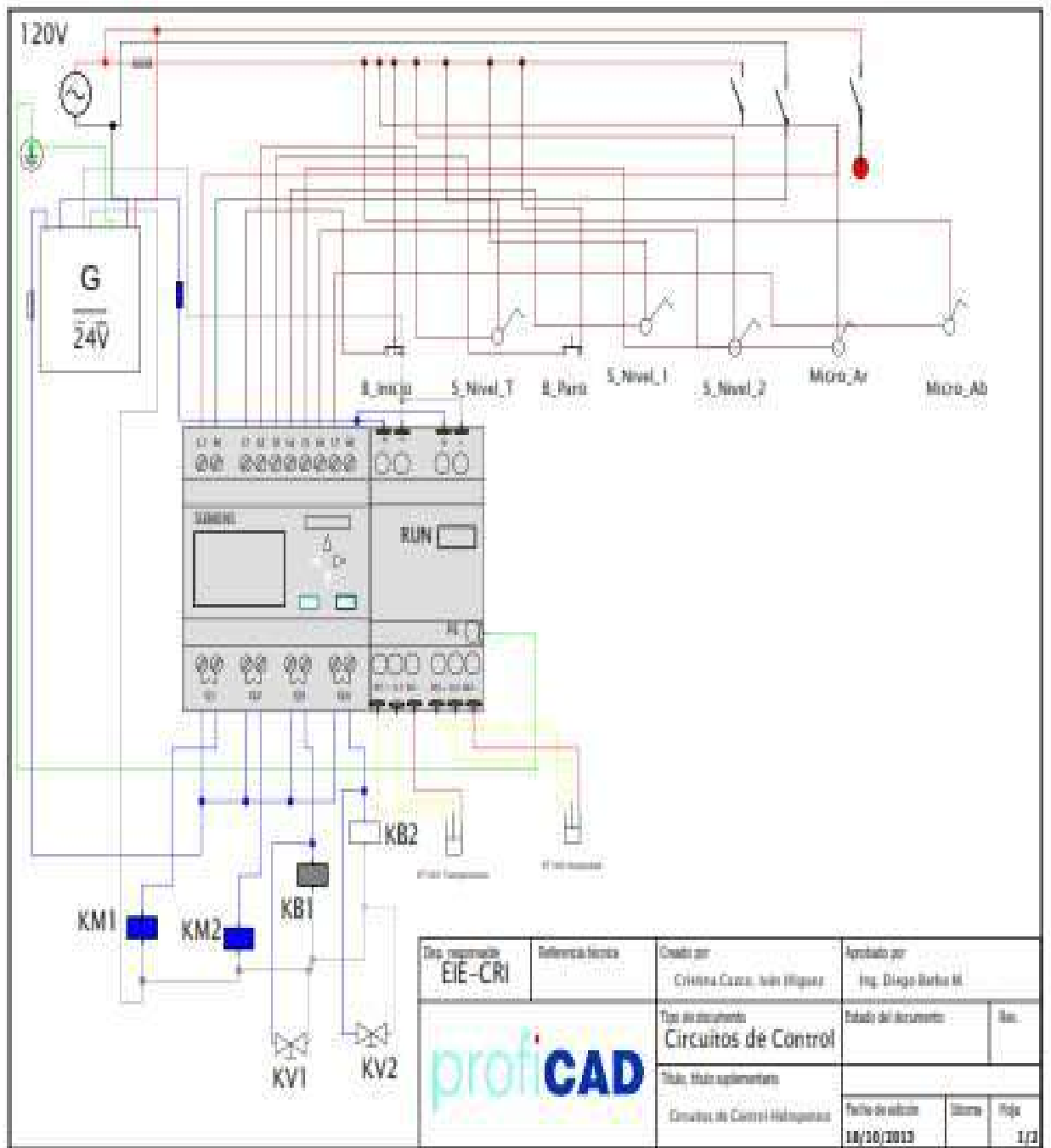


Figura IV. 43. Diseño de mando⁵³

⁵³ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.4.2 DISEÑO DE FUERZA

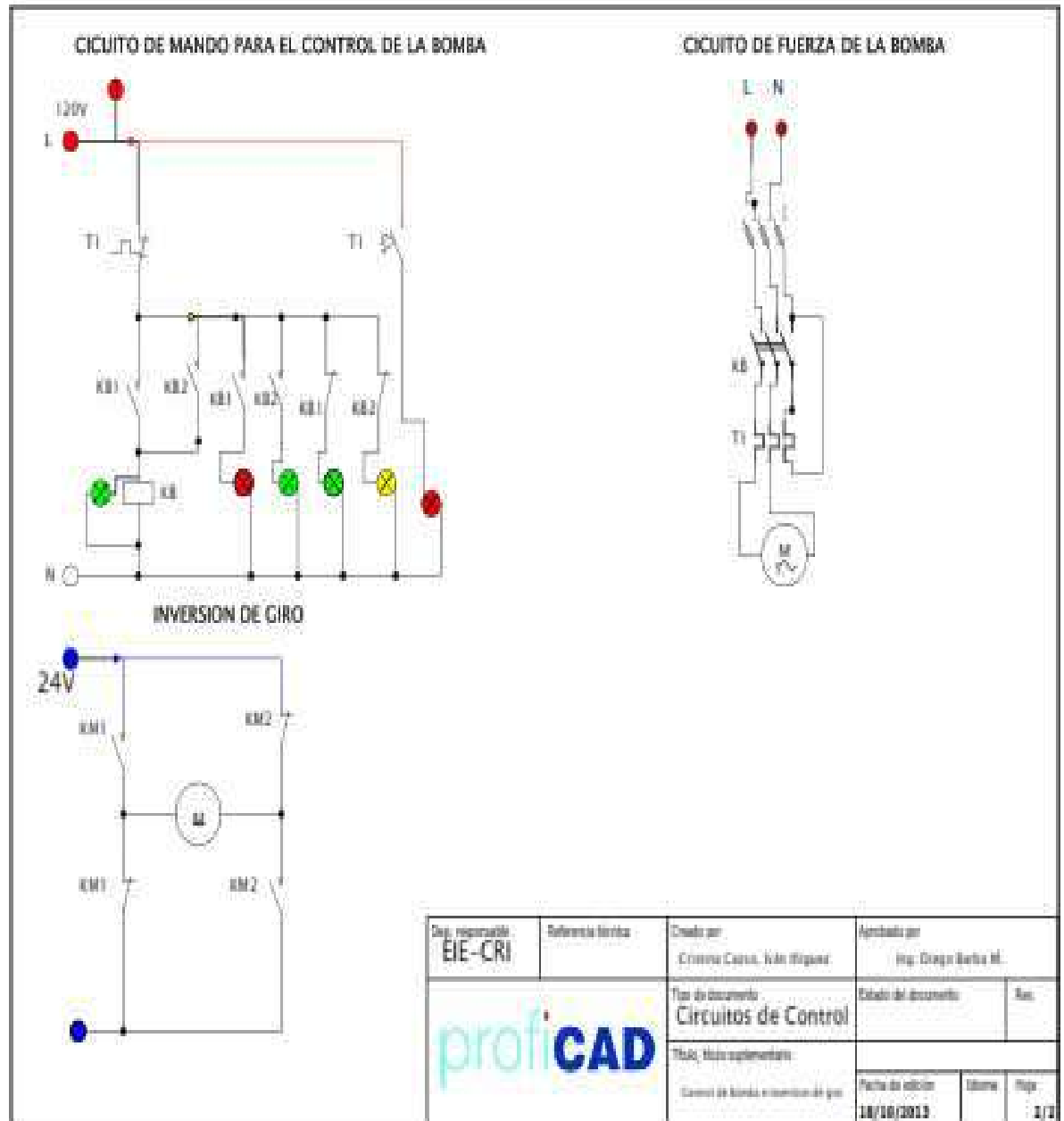


Figura IV.44. Diseño de Fuerza⁵⁴

⁵⁴ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)



Figura IV.45. Tablero de control del Prototipo⁵⁵

4.4.3 ALGORITMO DE CONTROL DEL SISTEMA HIDROPÓNICO

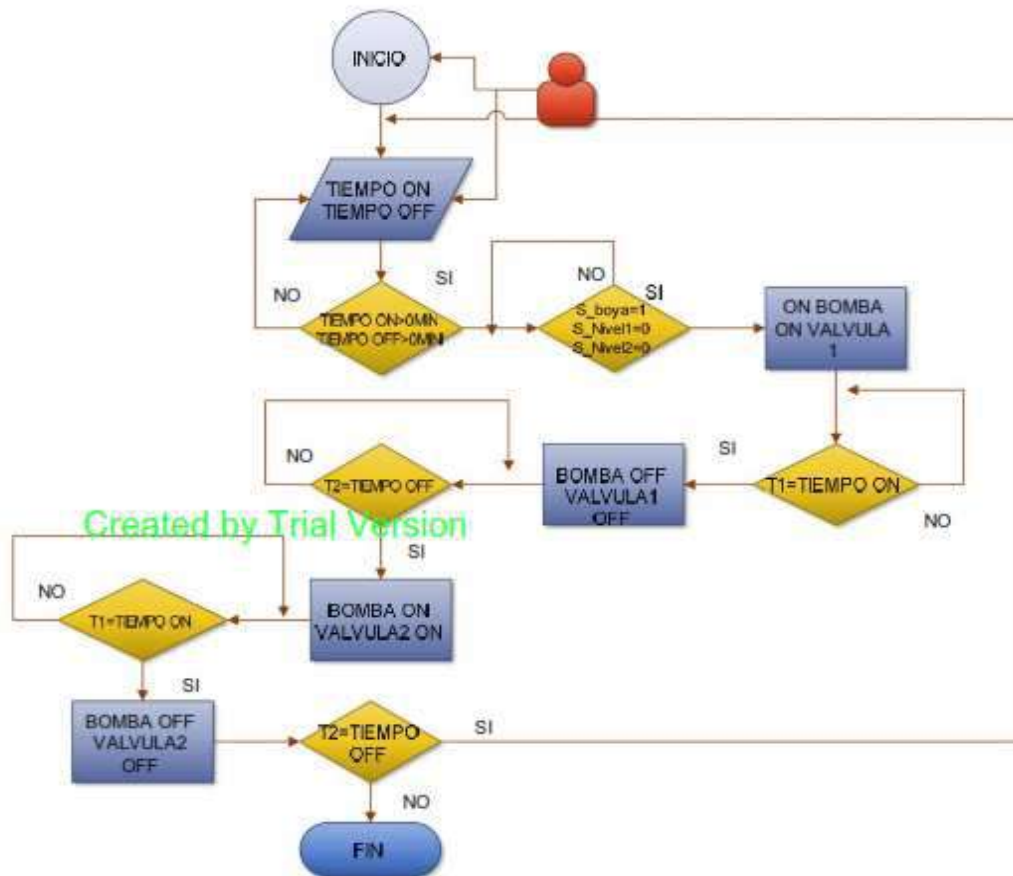


Tabla IV. XI. Algoritmo Control del Sistema Hidropónico⁵⁶

⁵⁵ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁵⁶ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.5 SISTEMAS DE CONTROL

Aquí se habla sobre los controles utilizados en el prototipo implementado

4.5.1 CONTROL DE TEMPERATURA

Este es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 15 y 28° C.

Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada. Así mismo se deben aclarar los siguientes conceptos de temperaturas, que indican los valores objetivos a tener en cuenta para el buen funcionamiento del cultivo y sus limitaciones:

- Temperatura mínima letal. Aquella por debajo de la cual se producen daños en la planta.
- Temperaturas máximas y mínimas biológicas. Indican valores, por encima o por debajo respectivamente del cual, no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración, fructificación, etc.
- Temperaturas nocturnas y diurnas. Indican los valores aconsejados para un correcto desarrollo de la planta.

El ajuste recomendado es: 24°C durante el día; 19°C durante la noche.

4.5.2 CONTROL AMBIENTAL

El control ambiental está basado en manejar de forma adecuada todos aquellos sistemas instalados en el invernadero: la ventilación y el suministro de fertilización, temperatura, humedad relativa y así conseguir la mejor respuesta del cultivo y por tanto, mejoras en el rendimiento, precocidad, calidad del producto y calidad del cultivo.

El tipo de climatización es **ventilación**. La ventilación consiste en la renovación del aire dentro del recinto del invernadero. Al renovar el aire se actúa sobre la temperatura, la humedad. Que la ventilación realizada es una **ventilación natural o pasiva**, basada en la disposición, en las paredes y en el techo del invernadero, de un sistema de ventanas que permiten la aparición de una serie de corrientes de aire que contribuyen a disminuir las temperaturas elevadas y a reducir el nivel higrométrico.

4.5.3 CONTROL TODO O NADA CON HISTERESIS (OVERLAP)

TEMPERATURA

Este control esta basa en SP (temperatura deseada) y PV (temperatura real) la temperatura real alcance la temperatura deseada, para evitar que los contactos se deterioren por encendidos y apagados intermitentes se realiza el control con histéresis con lo cual se le da un rango para que el sistema se mantenga en una condición aceptable, el valor de overlap es un rango de máximo y mínimo ingresado por el usuario.

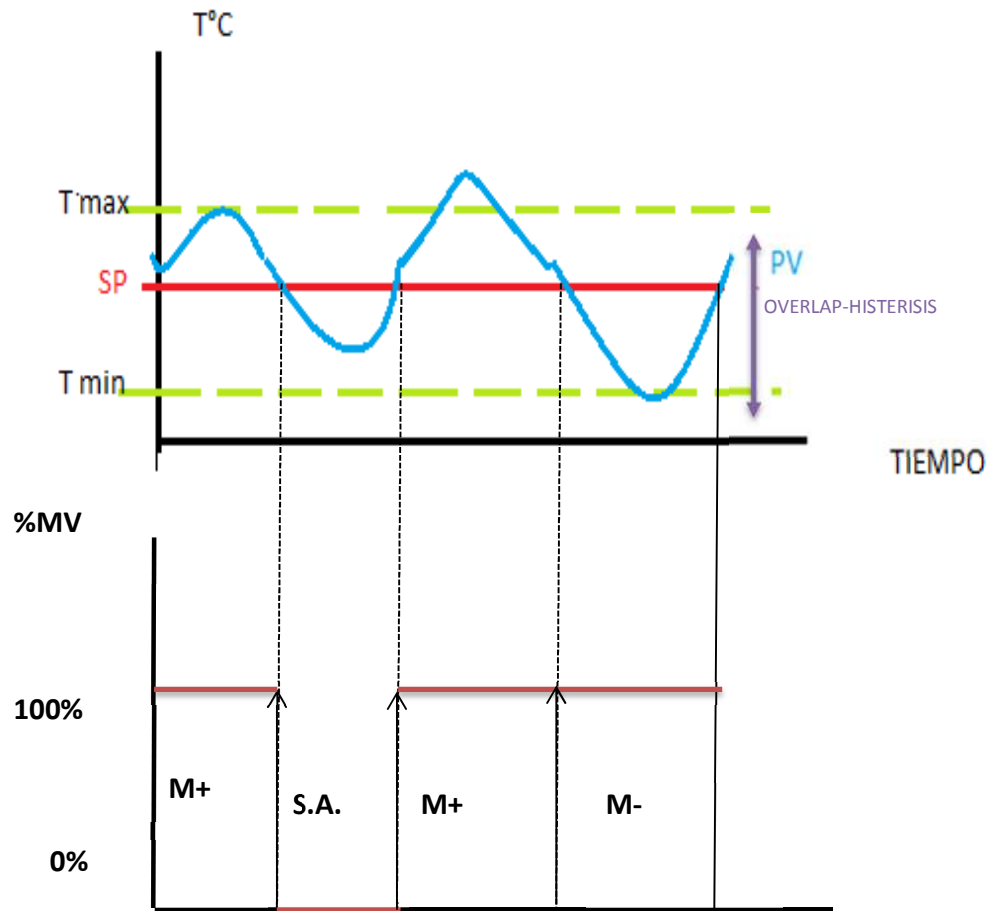


Figura IV.46. Control por histéresis con overlap⁵⁷

Se muestra cómo actúa el control todo o nada con histéresis al alcanzar el nivel de máximo el motor actuara y las cortinas subirán, mientras tanto en el rango normal de temperatura el sistema estará sin acción finalmente cuando disminuya la temperatura por enfriamiento las cortinas bajaran.

⁵⁷ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.5.4 ALGORITMO DE CONTROL DE TEMPERATURA

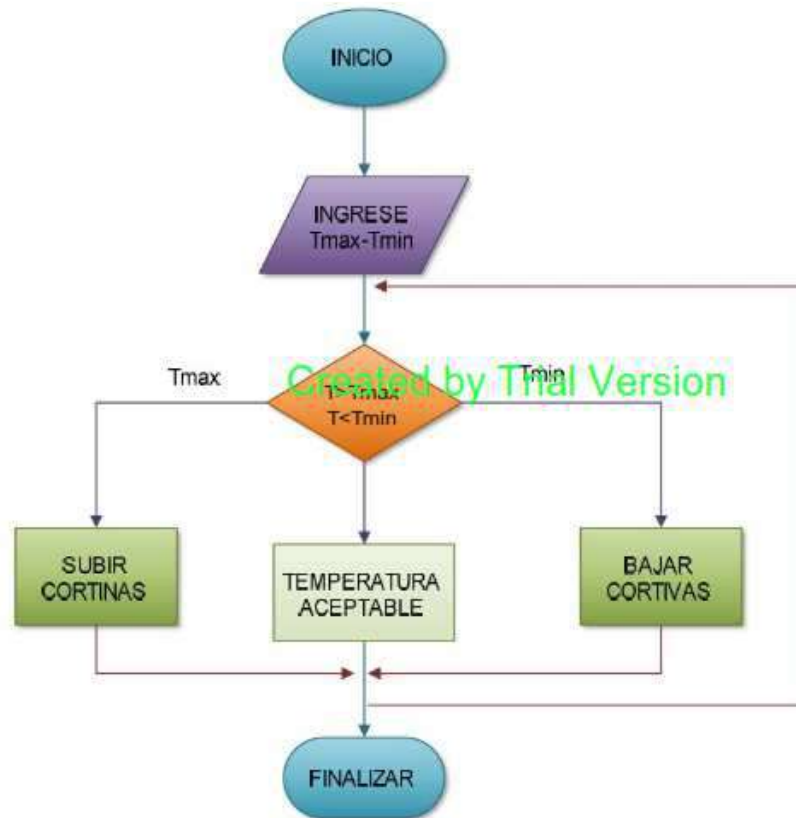


Tabla IV.XII. Algoritmo control de Temperatura⁵⁸

4.5.5 CÁLCULO DE GANANCIA Y OFFSET

Un sensor se conecta a la entrada analógica y convierte una variable de proceso en una señal eléctrica. El valor de la señal se encuentra en el rango típico de este sensor.

LOGO! convierte siempre las señales eléctricas aplicadas a la entrada analógica en valores digitales comprendidos entre 0 y 1000.

⁵⁸ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

Una tensión de 0 a 10 V en la entrada AI se transforma internamente en un rango de valores de 0 a 1000. Una tensión de entrada que exceda los 10 V se representa como valor interno 1000.

Sin embargo, dado que no siempre se puede procesar el rango de valores predefinido por LOGO! entre 0 y 1000, existe la posibilidad de multiplicar los valores digitales con un factor de ganancia (gain) y desplazar después el punto cero del rango de valores (offset). Esto permite visualizar un valor analógico en el display integrado en el LOGO! proporcional a la variable de proceso real.

SENSOR PT100

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica con un rango de -50 a 200 °C.

$$\textbf{Valor Real } Ax = (\textbf{Valor interno } Ax * \textbf{Ganancia}) + \textbf{offset}$$

$$-50 = 0 * A + B$$

$$\textbf{B} = \textbf{-50}$$

$$200 = 1000A - 50$$

$$\textbf{A} = \textbf{0.25}$$

DONDE:

A=GANANCIA

B=OFFSET

4.5.6 HUMEDAD RELATIVA

La humedad es la masa de agua en unidad de volumen, o en unidad de masa de aire. La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura. Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad por lo que a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la HR. Con temperaturas bajas, el contenido en HR aumenta.

Ajuste recomendable debe ser de 30% a 70%.

Método Diagramas Psicométricos

El método de medición de humedad relativa consiste esencialmente de dos sensores independientes de temperatura; uno usado como sensor de bulbo seco y el otro como sensor de bulbo húmedo con los cuales se determina la humedad relativa utilizando los diagramas psicométricos.

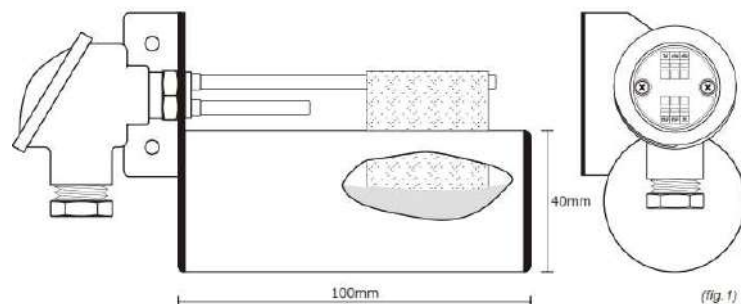


Figura IV.47 Sensor bulbo seco y húmedo Diagrama psicométrico⁵⁹

⁵⁹ CCG Electrónica, Ingeniería y Automatización, Mediciones de humedad

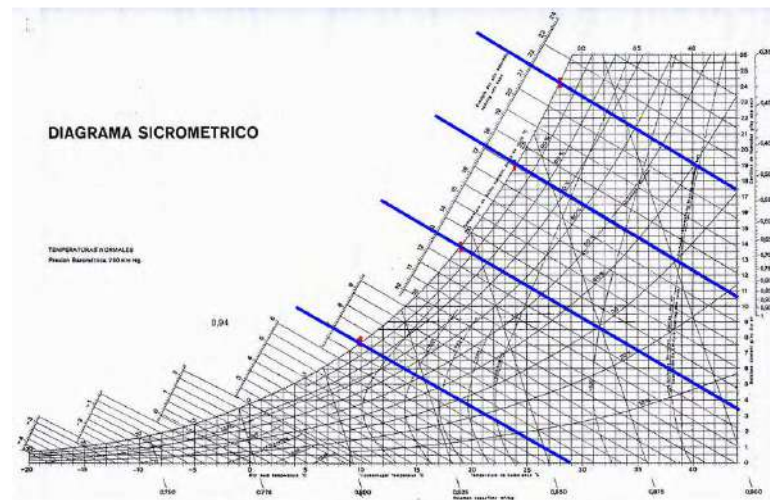


Figura IV.48. Diagrama sicométrico⁶⁰

4.6 PROGRAMACION AUTOMATA PROGRAMABLE

Entendemos por Autómata Programable, o PLC (Controlador Lógico Programable), toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

Otra definición de autómata programable sería una «caja» en la que existen, por una parte, unos terminales de entrada (o captadores) a los que se conectan pulsadores, finales de carrera, fotocélulas, detectores; y por otra, unos terminales de salida (o actuadores) a los que se conectarán bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas..., de forma que la actuación de estos últimos está en

⁶⁰ http://www.icer.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=37

función de las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado.

4.6.1 LOGO!Soft Comfort V7.0.30

El programa fue diseñado a partir del algoritmo realizado para el sistema. Utilizando un LOGO 230 RC con una interfaz Ethernet se programó con LOGO!Soft Comfort V7.0.30

Con LOGO!Soft Comfort puede Ud. elaborar sus programas de conmutación de forma eficiente, confortable y transparente. Los programas se elaboran en el PC mediante “drag and drop” (arrastrar y colocar). A tal efecto se redacta primero el programa, comprobándose a continuación qué variante de LOGO! se requiere para el programa terminado.

Particularmente confortable para el usuario es la simulación off line del programa, que permite la indicación simultánea del estado de varias funciones especiales, así como la posibilidad de documentar exhaustivamente los programas de conmutación. Además, este software de programación optativo ofrece en CD-ROM una detallada ayuda online.

LOGO!Soft Comfort es el software de programación LOGO! para PCs. Se ejecuta bajo Windows® (incluyendo Windows XP® y Windows 7®), Linux® y Mac OS X. Este software le ayuda a conocer LOGO!, así como a crear, comprobar, imprimir y archivar los programas, independientemente del LOGO!.

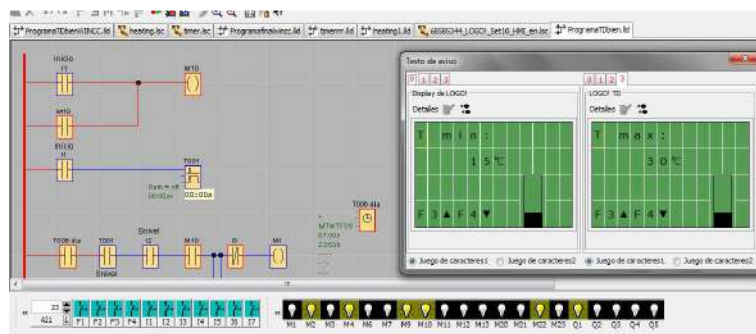


Figura IV.49. Simulación el LOGO!Soft Comfort V7.0.30⁶¹

4.6.2 INTERFAZ ENTRE PC-LOGO CON LOGO!Soft Comfort

La interfaz de comunicación entre LOGO! y LOGO!Soft Comfort se realizó mediante Ethernet que es el protocolo de comunicación con el que cuenta el LOGO! 230 RCE. La configuración se realiza en el software de programación; determinando una red entre la PC y LOGO! asignado una dirección IP a los dos dispositivos en conexión con cable de red directo.

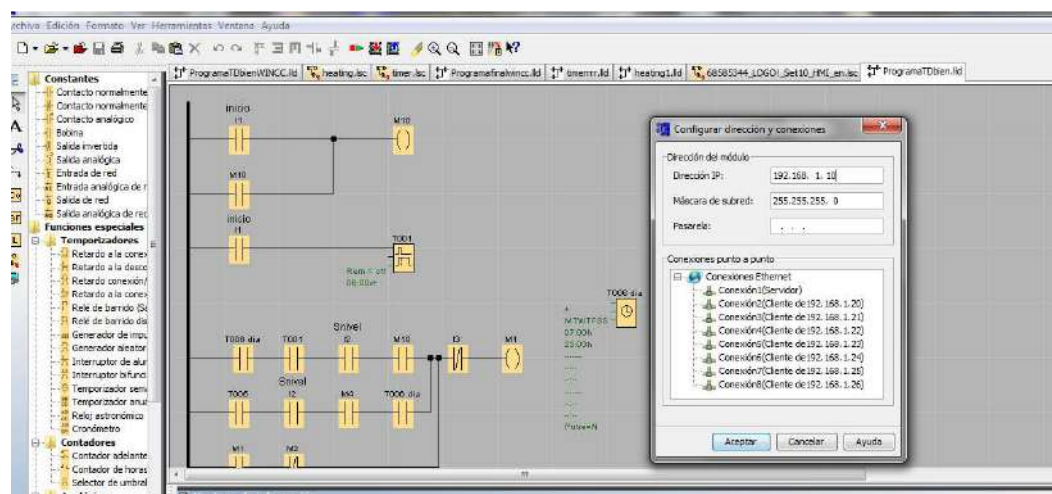


Figura IV.50. Configuración de la dirección IP del LOGO!⁶²

⁶¹ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁶² Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

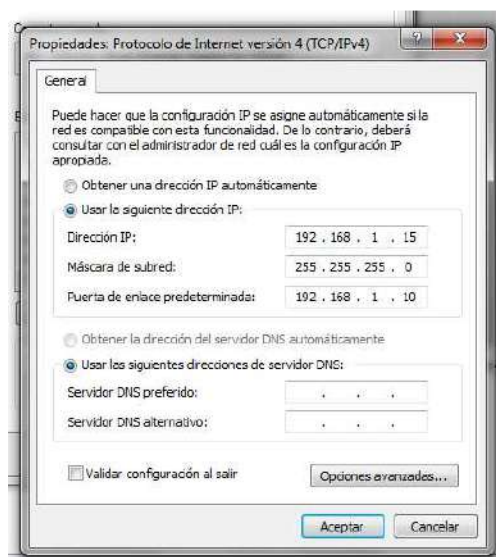


Figura IV.51 Configuración de la dirección IP del LOGO!⁶³

LOGO! soft permite realizar una comunicación online con el LOGO cuando está conectado y el programa se esté ejecutando esta herramienta es muy importante para verificar el funcionamiento del programa identificando E/S y todo el proceso del sistema.

4.6.3 GRAFCET

Es un método gráfico de sintaxis simple, para especificar la automatización industrial, el cual está compuesto por comandos concisos y poderosos.

Este diagrama funcional permite describir los comportamientos del automatismo en relación a las informaciones que recibe, imponiendo un funcionamiento riguroso, evitando de esta forma incoherencias, bloqueos o conflictos en el funcionamiento. En cada nivel de descripción, este diagrama puede ser modificado o corregido, sin necesidad de volver a partes ya estudiadas

⁶³ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

El Grafcet se compone de un conjunto de:

- Etapas o Estados a las que van asociadas acciones.
- Transiciones a las que van asociadas receptividades.
- Uniones Orientadas que unen las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas.

Grafcet para control del sistema hidropónico

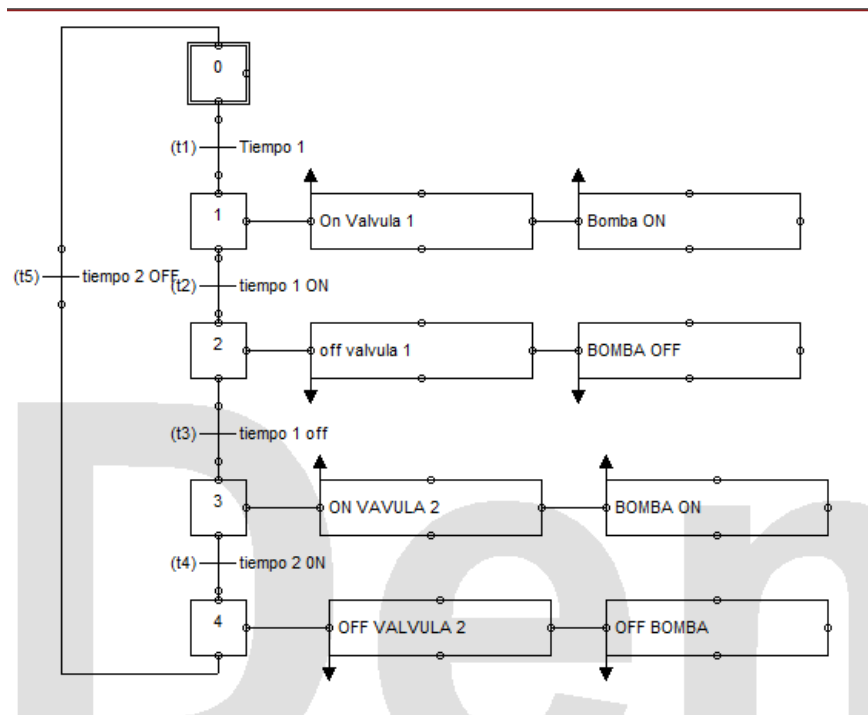


Tabla IV.XIII Diseño Grafcet para el proceso hidropónico⁶⁴

ECUACIONES

- $M0 = INICIO$
- $M1 = M0t1Sf + M4t5Sf + M1\overline{M2}$
- $M2 = M1(t2 + Sn1) + M2\overline{M3}$
- $M3 = M2t3Sf + M3\overline{M4}$
- $M4 = M3(t4 + Sn2) + M4\overline{M1}$

⁶⁴ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

TABLA DE ASIGNACIONES

ENTRADA/SALIDA	NOMBRE	DESCRIPCION
I1	Inicio	Botón inicio
I2	Sf	Sensor Flotador
I3	Paro	Botón paro
I4	Sn1	Sensor nivel 1
I5	Sn2	Sensor nivel 2
Q3	V1	Valvula1 y bomba
Q4	V2	Válvula2 y bomba
M1	Q3	Valvula1 y bomba
M3	Q4	Válvula2 y bomba

Tabla IV.XIV Asignación de E/S⁶⁵

LADDER EN LOGO!SOFT

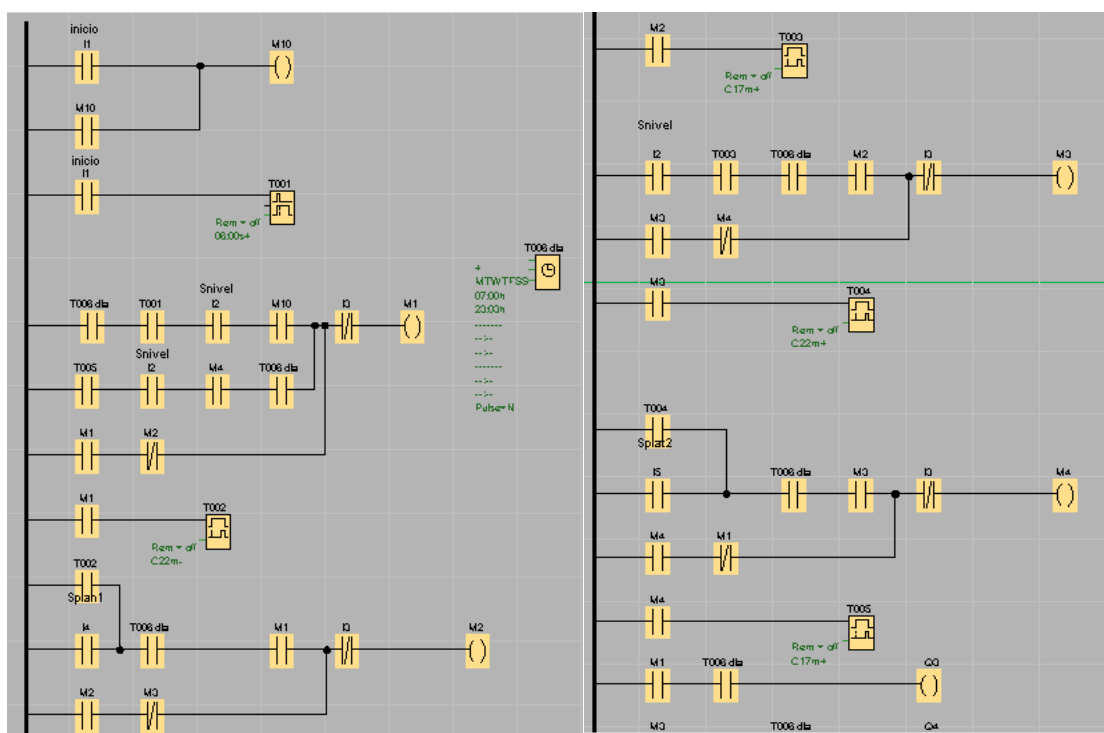


Figura IV.52. Programación Ladder en LOGO!Soft Confort etapa 1, 2 y etapa 3 y 4⁶⁶

⁶⁵ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁶⁶ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

Grafcet control de temperatura apertura y cierre de las cortina

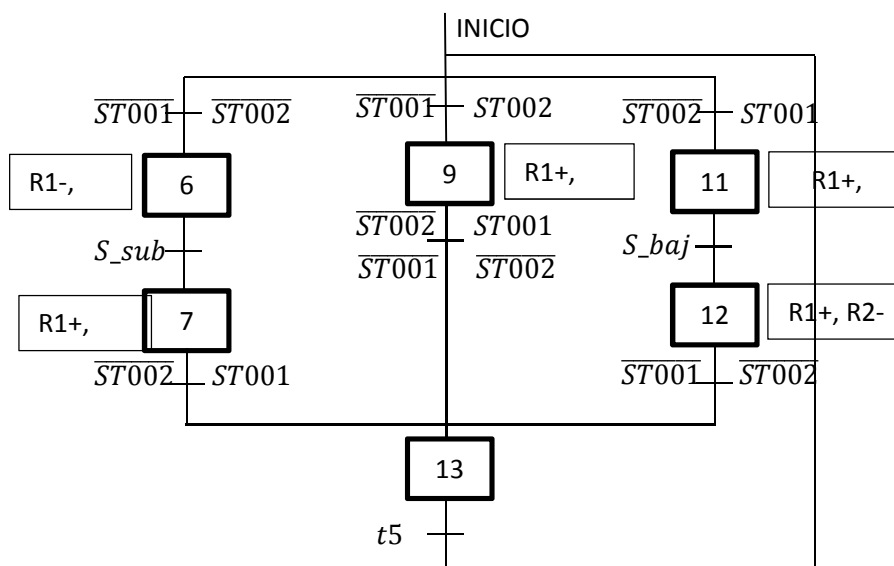


Tabla IV.XV. Grafcet control de temperatura apertura y cierre de las cortina⁶⁷

ECUACIONES

- $M6 = INICIO * \overline{ST001} * \overline{ST002} + M13 * t5 + M6\overline{M7}$
- $M7 = M6 * S_{sub} + M7\overline{M13}$
- $M9 = INICIO * \overline{ST001} * ST002 + M13 * t5 + M9\overline{M13}$
- $M11 = INICIO * ST001 * \overline{ST002} + M13 * t5 + M11\overline{M12}$
- $M12 = M11 * S_{baj} + M11\overline{M13}$
- $M13 = M7 * ST001 * \overline{ST002} + M9(ST001 * \overline{ST002} + \overline{ST001} * ST002) + M2\overline{ST001} * ST001 + M13\overline{M6M9M11}$

Asignación de E/S control de temperatura

ENTRADA/SALIDA	NOMBRE	DESCRIPCION
I1	Inicio	Botón inicio
I2	Sf	Sensor Flotador
I3	Paro	Botón paro
I6	S_arr	Final de carrera arriba
I7	S_abj	Final de carrera abajo
Q1	Rele1	Motor arriba
Q2	Rele2	Motor abajo
M7, M9, M11, M12	Q3	Motor arriba
M11	Q4	Motor abajo

Tabla IV.XVI. Asignación de E/S control de temperatura⁶⁸

⁶⁷ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

Ladder en LOGO!Soft

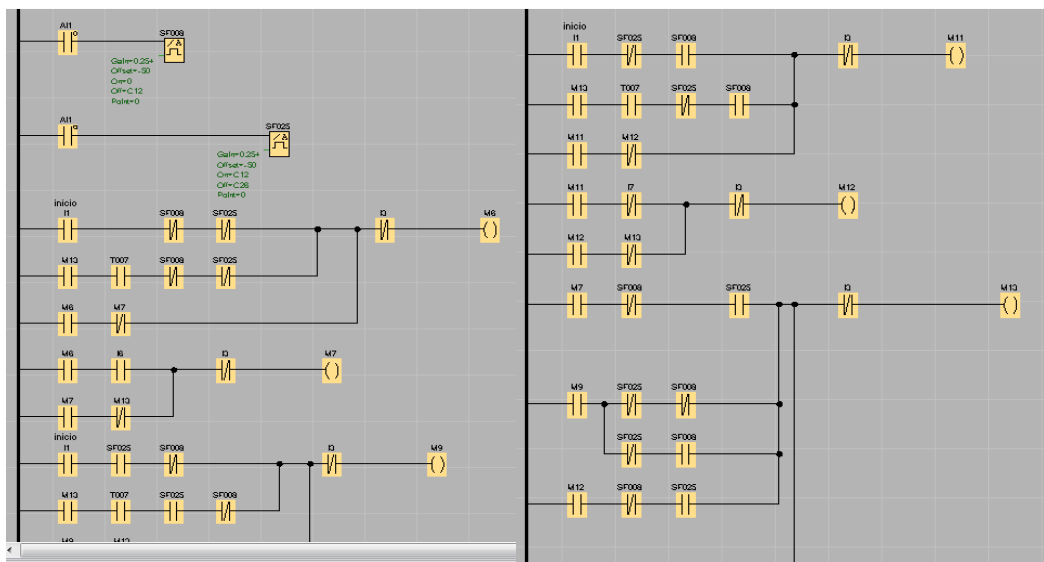


Figura IV.53. Ladder para el control de temperatura etapa 6, 7, 9 y temperatura etapa 11, 13⁶⁹

4.7 HMI (Interfaz Hombre- Máquina)

4.7.1 LOGO TD

Es un display para logo con una interfaz de comunicación RS485 y una alimentación de 24Vdc, donde se monitorea e ingresan los parámetros de encendido de la bomba y rangos de temperatura.



Figura IV.54. Logo TD⁷⁰

⁶⁸ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁶⁹ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁷⁰ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

El diseño del display se realizó en LOGO! soft Confort con la siguiente lógica de programación.

Algoritmo ingreso de datos de encendido y apagado de la bomba

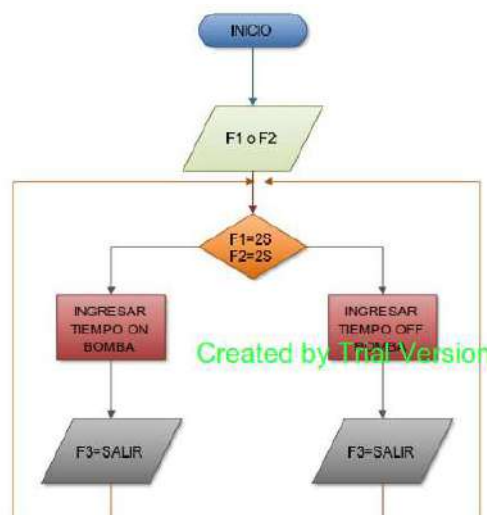


Tabla IV.XVII. Algoritmo ingreso de datos LOGO!TD⁷¹

Ladder

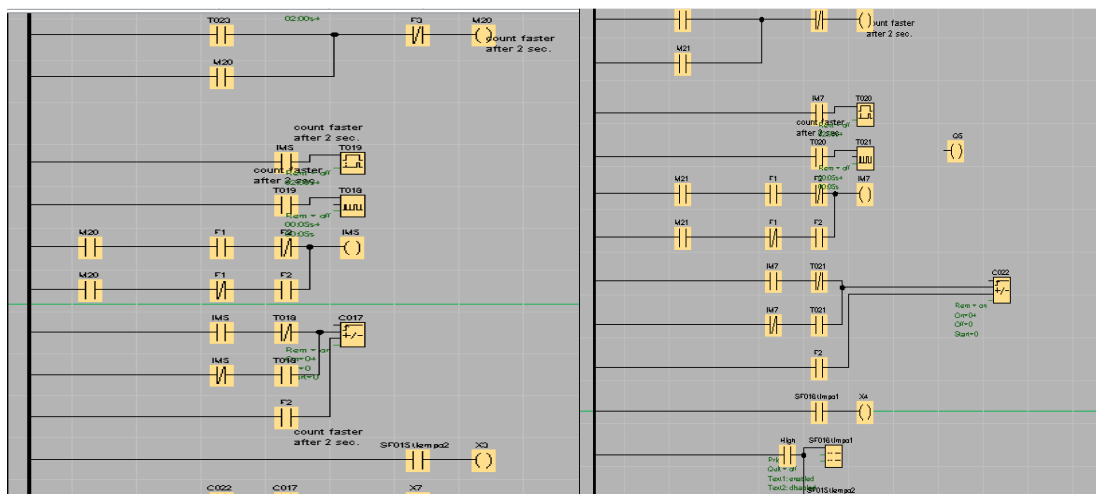


Figura IV.55. Ladder ingreso datos LOGO!TD ON / OFF⁷²

⁷¹ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁷² Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

Algoritmo ingreso del rango max y min de temperatura

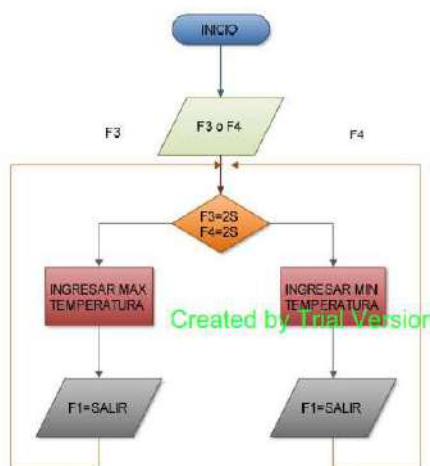


Tabla IV.XVIII. Ingreso de rango de temperatura⁷³

Ladder

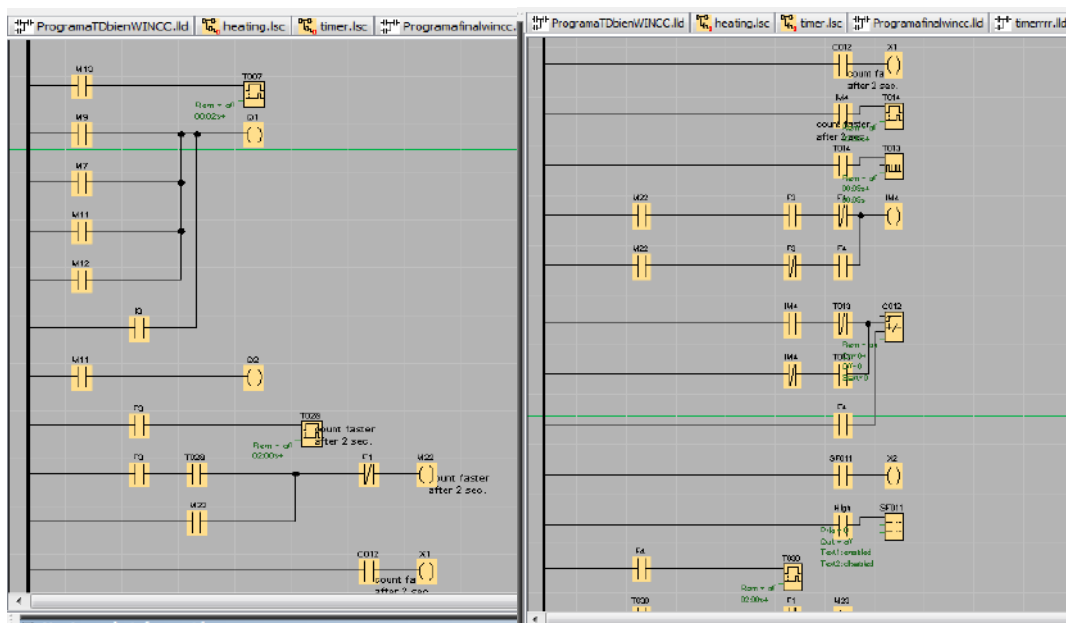


Figura IV.56. Ladder ingreso de temperatura máxima y mínima⁷⁴

⁷³ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁷⁴ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.7.2 HMI Wincc

El aumento de las capas de los procesos y las mayores exigencias de funcionalidad a las máquinas y a las instalaciones, hacen imprescindible una máxima transparencia. La interfaz hombre-máquina (HMI) ofrece esta transparencia.

Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina/instalación). El autómatas posee el verdadero control sobre el proceso. Por lo tanto existe una interfaz entre el operador y WinCC flexible (en el panel de operador) y una interfaz entre WinCC flexible y el autómatas. Un sistema HMI se encarga de:

- **Representar procesos**

El proceso se representa en el panel de operador. Si se modifica por ejemplo un estado en el proceso, se actualizará la visualización en el panel de operador.

- **Controlar procesos**

El operador puede controlar el proceso a través de la interfaz gráfica de usuario. Por ejemplo, el operador puede especificar un valor teórico para el autómatas o iniciar un motor.

- **Emitir avisos**

Si durante el proceso se producen estados de proceso críticos, automáticamente se emite un aviso (por ejemplo, si se sobrepasa un valor límite especificado).

- **Archivar valores de proceso y avisos**

El sistema HMI puede archivar avisos y valores de proceso. De esta forma se puede documentar el transcurso del proceso y, posteriormente, también será posible acceder a anteriores datos de producción.

➤ **Documentar valores de proceso y avisos**

El sistema HMI permite visualizar avisos y valores de proceso en informes. De este modo podrá, por ejemplo, emitir los datos de producción una vez finalizado el turno.

➤ **Administrar parámetros de proceso y parámetros de máquina**

El sistema HMI permite almacenar los parámetros de proceso y de máquina en "Recetas". Dichos parámetros se pueden transferir, por ejemplo, desde el panel de operador al autómatas en un solo paso de trabajo para que la producción cambie a otra gama de productos.

WinCC flexible es el software HMI para conceptos de automatización del ámbito industrial con proyección de futuro y una ingeniería sencilla y eficaz. WinCC flexible reúne las siguientes ventajas:

- Sencillez
- Claridad
- Flexibilidad

La interfaz hombre maquina fue realizado en WINCC 2008 SP3, con una interfaz Ethernet desde la cual podemos monitorear y controlar todo el sistema permitiéndome ingresar valores como tiempos y rangos de temperatura.

4.7.3 COMUNICACIÓN ENTRE LOGO! SOFT CONFORT Y WINCC 2008

- Asignación de una dirección IP para el LOGO!
- Crear una conexión servidor para comunicar el LOGO! con Wincc

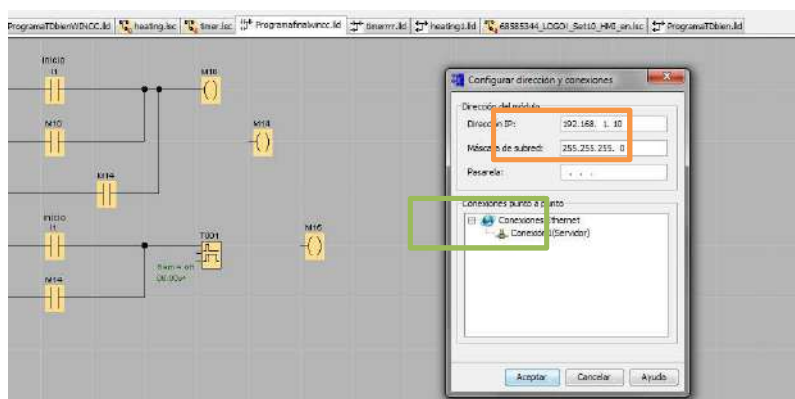


Figura IV.57. Dirección IP y conexión servidor para comunicar con wincc⁷⁵

- Asignar los parámetros

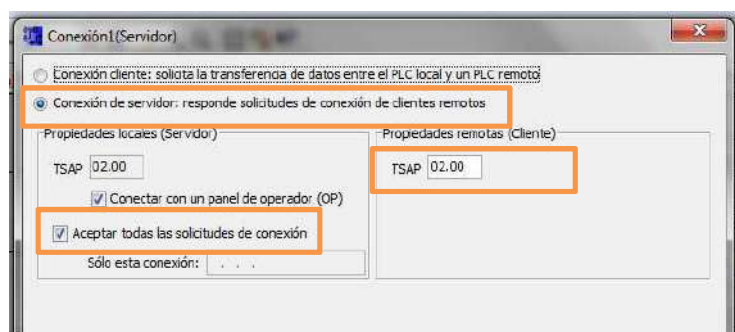
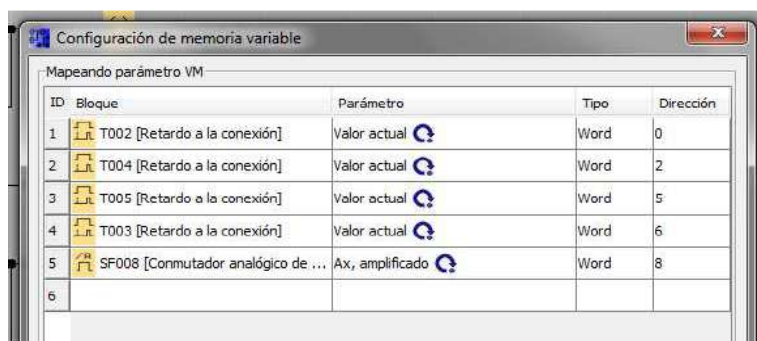


Figura IV.58. Parámetro asignado para la conexión servidor⁷⁶

- Mapeo de parámetros VM, se asignan parámetros para la comunicación con LOGO

⁷⁵ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁷⁶ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)



ID	Bloque	Parámetro	Tipo	Dirección
1	T002 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	0
2	T004 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	2
3	T005 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	5
4	T003 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	6
5	SF008 [Conmutador analógico de ...]	Ax, amplificado	Word	8
6				

Figura IV.59. Parámetros VM con sus direcciones y datos⁷⁷

- Crear una conexión Ethernet en Wincc entre el logo y PC

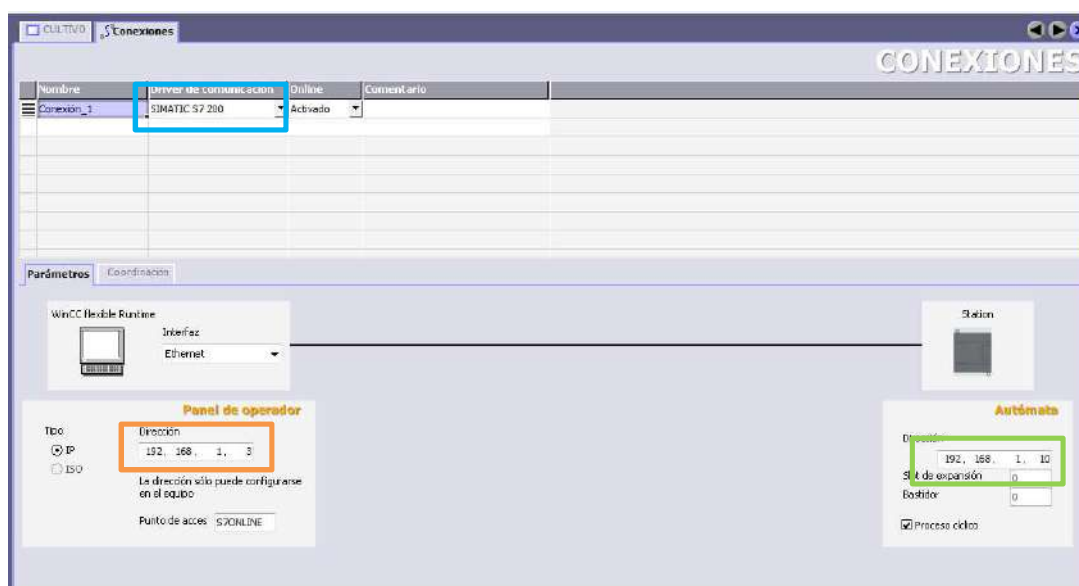


Figura IV.60. Conexión PC-LOGO! interfaz Ethernet⁷⁸

- Asignación de Variables(Anexo)

⁷⁷ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁷⁸ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

4.7.4 DISEÑO DEL HMI EN WINCC

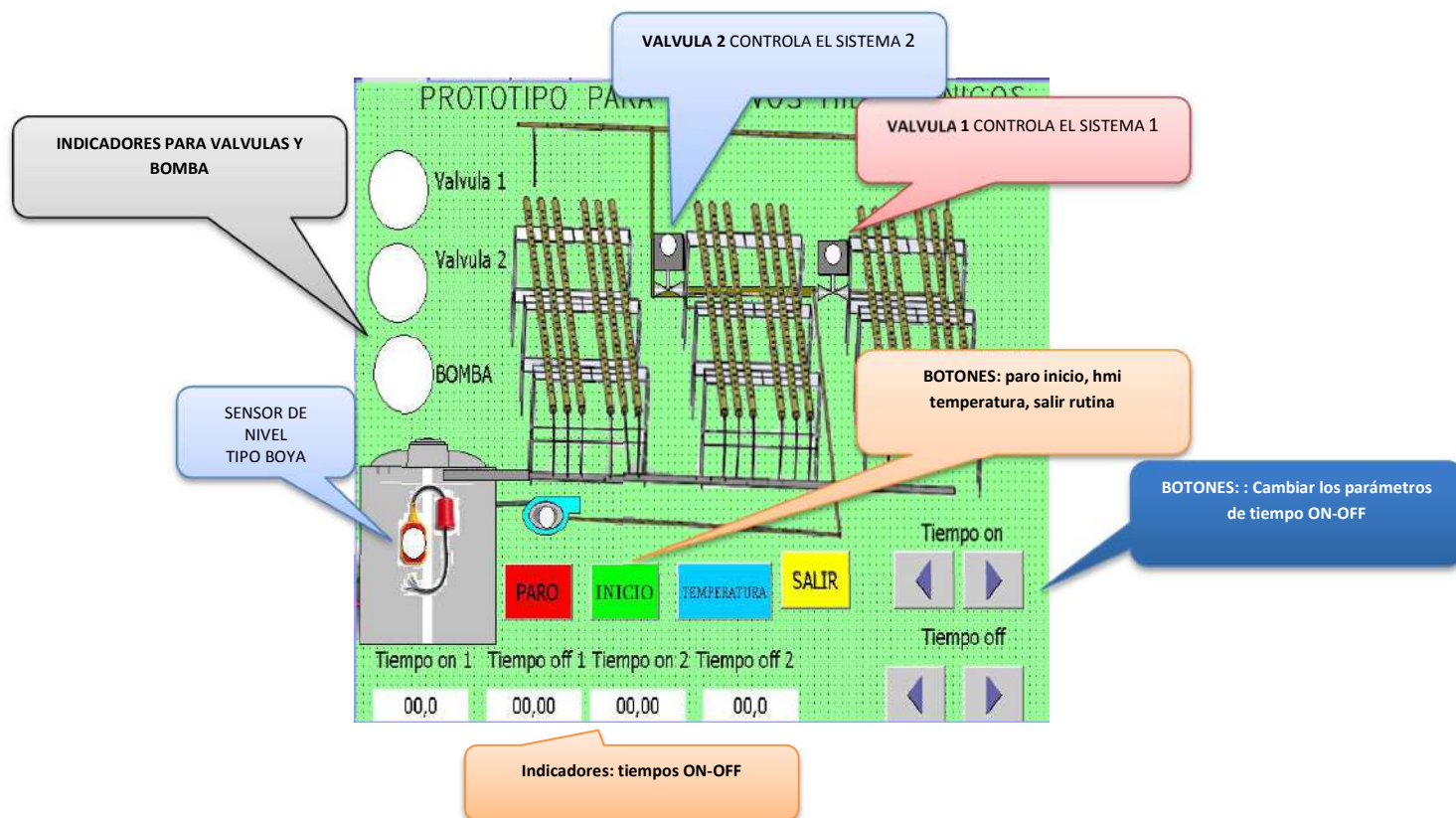


Figura IV.61. HMI controla el cultivo hidropónico⁷⁹

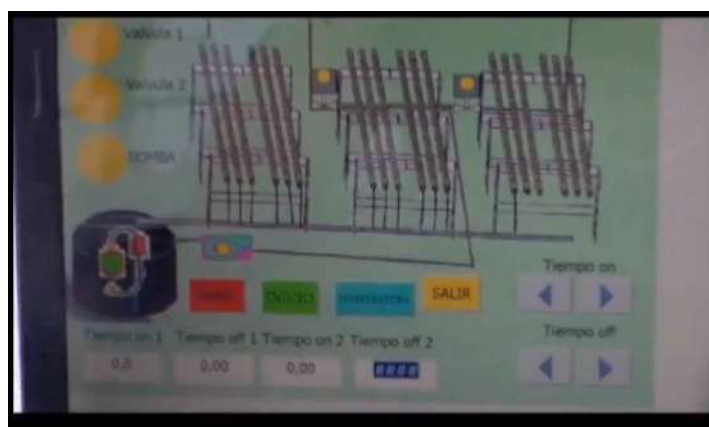


Figura IV.62 HMI imagen ejecución cultivo hidropónico⁸⁰

⁷⁹ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁸⁰ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

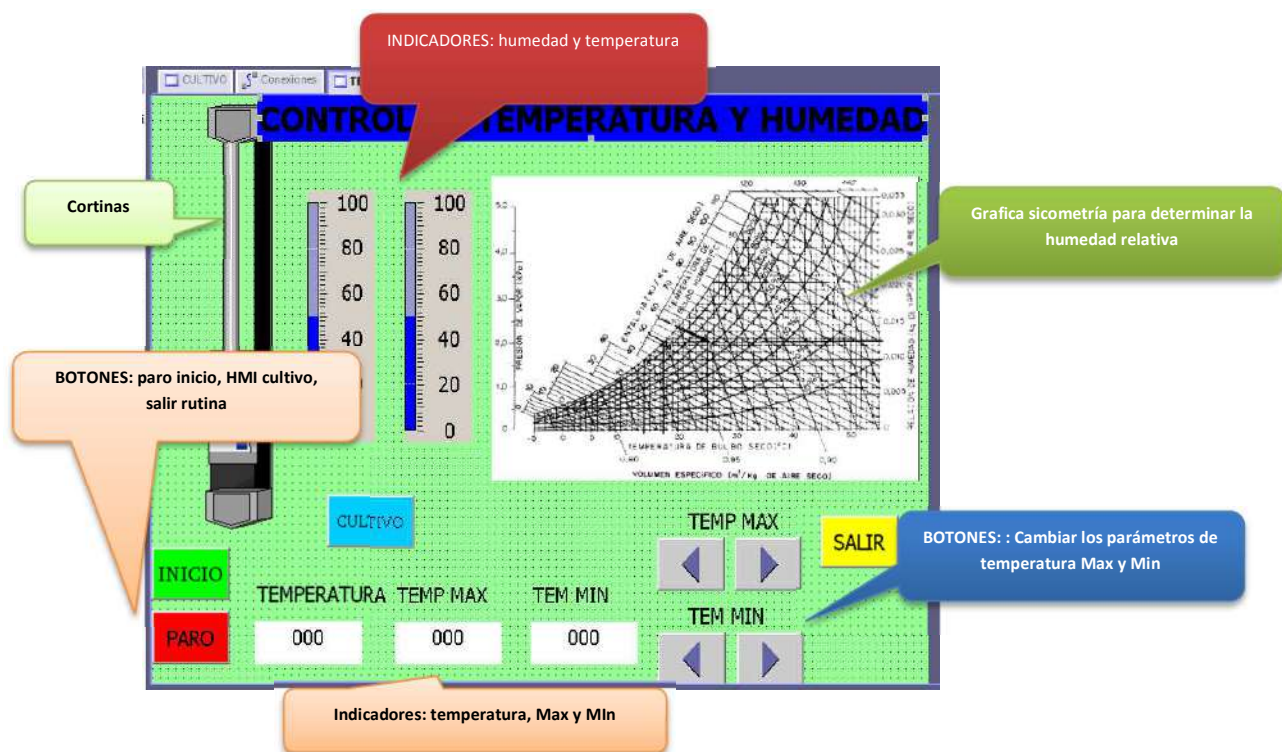


Figura IV.62. HMI imagen Control de temperatura y Humedad relativa⁸¹

⁸¹ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

CAPÍTULO V

5 ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se detalla el análisis realizado para comprobar la hipótesis planteada. El diseño e implementación de un prototipo con HMI para automatizar procesos de cultivo hidropónico de lechuga fue implementado en los invernaderos del CER ubicado en la Facultad de Recursos Naturales.

Para realizar un análisis sobre su productividad necesitamos compararlo con un cultivo convencional.

5.2 ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN

Antes de realizar la siembra se debe preparar el suelo y formar un huacho, este consiste en realizar un lomo de 0.6 m en el que se siembra la planta y un surco de 0.3m que es por donde circula el agua, en general un huacho mide 0.9 m.

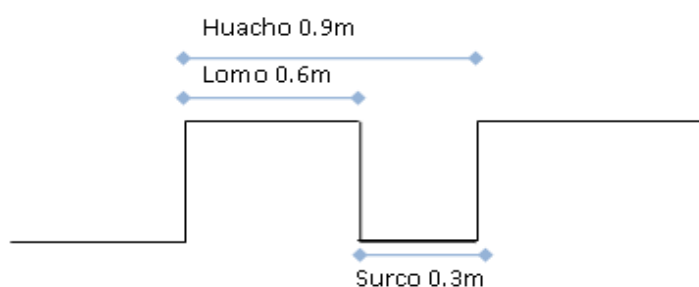


Figura V.63. Siembra tradicional con sus dimensiones⁸²

Existen varias formas de trasplante para un cultivo, en esta ocasión para nuestro análisis se tomó la forma de cultivo en paralelo una al frente de otra.

El análisis agronómico siempre se realiza por Hectárea de esta forma calculamos la densidad de plantas de la siguiente manera:

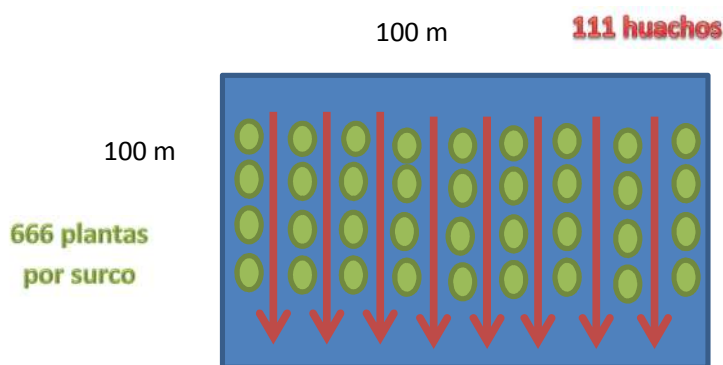


Figura V.64. Tipo de siembra en paralelo⁸³

⁸² Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁸³ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

Conociendo que la cabecera tiene 100 m de longitud y un huacho mide 0.9 m, tenemos 111 huachos por cabecera, teniendo en cuenta que la distancia entre las plantas es 0.3m podemos obtener 333 plantas por los 100 m, respetando la forma de cultivo en paralelo duplicamos la densidad de plantas a 666 plantas por surco por lo tanto el número de plantas por hectárea resulta del producto de los huachos por cabecera y plantas por surco resultando 73926 plantas por hectárea, resultando 7 plantas por metro cuadrado en un cultivo tradicional.

Después de realizar el análisis en un cultivo tradicional procedemos a realizar el análisis en un cultivo hidropónico, el prototipo que se ha implementado tiene un área de 54 m^2 de construcción y 37.5 m^2 densidad de siembra, este contiene 487 plantas, 13 por metro cuadrado dando como resultado 130000 plantas por hectárea.

Empleando estadística descriptiva tenemos:



Tabla V.XIX Producción del cultivo Tradicional e Hidropónico⁸⁴

⁸⁴ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

Realizando una simple regla de tres entre las 7 pt/m² que es el 100 % y las 6 pt/m² que se obtiene con la hidroponía obtenemos un aumento en la producción de 85.71%.

Por otro lado también tenemos la disminución del ciclo de cultivo, un cultivo tradicional luego del transplante la lechuga tarda 110 días aproximadamente según datos tomados del CER y en un cultivo Hidropónico las lechugas tardan aproximadamente 70 días aumentando considerablemente las cosechas anuales en un 66.7%.

	Cultivo Convencional	Cultivo Hidropónico
Días de cultivo luego del transplante	110	70
Cosechas anuales	3	5

Tabla V.XX. Cosecha Anuales⁸⁵

5.3 ANÁLISIS DEL RIEGO

En un cultivo tradicional se consume 3.5 litros de agua por metro cuadrado, por los 54 m² tenemos 189 litros requeridos, por los días de riego que son 55 me da un total 10395 litros necesarios para todo el cultivo. El tiempo de duración del ciclo de cultivo es 110 días para los litros necesarios se obtiene 94.5 lt/diarios para el área cultivada.

⁸⁵ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

En un cultivo hidropónico el tiempo del ciclo del cultivo es más corto con una duración de 70 días aproximadamente.

En este sistema hidropónico se cambia el agua con solución nutritiva cada 10 días para evitar la sedimentación de la misma teniendo 7 cambios en cada ciclo por los 355 litros requeridos por el sistema obtenemos 2485 litros consumidos, si a esto añadimos 40.5 litros perdidos cada 10 días sea por absorción de la s.n. o evapotranspiración de la planta nos da un consumo total del sistema de 2835 litros.

Comparando el consumo del sistema hidropónico con 2835 litros y un cultivo tradicional con 10395 litros obtenemos un 27.27% de agua consumida ante el 100% de lo tradicional.

Haciendo el análisis con una simple regla de tres nos resulta un ahorro de agua del 72.73% por ciclo de cultivo.

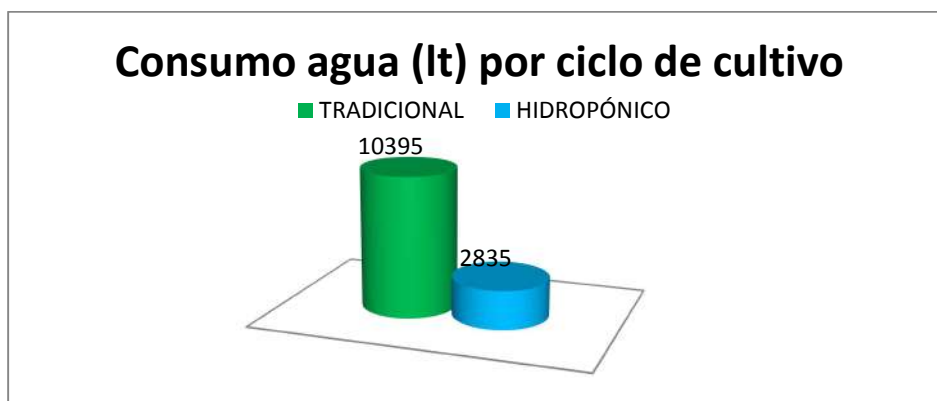


Tabla V.XXI. Consumo de agua por metro cuadrado en cultivo tradicional e hidropónico⁸⁶

⁸⁶ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

5.4 COSTO DE PRODUCCIÓN

CULTIVO TRADICIONAL

FICHA TÉCNICA FINANCIERA DE CULTIVOS BAJO RIEGO - LECHUGA

N. CIENTIFICO:	<i>Lactuca sativa</i>	VARIEDAD:	Winter Haven	DURACIÓN CICLO EN DÍAS.
TIPO DE SUELO:	Franco arenoso	DIAS SIEMBRA/TRANSPLANTE	110	INICIAL: 20
ALTURA (msnm):	2100 a 2900	- COSECHA:	Todo el año.	DESARROLLO: 35
TEMPERATURA (°C):	12 - 18	# de plantas (Densidad):	110000	MEDIO: 35
pH:	5.5 a 7	Cantidad de semilla:	NA	FINAL: 10
		Forma de siembra:	manual	Rotación de cultivo: Leguminosas, gramíneas
		Producción prevista qq/ha:	800	

ETAPA FISIOLÓGICA	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO USD	COSTO TOTAL USD.
LABORES PRE SIEMBRA	Análisis de suelos.	N,P,K	muestra.	1	20	20
	Arada.	Mecanizada.	hora.	5	15	75
	Rastrada.	Mecanizada.	hora.	3	15	45
	Surcada o instalación de camas.	Manual.	jornal.	10	10	100
	Riego.	Superficial.	jornal.	4	10	37.5
	Desinfección de semilla.	Manual.	jornal.	1	10	10
	Material Vegetativo	planta	plantula	110000	0.01	1100
INICIAL	Transplante.	Manual.	jornal.	5	10	50
	Controles fitosanitarios.	Manuales.	jornal.	3	10	30
	Abonado	humus de lombriz.	kg.	2500	0.1	250
	Fertilización.	15-15-15	kg.	200	0.59	118
		Muriato de potasio	kg.	350	0.59	206.5
	Pesticidas.	Endosulfan 500 cc	lt.	2	10.5	21
		Captan	kg.	2	16	32
		Diazinon	lt.	0.5	11.5	5.75

DESARROLLO	Deshierbe	Manual.	jornal.	10	10	100
	Riego.	Superficial.	jornal.	4	10	37.5
	Controles fitosanitarios.	Manuales	jornal.	3	10	30
	Pesticidas.	Aprisco	lt.	2	14	28
		Dithane M45	kg.	4	7.5	30
MEDIA	Deshierbe	Manual.	jornal.	10	10	100
	Riego.	Manual.	jornal.	5	10	50
FINAL	Labores agrícolas.	cosecha manual.	jornal.	20	10	200
	Embalaje.	Cajas, sacos.	unidad.	800	0.08	64
	Transporte.	Flete.	bulto - caja	1	100	100
TOTAL						2840.25

Tabla V.XXII Costos de Producción de lechuga Cultivo Convencional⁸⁷

CULTIVO HIDROPÓNICO

FICHA TÉCNICA FINANCIERA DE CULTIVOS BAJO RIEGO - LECHUGA						
N. CIENTÍFICO:	<i>Lactuca sativa</i>	VARIEDAD:	Winter Haven		DURACIÓN CICLO EN DÍAS.	
TIPO DE SUELO:	Franco arenoso	DÍAS SIEMBRA-COSECHA:	70		INICIAL:	7
ALTURA (msnm):	2100 a 2900	EPOCAS DE SIEMBRA	todo el año.		DESARROLLO:	28
TEMPERATURA (°C):	12 - 18	# de plantas (Densidad):	110000		MEDIO:	28
pH:	5.5 a 7	Cantida de semilla:	NA		FINAL:	7
		Forma de siembra:	hidropónico		Rotación de cultivo:	Leguminosas, gramíneas
		Producción prevista qq/ha:	800			
ETAPA FISIOLÓGICA	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO USD	COSTO TOTAL USD.
LABORES PRE SIEMBRA	Análisis de suelos.	N,P,K	muestra.	0	20	0
	Arada.	Mecanizada.	hora.	0	15	0
	Rastrada.	Mecanizada.	hora.	0	15	0

⁸⁷ INIAP, CENTRO EXPERIMENTAL DEL RIEGO

LABORES DE SIEMBRA	Surcada o instalación de camas.	Manual.	jornal.	0	10	0
	Riego.	Superficial.	jornal.	0	10	0
	Desinfección de semilla.	Manual.	jornal.	1	10	10
	Material Vegetativo	planta	plantula	110000	0.01	1100
INICIAL	Transplante.	Manual.	jornal.	5	10	50
	Controles fitosanitarios.	Manuales.	jornal.	3	10	30
	Sustrato	Dosificación	preparación	6	9	54
	Fertilización.	15-15-15	kg.	0	0.59	0
		Muriato de potasio	kg.	0	0.59	0
	Pesticidas.	Endosulfan 500 cc	lt.	0	10.5	0
		Captan	kg.	0	16	0
		Diazinon	lt.	0	11.5	0
DESARROLLO	Deshierbe	Manual.	jornal.	0	10	0
	Riego.	Superficial.	jornal.	0	10	0
	Controles fitosanitarios.	Manuales	jornal.	3	10	30
	Pesticidas.	Aprisco	lt.	2	14	28
		Dithane M45	kg.	4	7.5	30
MEDIA	Deshierbe	Manual.	jornal.	0	10	0
	Riego.	Manual.	jornal.	0	10	0
FINAL	Labores agrícolas.	cosecha manual.	jornal.	20	10	200
	Embalaje.	Cajas, sacos.	unidad.	800	0.08	64
	Transporte.	Flete.	bulto - caja	1	100	100
					TOTAL	1696

Tabla V.XXIII. Costos de Producción de lechuga con un Prototipo Hidropónico⁸⁸

Realizando un análisis de costos tomando datos del CER se obtuvo que en un Cultivo Tradicional se invierte 2840.25 dólares por cosecha, mientras que en un Cultivo Hidropónico 1696 dólares. En la tabla siguiente se muestra estos resultados y adicionalmente el costo anual en las diferentes formas de cultivo

⁸⁸ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

tomando en cuenta que el cultivo tradicional solo podremos realizar 3 cosechas anuales con un costo de 8520.75 dólares frente a un cultivo hidropónico con 5 cosechas anuales a un costo de 8480 dólares.

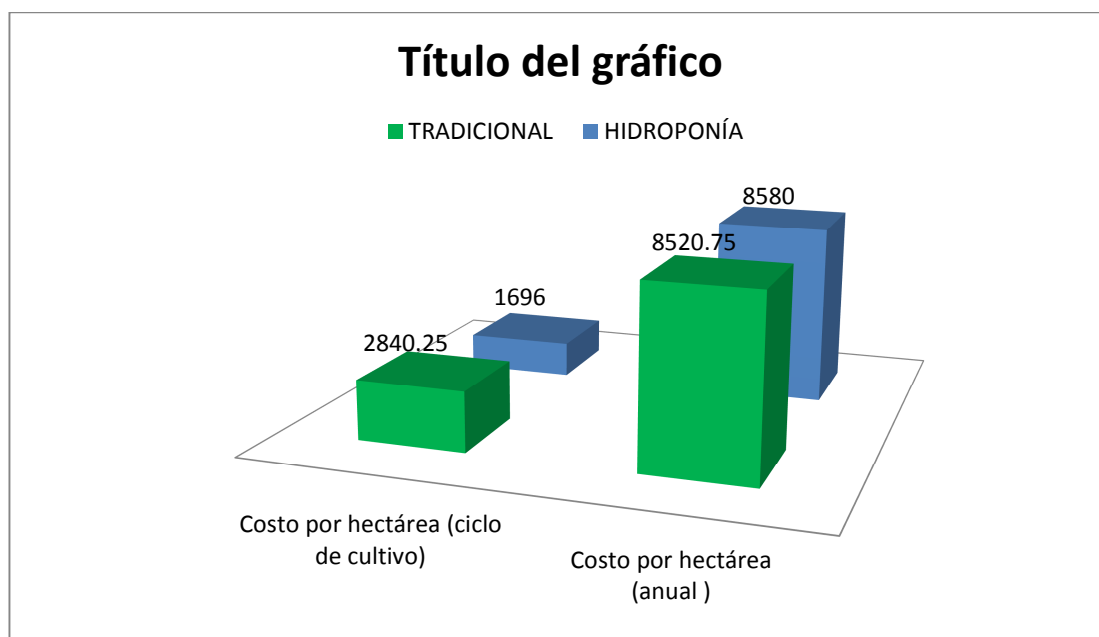


Tabla V.XXIV. Costos por hectárea anual y ciclo de cultivo Tradicional e Hidropónico⁸⁹

Resumen de porcentajes obtenidos luego del análisis

	TRADICIONAL	HIDROPÓNICO	Porcentaje
Duración del ciclo de cultivo	110	70	
# de cosechas anuales	3	5	Aumento del 66.7% de la producción anual
# de plantas por metro cuadrado	7	13	Aumento del número de plantas en un 85.71%
# plantas (37.5 m ²)	262	487	
Consumo de agua lt/m ² en un ciclo	10395	2835	Disminución del consumo de agua en 72.73%

Tabla V.XXV. Resumen del análisis de resultados⁹⁰

⁸⁹ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

⁹⁰ Fuente: Luisa C., Cazco B. Iván D., Iñiguez C. (Autores)

CONCLUSIONES

- El sistema hidropónico implementado disminuye la utilización de mano de obra lo que conlleva a reducción de los costos de producción.
- El prototipo implementado comparado con un cultivo tradicional dio como resultado un 85.71% más de producción por metro cuadrado, aumentando la producción anual en un 66.7% (3 a 5 cosechas), y disminuyendo el tiempo del ciclo de cultivo de 110 a 70 días.
- El sistema permite disminuir la utilización de agroquímicos por la ausencia de malezas, resuelve la problemática de rotación de cultivo para evitar la erosión, ya que no existe uso del suelo.
- El control automático del sistema permite manejar los factores con eficiencia, tomando en cuenta los requerimientos de la técnica NFT convirtiéndose en un sistema adaptable a diferentes medios.
- El prototipo hidropónico permite reducir el consumo de agua en el cultivo en un 72.73% en relación a los cultivos tradicionales.
- El control todo o nada es ideal para la ventilación pasiva que utilizamos en el invernadero a través de cortinas el cual se basa en parámetros de temperaturas máximas y mínimas del ambiente.
- La automatización basada en la técnica NFT permite al administrador del sistema manejar las diferentes etapas de crecimiento del cultivo, variando los tiempos de flujo del agua durante el proceso de cultivo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda conocimientos y un estricto control respecto al funcionamiento y equilibrio nutricional durante el ciclo de producción ya que repentinos cambios de temperatura y ventilación tendrán respuesta directa e inmediata en el cultivo
- Realizar un mantenimiento de todo el sistema al final de cada cultivo, para tener una mayor vida útil de los equipos y el nuevo cultivo se desarrolle de mejor condición evitando la proliferación de agentes patógenos que pueden estar en los canales del cultivo como en el tanque.
- Cambiar los parámetros de temperatura para las diferentes épocas del año por el cambio de estaciones.
- No interrumpir la alimentación de energía al sistema ya que el cultivo depende del funcionamiento del tablero de control
- El dimensionamiento de las tuberías de distribución y drenaje deben ser bien realizados para no tener pérdidas de caudal en el sistema.
- El tiempo de descanso de la bomba debe ser proporcional al tiempo de trabajo para no forzarla y aumentar su vida útil.
- Al estar el sistema sometido a condiciones ambientales y manipulación de personas, se debe considerar la instalación de una válvula que proteja a la bomba cuando trabaje sin carga, salvaguardándola de corrientes altas que pueden llevar al daño de ésta o los dispositivos de control.

RESUMEN

El diseño e implementación de un prototipo con HMI (Interfaz hombre-máquina) para automatizar procesos de cultivo hidropónico de lechuga implementado en el invernadero de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Utilización del método de investigación experimental, aplicando la técnica raíz flotante para cultivos hidropónicos, se desarrolló un sistema con tubería plástica, bomba, tanque basados en parámetros como: volumen, caudal, presión y altura de trabajo de entrada y salida del sistema, controlado por dos sistemas independientes de cultivos con electroválvulas. Se monitorea y controla parámetros como son: temperatura, humedad, circulación del sustrato a través de un logo con su respectiva interfaz hombre-máquina diseñado en la plataforma de LOGO! Soft V7.0.

Los resultados obtenidos determinaron que el prototipo implementado ofrece un aumento de producción del 85.71% por metro cuadrado, es decir normalmente se cultivan 7 plantas por metro cuadrado, mientras que con el prototipo se produce 13 plantas con ahorro de agua del 72.73 % e incremento anual de producción de 3 a 5 cosechas.

Como conclusión, el prototipo implementado y su producto obtuvo mayor densidad de plantas por metro cuadrado con aumento de producción anual, además

disminución de agroquímicos por ausencia de malezas siendo un producto saludable con tasas nutricionales uniformes.

Se recomienda al responsable del sistema conocimientos y un estricto control respecto a su funcionamiento y equilibrio nutricional durante el ciclo de producción porque repentinos cambios de temperatura y ventilación tendrán respuesta directa e inmediata en el cultivo, sobre todo en ambientes protegidos.

ABSTRACT

The design and implementation of a prototype with HMI (Human Machine Interface) to automate lettuce hydroponic processes implemented in the greenhouse of the Natural Resources Faculty of the Polytechnic of Chimborazo.

For this design the experimental research method was used, applying the technique floating root for hydroponics, a system was developed with plastic tubing, pump, tank based on parameters such as volume, flow, pressure and working height of the system input and output, controlled by two independent systems with solenoid crop. Parameters such as temperature, humidity, movement of the substrate are monitored and controlled through a logo with its respective man-machine interface designed in LOGO Soft V7.0 platform.

The results determined that the implemented prototype provides 85.71% increased production per square meter that is usually seven plants per square meter are grown, while with the prototype 13 plants are produced with 72.73% water saving and annual growth production of 3 to 5 harvests.

As a conclusion, the implemented prototype and its product scored higher plant density per square meter with annual production increase, and decrease of agrochemicals by absence of weeds being a healthy product with uniform nutritional rates.

It is recommended system knowledge and strict control to the responsible person over its financial and nutritional balance during the production cycle because

sudden changes in temperature and ventilation will have direct and immediate response in the crop, especially if they are protected environments.

GLOSARIO

Grafcet: (GrapheFunctionel De CommandeEtapeTransition) es un grafo o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

Hidráulica: es una rama de la mecánica de fluidos y ampliamente presente en la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los líquidos. Todo esto depende de las fuerzas que se interponen con la masa y a las condiciones a que esté sometido el fluido, relacionadas con la viscosidad de este

Hidroponía.- llamada también agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola.

Logo: dispositivo electrónico diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto.

Metro.- es la unidad principal de longitud del Sistema Internacional de Unidades. Un metro es la distancia que recorre la luz en el vacío durante un intervalo de $1/299\,792\,458$ de segundo.

Motor de engranaje: El motor de engranaje, tiene un sistema completo de fuerza motriz que consiste en un motor eléctrico y un engranaje de reducción integrado, esto reduce enormemente la complejidad y el costo de diseñar y construir herramientas eléctricas, máquinas y aparatos de llamada para un alto par a velocidad del eje relativamente baja o RPM.

Sistema NFT: Es la técnica de película nutriente. Se trata de una técnica hidropónica activa en la cual se bombea la solución nutriente hasta una bandeja o canalización para crear una fina película que se mueve lentamente, fluyendo a través de las raíces de las plantas y aportándoles a éstas todos los elementos que necesitan para su desarrollo.

Sensor: El sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud.

BIBLIOGRAFÍA

- 1._**CREUS., A.**, Instrumentación Industrial., 8va ed., Barcelona España., Marcombo., 2011., Pp. 4-5-6-17-153-195-196-235-236-237-240-251
- 2._**CREUS., A.**, Neumática e Hidráulica., 2da ed., Barcelona – España., Marcombo., 2011., Pp. 22-24-56-59-70-164
- 3._**GILSANZ., J.**, Hidroponía., 1ra ed., Montevideo – Uruguay., Inia., 2007., Pp. 7-14-16-19-20
- 4._**MÉNDEZ., M.**, Tuberías a presión en los sistemas de abastecimiento de agua., 1ra ed., Caracas -Venezuela., 1995., Pp. 33-34-35-61-72

- 5._ **ROLDÁN, J.**, Automatismos industriales., 1ra ed., Madrid-España., Paraninfo., 2011., Pp. 27-28-32-50-59-63-65-134-136-208-209-212-213-215
- 6._ **SALDARRIAGA, J.**, Hidráulica de Tuberías., Santafé de Bogotá - Colombia., Copyright., 1998., Pp. 2-15-18-25-136-155-412
- 7._ **PLASTIGAMA.**, Catálogo Agrícola., Ecuador-Mexichem S.A., 2012., Pp. 9-14-93-99
- 8._ **LEÓN, J.**, Riegos y Drenaje., 1ra ed., Riobamba – Ecuador., E-Copycenter., 2012., Pp. 11-13-14-18

INTERNET

- 9._ **BOMBA HIDRAÚLICA**
<http://www.sitioniche.nichese.com/valvulas-hidra.html>
2013-07-10
http://www.cohimar.com/útil/neumática/neumática_hidraulica5.html#MONTAJE DE LA BOMBA
2013-08-18

10._ **HIDRAULICA**

<http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/FACULTAD%20DE%20CIENCIAS%20MATEM%C3%81TICAS%20F%C3%8DSCAS%20Y%20QU%C3%8DMICAS/INGENIER%C3%8DA%20MEC%C3%81NICA/06/Maquinas%20hidraulicas/Libros/manual-caterpillar-hidraulica-maquinarias-pesadas.pdf>
2013-08-11

11._ **LOGO Y MODULOS**

ftp://ftp.weintek.com/PLC_Connect_Guide/Siemens_LOGO_Ethernet.pdf

http://infoplcn.net/files/documentacion/automatas/infoplcn_net_automatismos_industriales1.pdf

2013-08-10

<http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Documents/LOGOOBA7-ManualProducto.pdf>

2013-07-10

12._ **MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA**

<http://www.weg.net/files/products/WEG-motores-de-corriente-continua-50037241-catalogo-espanol.pdf>

http://www.wapp.etsit.upm.es/departamentos/teat/asignaturas/labingel/motores%20de%20cc%20de%20iman%20permanente%20y%20rotor_v5.pdf

2013-06-25

13. **SENSORES**

<http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>

2013-08-28

<http://support.automation.siemens.com/ES/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&objId=23671452&load=treecontent&lang=es&siteid=cseus&aktprim=99&objaction=csview&extranet=standard&viewreg=ES>

2013-09-06

14. **SISTEMA HIDROPÓNICO NFT**

http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=101

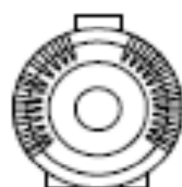
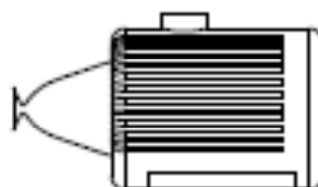
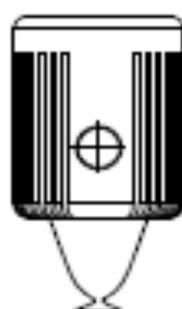
2013-06-28

<http://www.hidroponiamex.blogspot.com/p/nft.html>

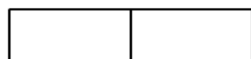
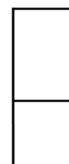
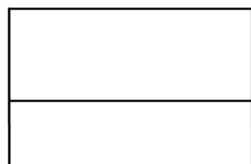
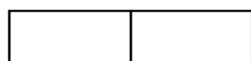
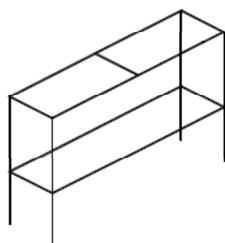
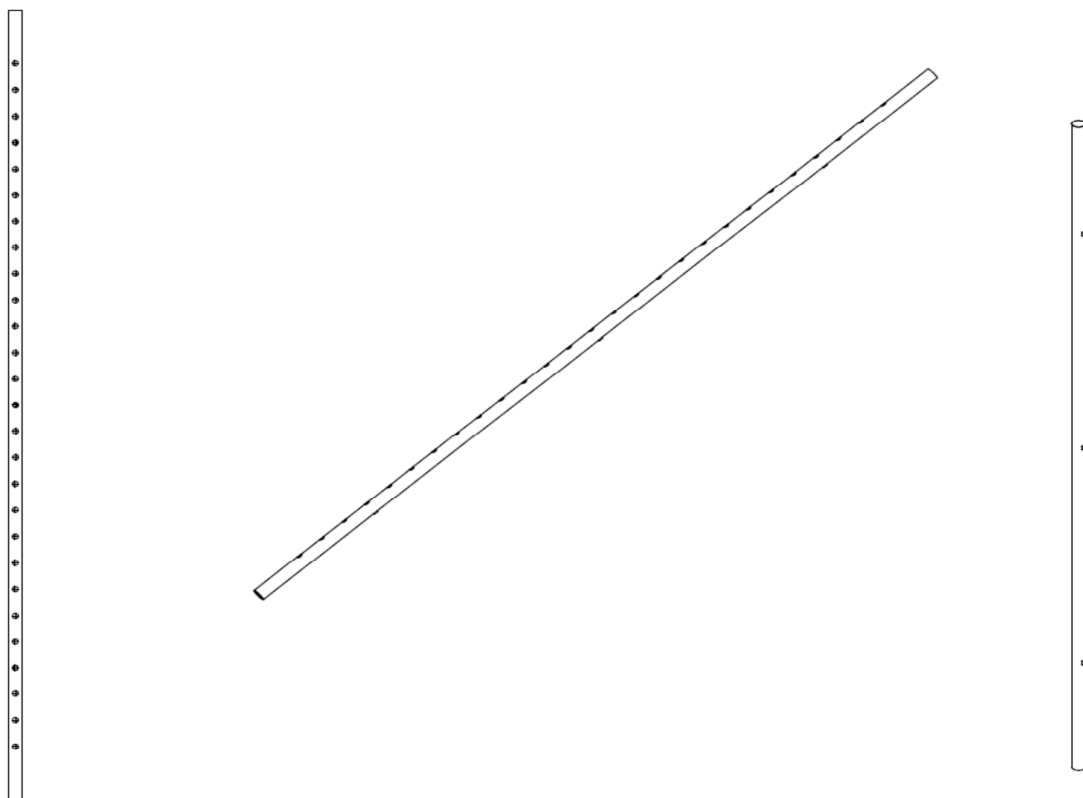
2013-07-03

Anexo 1

Diseño de la estructura de mecánica
del prototipo en SolidWorks.



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOURNANCAS: UNBAL: ANGULAR:			ACABADO: C. Cazco I. Ríguez			REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS			ESPOCH		REVISIÓN	
									FIE-EIE-CRI			
	NOMBRE	FECHA					TÍTULO: Bomba Centrifuga					
DISE.	C. Cazco	Jun. 2013										
VERIF.	I. Ríguez	Ag. 2013										
APROB.	Ing. Diego Barba	Sep. 2013										
HAER.							N° DE DIBUJO Bomba					
CAUD.												
							MATERIAL: A4					
							PRICI					
							RECALC. 1:1		HOJA 1 DE 1			



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO: C. Cazco I. Iñiguez		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		ESPOCH		REVISIÓN	
								FIE-EIE-CRI			
								TÍTULO:			
								Tubo PVC-Estructuras			
								N.º DE DIBUJO			
								tubo-soporte-Soportes			
								A4			
DIBUJ.				C. Cazco		FIRMA		FECHA		Julio 2013	
VERIF.				I. Iñiguez		FIRMA		FECHA		Ago. 2013	
APROB.				Ing. Diego Barba		FIRMA		FECHA		Sep. 2013	
FABR.						FIRMA		FECHA			
CALID.						FIRMA		FECHA			
MATERIAL:								PVC Hierro			
PESO:								ESCALA:1:50			
								HOJA 1 DE 2			



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO: C. Cazco I. Iñiguez		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		ESPOCH		REVISIÓN	
								FIE-EIE-CRI			
								TÍTULO:			
								TUBOS DISTRIBUCION			
								N.º DE DIBUJO			
								A4			
								ESCALA: 1:50			
								HOJA 1 DE 1			

Anexo 2

Mapeo de parámetros para LOGO

Soft 0ba7

DI	Dirección VM	DQ	Dirección VM
I1	V923.0	Q1	V942.0
I2	V923.1	Q2	V942.1
I3	V923.2	Q3	V942.2
I4	V923.3	Q4	V942.3
I5	V923.4	Q5	V942.4
I6	V923.5	Q6	V942.5
I7	V923.6	Q7	V942.6
I8	V923.7	Q8	V942.7
I9	V924.0	Q9	V943.0
I10	V924.1	Q10	V943.1
I11	V924.2	Q11	V943.2
I12	V924.3	Q12	V943.3
I13	V924.4	Q13	V943.4
I14	V924.5	Q14	V943.5
I15	V924.6	Q15	V943.6
I16	V924.7	Q16	V943.7
I17	V925.0		
I18	V925.1		
I19	V925.2		
I20	V925.3		
I21	V925.4		
I22	V925.5		
I23	V925.6		
I24	V925.7		

AI	Dirección VM	AQ	Dirección VM
AI1	VW926	AQ1	VW944
AI2	VW928	AQ2	VW946
AI3	VW930		
AI4	VW932		
AI5	VW934		
AI6	VW936		
AI7	VW938		
AI8	VW940		
AM	Dirección VM	M	Dirección VM
AM1	VW952	M1	V948.0
AM2	VW954	M2	V948.1
AM3	VW956	M3	V948.2
AM4	VW958	M4	V948.3
AM5	VW960	M5	V948.4
AM6	VW962	M6	V948.5
AM7	VW964	M7	V948.6
AM8	VW966	M8	V948.7
AM9	VW968	M9	V949.0
AM10	VW970	M10	V949.1
AM11	VW972	M11	V949.2
AM12	VW974	M12	V949.3
AM13	VW976	M13	V949.4
AM14	VW978	M14	V949.5
AM15	VW980	M15	V949.6
AM16	VW982	M16	V949.7
		M17	V950.0
		M18	V950.1
		M19	V950.2
		M20	V950.3
		M21	V950.4
		M22	V950.5
		M23	V950.6
		M24	V950.7

Anexo 3

Manual de Usuario

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES



MANUAL DE USUARIO

Prototipo automático para cultivos hidropónicos de
lechuga

AUTORES:

Luisa Cristina Cazco Barba

Iván Darío Iñiguez Carrillo

Índice

Contenido

I. PREFACIO	146
II. INTRODUCCION	147
III. OBJETIVOS DEL SISTEMA.....	148
✓ OBJETIVOS GENERALES.....	148
✓ OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	148
IV. ALCANCES	149
V. MANEJO DE LOS EQUIPOS	150
1. MANEJO DEL TABLERO DE CONTROL.....	150
2. HMI.....	151
A. LOGO TD.....	151
B. HMI wincc.....	152
.....	153
VI. CONSEJOS PARA EL MANEJO DEL SISTEMA.....	153
VII. SOPORTE TECNICO	154

I. PREFACIO

El trabajo aquí expuesto recoge una alternativa tecnológica en plena expansión, con gran aceptación, como es el cultivo desarrollado en suelo no convencional. En la década de los 70 estuvo al alcance de los agricultores, cuando el inglés el Cooper fundo las bases del sistema conocido como NFT un método simple y eficaz en el cual se están desarrollando muchos de los sistemas Hidropónicos.

En ocasiones ante un sistema eficaz el empirismo puede rebasar el ámbito científico, la tecnología en los nutrientes utilizados para el crecimiento hortofrutícola soslaya condiciones que en sistemas sin suelo se puede manejar de mejor manera, ya que existen problemas como; patógenos en los suelos, las cosechas son más abundantes y sobre todo mejora la calidad en la producción, objetivo prioritario en la Agronomía Actual.

Esta guía nos mostrara pautas para el manejo y manipulación del prototipo buscando desarrollar con este proyecto cultivos con alta productividad y de calidad, desde una escala doméstica, mediante el control de variables que intervienen en el proceso de crecimiento del cultivo así como el monitoreo de los ciclos del sistema mediante una interfaz hombre máquina. El sistema será de fácil uso, lo que permita a la persona interesada en la Agricultura, conocer y aplicar tecnología para el mejoramiento e incremento de la producción de alimentos.

Utilizando un prototipo conoceremos el funcionamiento del sistema hidropónico la construcción del sistema como realizar el mantenimiento y el control de diversos parámetros que serán parte de la técnica.

II. INTRODUCCION

La búsqueda de nuevas técnicas para cultivos hortofrutícolas desde la década de los 60, en conjunto con la falta de Tierras para la agricultura convencional, nos conduce a la Hidroponía, que es la forma de cultivar plantas sin tierra usando una solución de sales minerales; que requieren las plantas para su desarrollo.

El aumento de población en el Ecuador y en el mundo actualmente, obliga a que los recursos de alimentación ofrecidos sean cada vez de mayor magnitud. La necesidad de producir a mayor escala avivadamente en pequeñas parcelas, la incertidumbre de la variación del clima constantemente en el país, y la aplicación de técnicas obsoletas como son los monocultivos en provincias como Chimborazo y la región interandina conlleva a la erosión de los suelos.

“La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad y asegurar un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, con una mayor densidad y elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas por año.”

La importancia de la Automatización en este tipo de cultivo permite el control, supervisión de los procesos hidropónicos con el fin de obtener productos sanos, de calidad que contribuyan en la alimentación de la población, buscando una armonía con el ambiente y sus recursos.

Por esta razón en manual presentado en este documento nos muestra la guía para la manipulación, supervisión, conexión, mantenimiento sus fortalezas falencias y todo el entorno del sistema automático para cultivos hidropónicos de lechuga.

III. OBJETIVOS DEL SISTEMA

✓ OBJETIVOS GENERALES

- Diseño e implementación de un prototipo con HMI para automatizar procesos de cultivo hidropónico de lechuga.

✓ OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseño del sistema mecánico y automático que permita un optimizar el proceso hidropónico para un desarrollo adecuado.
- Control y supervisión del proceso hidropónico para disponer los tiempos de suministro de nutrientes y las condiciones ambientales que intervienen en el cultivo.
- Programar el ciclo del cultivo basado en la técnica de cultivo hidropónico y conectar con su interfaz HMI

IV. ALCANCES

El presente manual presenta una aproximación de la automatización de los sistemas hidropónicos y los factores ambientales que lo influyen por lo tanto las variables que se toman en cuenta son muy importantes y esenciales para el desarrollo del cultivo.

Aprendizaje del proceso para el cultivo

Desarrollo del Control en lazo cerrado

Selección de sensores y actuadores

Pruebas del control de las variables y las condiciones del sistema

Para realizar este sistema se simula las condiciones que influirán en los procesos, así como los factores que determinan el cultivo hidropónico.

De esta manera el sistema basa los cimientos para posteriores sistemas tomando en cuenta las condiciones a las que están sometidos los cultivos en la región.

V. MANEJO DE LOS EQUIPOS

1. MANEJO DEL TABLERO DE CONTROL

El tablero de control fue diseñado en un tablero plástico con trasfondo con dimensiones de 60x40x30 cm, se escogió un tablero hermético, plástico ya que evita la corrosión es fácil de manipular y se adapta perfectamente al medio. Se dispuso de 6 bloques que se mostraran en la continuación.

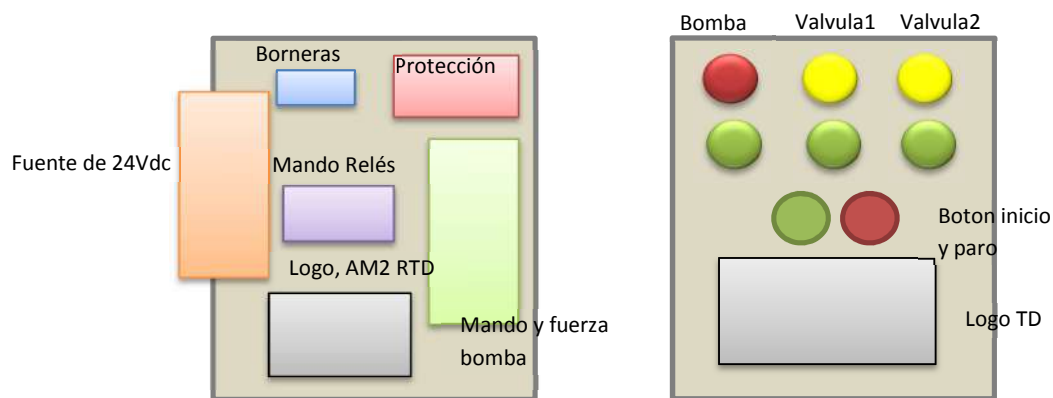


Figura1. Distribución del tablero de control

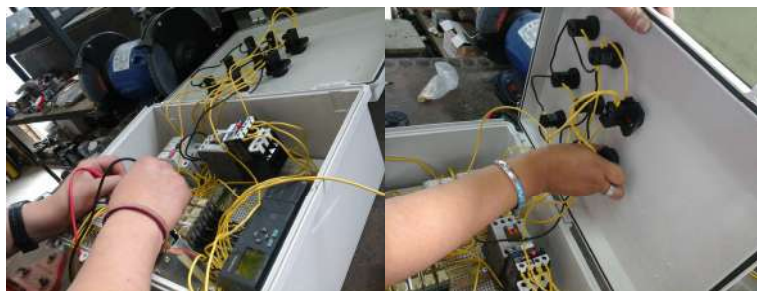


Figura2. Montaje del Tablero de control y sus indicadores

2. HMI

A. LOGO TD

Es un display para lago con una interfaz de comunicación RS485 y una alimentación de 24Vdc, donde se monitorea e ingresan los parámetros de encendido de la bomba y rangos de temperatura.



Figura3. Logo TD

El diseño del display se realizó en LOGO! soft Confor con la siguiente lógica de programación.

Algoritmo ingreso de datos de encendido y apagado de la bomba

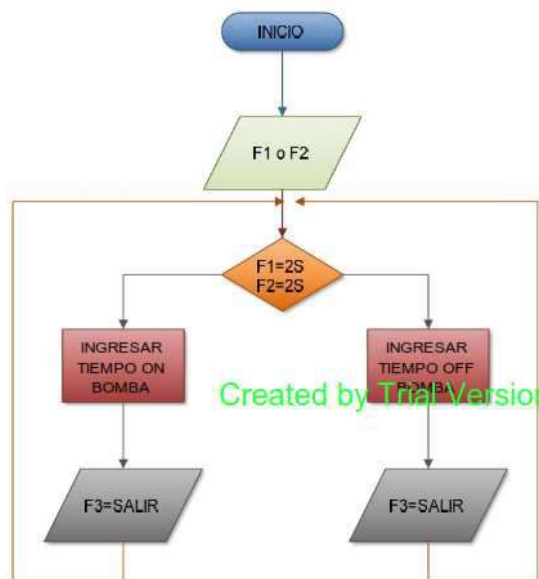


Figura4. Algoritmo ingreso de datos LOGO!TD

Presione el botón F1 por 2 segundos esto le permitirá ingresar los datos de ON de la bomba ingresando con F1 (aumentar), F2 (disminuir) se configura los tiempos con F3 saldrá del ingreso de datos.

Presione el botón F2 por 2 segundos esto le permitirá ingresar los datos de Off de la bomba ingresando con F1 (aumentar), F2 (disminuir) se configura los tiempos con F3 saldrá del ingreso de datos.

Algoritmo ingreso del rango max y min de temperatura

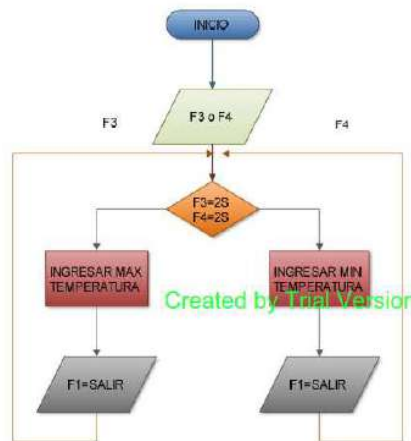


Figura5. Ingreso de rango de temperatura

Presione el botón F3 por 2 segundos esto le permitirá ingresar los datos de min de temperatura ingresando con F3 (aumentar), F4 (disminuir) se configura los tiempos con F1 saldrá del ingreso de datos.

Presione el botón F4 por 2 segundos esto le permitirá ingresar los datos de max temperatura de la bomba ingresando con F3 (aumentar), F4 (disminuir) se configura los tiempos con F1 saldrá del ingreso de datos.

B. HMI wincc

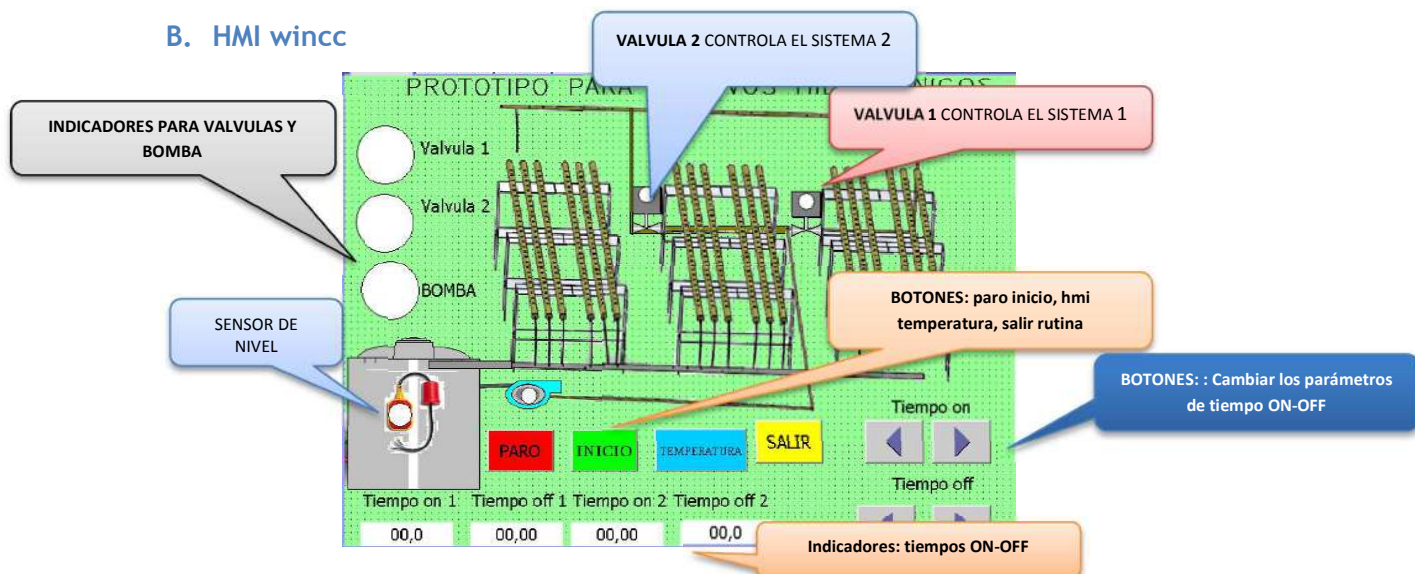


Figura6. HMI controla el cultivo hidropónico

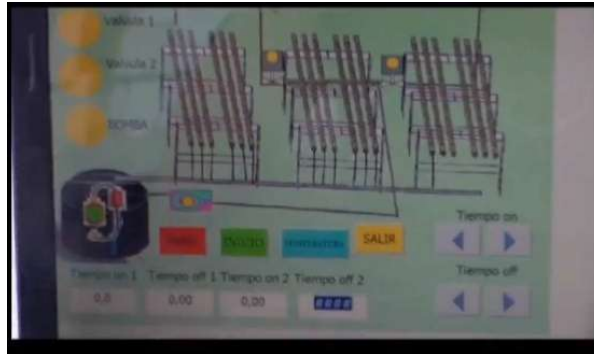
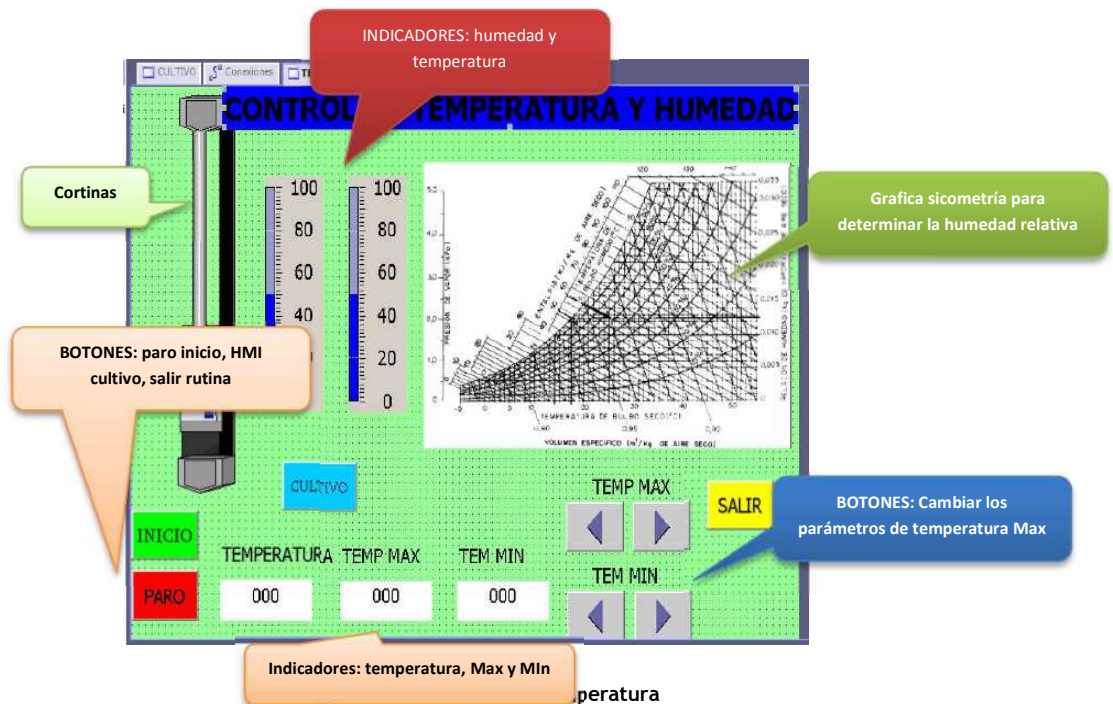


Figura7. HMI imagen ejecución cultivo hidropónico



VI. CONSEJOS PARA EL MANEJO DEL SISTEMA

- Tener una alimentación continua de energía este factor es imprescindible ya que si se corta esta energía el sistema no funcionara y el cultivo podría perderse enseguida.
- Lavar continuamente la tubería y el tanque esto evitara proliferación de agentes patógenos que dañen los cultivos además de mantener sanidad.

- Continuamente limpiar las tuberías de ingreso y salida de S.N. por su diámetro pequeño tienden a acumularse de residuos y taponan el ingreso y salida de la tubería.
- Al momento de trasplantar las plantas poner a una distancia que la raíz pueda tener contacto con la S.N. para el desarrollo del vegetal.
- Verificar que las cortinas no tiendan a tener continuo movimiento por el viento este es un factor externo que hace que el motor trabaje más dañando sus componentes y minorando la vida útil del mismo
- Dar una limpieza continua a las electroválvulas si no se da este mantenimiento se taponaran por exceso de suciedad lo cual con lleva a un mal funcionamiento de las electroválvulas.
- Engrasar y limpiar continuamente la bomba, si las aspas tienen mucha fricción la bomba no podrá trabajar y no podrá impulsar la solución del tanque.
- Mantener el tablero cerrado el hermetismo del mismo evita que se llenen de polvo causando daños en los equipos.

VII. SOPORTE TECNICO

Para cualquier consulta sobre el Software contáctenos:

- CRISTINA CAZCO
luisacazco@hotmail.com
- IVAN IÑIGUEZ
ivan_i26c@hotmail.com

Anexo 4

Manual Técnico



MANUAL DE TÉCNICO

Prototipo automático para cultivos hidropónicos de lechuga

AUTORES:

Luisa Cristina Cazco Barba
Iván Darío Iñiguez Carrillo

NOVIEMBRE DEL 2013

Índice

Contenido

I. PREFACIO	158
II. INTRODUCCION	159
III. OBJETIVOS DEL SISTEMA.....	160
⇒ OBJETIVOS GENERALES.....	160
⇒ OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	160
IV. ALCANCES	161
V. DATOS TECNICOS DEL SISTEMA.....	162
1. CULTIVO NFT HIDROPONICO	162
A. <i>MATERIALES, MANTENIMIENTO Y REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA NFT</i>	162
B. <i>SISTEMA DE CONTROL Y SUS USOS</i>	166
VI. CONSEJOS PARA EL MANEJO DEL SISTEMA.....	174
VII. SOPORTE TECNICO	175

I. PREFACIO

El trabajo aquí expuesto recoge una alternativa tecnológica en plena expansión, con gran aceptación, como es el cultivo desarrollado en suelo no convencional. En la década de los 70 estuvo al alcance de los agricultores, cuando el inglés el Cooper fundo las bases del sistema conocido como NFT un método simple y eficaz en el cual se están desarrollando muchos de los sistemas Hidropónicos.

En ocasiones ante un sistema eficaz el empirismo puede rebasar el ámbito científico, la tecnología en los nutrientes utilizados para el crecimiento hortofrutícola soslaya condiciones que en sistemas sin suelo se puede manejar de mejor manera, ya que existen problemas como; patógenos en los suelos, las cosechas son más abundantes y sobre todo mejora la calidad en la producción, objetivo prioritario en la Agronomía Actual.

Esta guía nos mostrara pautas para el manejo y manipulación del prototipo buscando desarrollar con este proyecto cultivos con alta productividad y de calidad, desde una escala doméstica, mediante el control de variables que intervienen en el proceso de crecimiento del cultivo así como el monitoreo de los ciclos del sistema mediante una interfaz hombre máquina. El sistema será de fácil uso, lo que permita a la persona interesada en la Agricultura, conocer y aplicar tecnología para el mejoramiento e incremento de la producción de alimentos.

Utilizando un prototipo conoceremos el funcionamiento del sistema hidropónico la construcción del sistema como realizar el mantenimiento y el control de diversos parámetros que serán parte de la técnica.

II. INTRODUCCION

La búsqueda de nuevas técnicas para cultivos hortofrutícolas desde la década de los 60, en conjunto con la falta de Tierras para la agricultura convencional, nos conduce a la Hidroponía, que es la forma de cultivar plantas sin tierra usando una solución de sales minerales; que requieren las plantas para su desarrollo.

El aumento de población en el Ecuador y en el mundo actualmente, obliga a que los recursos de alimentación ofrecidos sean cada vez de mayor magnitud. La necesidad de producir a mayor escala avivadamente en pequeñas parcelas, la incertidumbre de la variación del clima constantemente en el país, y la aplicación de técnicas obsoletas como son los monocultivos en provincias como Chimborazo y la región interandina conlleva a la erosión de los suelos.

“La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad y asegurar un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, con una mayor densidad y elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas por año.”

La importancia de la Automatización en este tipo de cultivo permite el control, supervisión de los procesos hidropónicos con el fin de obtener productos sanos, de calidad que contribuyan en la alimentación de la población, buscando una armonía con el ambiente y sus recursos.

Por esta razón en manual presentado en este documento nos muestra la guía para la manipulación, supervisión, conexión, mantenimiento sus fortalezas falencias y todo el entorno del sistema automático para cultivos hidropónicos de lechuga.

III. OBJETIVOS DEL SISTEMA

✓ OBJETIVOS GENERALES

- Diseño e implementación de un prototipo con HMI para automatizar procesos de cultivo hidropónico de lechuga.

✓ OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseño del sistema mecánico y automático que permita un optimizar el proceso hidropónico para un desarrollo adecuado.
- Control y supervisión del proceso hidropónico para disponer los tiempos de suministro de nutrientes y las condiciones ambientales que intervienen en el cultivo.
- Programar el ciclo del cultivo basado en la técnica de cultivo hidropónico y conectar con su interfaz HMI

IV. ALCANCES

El presente manual presenta una aproximación de la automatización de los sistemas hidropónicos y los factores ambientales que lo influyen por lo tanto las variables que se toman en cuenta son muy importantes y esenciales para el desarrollo del cultivo.

Aprendizaje del proceso para el cultivo

Desarrollo del Control en lazo cerrado

Selección de sensores y actuadores

Pruebas del control de las variables y las condiciones del sistema

Para realizar este sistema se simula las condiciones que influirán en los procesos, así como los factores que determinan el cultivo hidropónico.

De esta manera el sistema basa los cimientos para posteriores sistemas tomando en cuenta las condiciones a las que están sometidos los cultivos en la región.

V. DATOS TECNICOS DEL SISTEMA

1. CULTIVO NFT HIDROPONICO

El sistema de cultivo por **NFT (Nutrient Film Technique)** que traducido al español significa "la técnica de la película nutriente", **es una de las técnicas más utilizadas en la hidroponía**, la cual se basa en la circulación continua o intermitente de una fina lámina de solución nutritiva a través de las raíces del cultivo, sin que éstas por tanto se encuentren inmersas en sustrato alguno, sino que simplemente quedan sostenidas por un canal de cultivo, en cuyo interior fluye la solución en donde no existe pérdida o salida al exterior de la solución nutritiva, por lo que se considera un sistema de tipo cerrado.

En un tubo PVC de 0.9m de diámetro dispuesto en forma paralela en 3 sistemas compuestos cada uno por 6 tubos de 6m todos estos tubos contiene agujeros que permiten el posicionamiento de las plantas, apoyadas en canastas que en nuestro caso son rulos de 0.0381 m de diámetro. Los tubos están apoyados en 45 caballetes proporcionados a 1.2 m de distancia para tener un mayor soporte, con una ligera inclinación que permita la circulación de agua por el sistema, luego la solución es recolectada en un tanque de 500lt.

Una bomba funciona continuamente durante las 12 horas del día con intervalos de encendido, permitiendo la circulación, por los canales de cultivo, de una película o lámina de apenas 30 a 45 milímetros de solución nutritiva. Esta recirculación mantiene a las raíces en contacto permanente con la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces y un suministro adecuado de nutrientes minerales para las plantas. Como el agua se encuentra fácilmente disponible para el cultivo, la planta realiza un mínimo el gasto de energía para la absorción, pudiendo aprovechar ésta en otros procesos metabólicos.

El tablero de control está preparado para controlar los ciclos de encendido de la bomba para la circulación de nutrientes. Este sistema está conformado por dos subsistemas que permiten que la bomba fusione adecuadamente y los caudales se distribuyan de forma uniforme y con esto los nutrientes puedan llegar a todas las plantas, también permitiéndole un descanso que no sature de trabajo a la bomba.

En el invernadero se toman de datos de temperatura y humedad relativa para mejorar el crecimiento y desarrollo de la planta.

A. MATERIALES, MANTENIMIENTO Y REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA NFT

Como puede observarse en la figura, se presenta un esquema sencillo de una instalación de NFT, donde se pueden distinguirse los siguientes elementos principales:

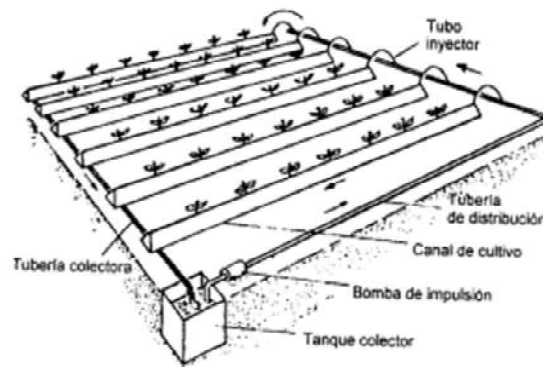


Figura1. Sistema NFT

- Tanque colector
- Bomba de impulsión
- Tuberías de distribución
- Canales de cultivo
- Tubería colectora

1. TANQUE COLECTOR

Almacena la solución nutritiva y su capacidad fue calculada con el número de plantas que tendrá el cultivo en nuestro caso tenemos alrededor de 500 lechugas 487 en todo el sistema. El tanque escogido es un tanque plástico tipo botella con protección de rayos solares, hermético, evitando la proliferación de organismos como algas y lama, además no se corroen, ni se oxidan y no requieren de mantenimiento continuo el volumen que contiene es de 500lt.



Figura2. Tanque de 500lt para realizar la solución

➤ MANTENIMIENTO

Periódicamente se debe realizar la limpieza del tanque es importante realizar este mantenimientos ya que en el tanque se realiza la solución nutritiva.

2. BOMBA:

Tiene la función de impulsar la solución nutritiva desde el tanque hacia los canales del cultivo a través de las tuberías de distribución. En cada canal, el flujo de la solución nutritiva debe ajustarse aproximadamente en 2 a 3 lt/min. Este caudal es importante porque permite una adecuada aireación de la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces y la absorción de agua y nutrientes. Se escogió una bomba de 0.5 HP la que se encargara de distribuir el nutriente para todo el sistema, enviar desde 0 a 3m de altura del tanque.



Figura 3. Bomba hidráulica de 1/2HP

➤ MANTENIMIENTO

Se recomienda realizar una limpieza y engrasado de los rodamientos para tener un giro óptimo en la bomba.

El cebado de la bomba es un parámetro importante para el funcionamiento si no se realiza esto la bomba no succionara y la bomba podría dañarse por trabajar sin carga. En la bomba se encuentra una tubería donde se puede realizar el cebado cerrando la válvula de paso esperando que esta succione.

3. TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN

Llevar la solución nutritiva hacia los canales de cultivos, sus diámetros y dimensiones depende del volumen de solución nutritiva que se transporta a través del sistema. Se prefiere que sea de materiales como el PVC por su bajo costo, su fácil instalación y porque no se corroen. Distribuyendo hacia dos subsistemas controlados por electroválvulas independientes de 19mm para evitar que el caudal se pierda al ser suministrado a todo el sistema obteniendo un flujo de ingreso uniforme hacia los canales de cultivos, este ingreso se efectúa a través de tubería de 16 mm conectados a cada tubo del subsistema



Figura 4. Tubería de distribución hacia los sistemas

➤ **Mantenimiento**

Se debe limpiar periódicamente el filtro de ingreso y los conectores donde fluye s.n. ya que esta puede taponarse por suciedades si el agua no es pura

4. CANALES DE CULTIVO:

Sostiene a las plantas, y en su interior recorre la solución nutritiva y desarrolla el sistema radicular del cultivo. La longitud máxima recomendable por canal es de 15 m, de lo contrario puede presentarse insuficiencia oxigenación de las raíces, en nuestro caso la tubería es de 6m teniendo 18 tubos divididos en 2 sistemas controlados por electroválvulas independientes. Los canales están apoyados por 5 caballetes que mantienen el nivel en 1 a 2 % de la inclinación para que los tubos no retengan mucha agua en la salida y entrada. La tubería tiene perforados 27 agujeros de 11/2 in a una distancia de 25mm entre agujeros, los tubos PVC son 0.5mPa pintados de color blanco con la finalidad de disipar el calor y que el cultivo no aumente la temperatura.



Figura5. Canales del Cultivo

➤ **Mantenimiento**

Después de cada producción se debe limpiar los tubos, retirando los tapones de caucho se puede fácilmente limpiar estos de cualquier tipo de impureza o agente que se proliferen en la tubería

5. TUBERÍA COLECTORA:

Recoge la solución nutritiva que circula por los canales y la lleva de retorno al tanque. Se coloca debajo de los canales de cultivo con una ligera pendiente respecto al tanque, con la finalidad de facilitar el retorno al tanque. En un tubo de 75mm la cual permite un flujo uniforme de fluido que al final cuando recircula al tanque tiene una estrangulación de 75mm a 32mm muy importante para producir un golpe y un flujo turbulento muy importante para la oxigenación del agua que recircula por el sistema, SN es recogida por una tunería de 16mm colocada a la mitad de del tubo de cultivo conectada a un tapón de caucho, permitiendo que fluya el agua hacia la tubería de recolección.



Figura6. Tubería de drenaje de salida de los canales



Figura7. Tubería de drenaje entrada al tanque

➤ **Mantenimiento**

Se debe limpiar periódicamente con el fin de que el sistema no se contamine.

B. SISTEMA DE CONTROL Y SUS USOS

1. TABLERO DE CONTROL

El tablero es diseñado con la etapa de mando, fuerza para las diferentes componentes del sistema, la protección de tensión y corriente dimensionados para que el sistema no tenga problemas ya sea por sobre corrientes o sobrecargas.

➤ **Recomendación.**

No conectar una carga adicional en la línea de alimentación del tablero sean cargas de tipo inductiva como taladros, motores o artefactos similares. Puede causar fallos en los equipos que desencadenen en un daño.

2. **VÁLVULA ELECTROHIDRÁULICA**

Es un actuador de tipo hidráulico permite el paso de caudal a través de la tubería es el encargado de controlar el ingreso de agua a los sistemas, tiene las siguientes características.

➤ **Mantenimiento**

Debe realizar el mantenimiento de los empaques de la válvula ya que con el uso proceden a deteriorarse, tener cuidado con los cables de conexión de la válvula estos pueden romperse y dañar las calculas



Figura8. Electroválvula del sistema 1



Figura9. Electroválvula del sistema 2

3. **MOTOR DC.**

Es un motor de corriente directa de 24V conectado a una caja reductora que proporciona el torque suficiente para que la cortina del invernadero pueda subir y bajar con facilidad.



Figura10. Motor DC para el control de cortinas

➤ **MANTENIMIENTO**

Periódicamente se puede engrasar la caja reductora y el canal por donde circula el motor.

4. **SENSOR DE NIVEL TIPO BOYA**

Este sensor permite que tener un control del nivel del líquido envía una señal al LOGO para indicarle que el nivel de agua es el aceptable y que la bomba pueda funcionar con normalidad evitando posibles daños en ella.



Figura 11. Sensor de nivel tipo boya

REQUERIMIENTO

Se aconseja que el contrapeso de la boya se ajuste a una distancia donde la boya pueda actuar correctamente enviando la señal para que la bomba funcione adecuadamente.

5. **SENSOR FINAL DE CARRERA**

El sistema de control de temperatura cuenta con dos finales de carrera una, conectado en el nivel superior e inferior de apertura y cierre de la cortina estos sensores envía una señal al controlador para parar el motor en los dos niveles indicados



Figura12. Final de carrera inferior NC



Figura13. Final de carrera superior NO

REQUERIMIENTOS

Ajustar la carrera del final de carrera adecuadamente para que el motor pueda llegar a él activándolo; caso contrario el motor podría seguirá funcionando

6. SENSOR DE TEMPERATURA

El sensor de temperatura es un sensor tipo PT100 con un rango de temperatura de -50 a 200 °C el cual es un sensor de 3 hilos.

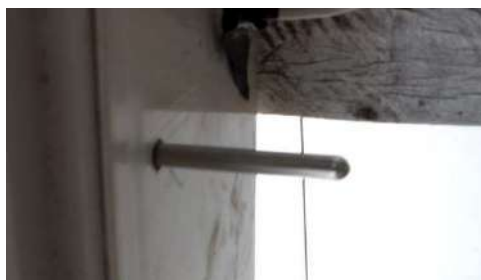


Figura14. Sensor Pt100 de 3 hilos

7. FUSIBLES

El tablero de control fue diseñado con 3 fusibles y sus respectivos portafusibles para riel DIN los fusibles se escogieron para la protección de los principales componentes de control y los que tenían una mayor necesidad de protección.

Tabla1. Protección de los diferentes aparatos

COMPONENTE	APARATO A PROTEGER	CORRIENTE
Fusible 1	Fuente de 24V y electrovalvulas	6 A
Fusible 2	Logo! y Logo TD	2 ^a
Fusible 3	Módulo AM2 RTD	2 ^a



Figura15. Fusibles tablero de control

8. INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS

Se utilizó 3 interruptores termomagnéticos de RIEL DIN cada uno dimensionado para los diferentes equipos a los cuales protegerá tanto de sobrecargas y sobrecorrientes, además de ser un interruptor para el sistema.



Figura12. Interruptores Termomagneticos

Tabla2. Componentes para cada Interruptor

COMPONENTE	APARATO A PROTEGER	CORRIENTE
Interruptor 1	Bomba, Circuito de fuerza	11 A
Interruptor 2	Alimentación general del tablero	6 A
Interruptor 3	Fuente poder	6 A

9. RELE TÉRMICO

El relé térmico permite evitar daños en la bomba ya que si existe un fallo este se activara, la corriente que manejamos es de 7 A este relé permite la regulación de la corriente a la que vamos a trabajar, cuenta con dos contactos que señalaran si existe un fallo.



Figura15. Relé térmico de la Bomba

➤ RECOMENDACIÓN

Cuando exista una sobrecarga en la bomba y el dispositivo térmico se active, debe procederse a desactivarle aplastando el botón rojo del relé, para ajustar la corriente de trabajo se ajustara en la perilla azul que indica un rango de corriente a la cual trabaja el dispositivo

10. LUCES PILOTO

Son indicadores de luz los cuales se conectan a los contactos de los dispositivos de control tenemos en nuestro caso 6 luces piloto de 110V distribuidas dos para la bomba que son verde y rojo que indican encendido el verde, rojo una falla por sobre corriente también contamos con dos pares de luces verdes y amarillas que indican cuando está activa una electroválvula en verde y cuando se encuentra en espera o desactivada en amarillo.

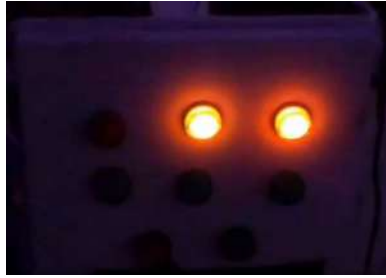


Figura16. Luces piloto de las electroválvulas apagadas



Figura17. Luces piloto encendidas

11. MANEJO DEL TABLERO

El tablero de control fue diseñado en un tablero plástico con trasfondo con dimensiones de 60x40x30 cm, se escogió un tablero hermético, plástico ya que evita la corrosión es fácil de manipular y se adapta perfectamente al medio. Se dispuso de 6 bloques que se mostraran en a continuación en la fig.

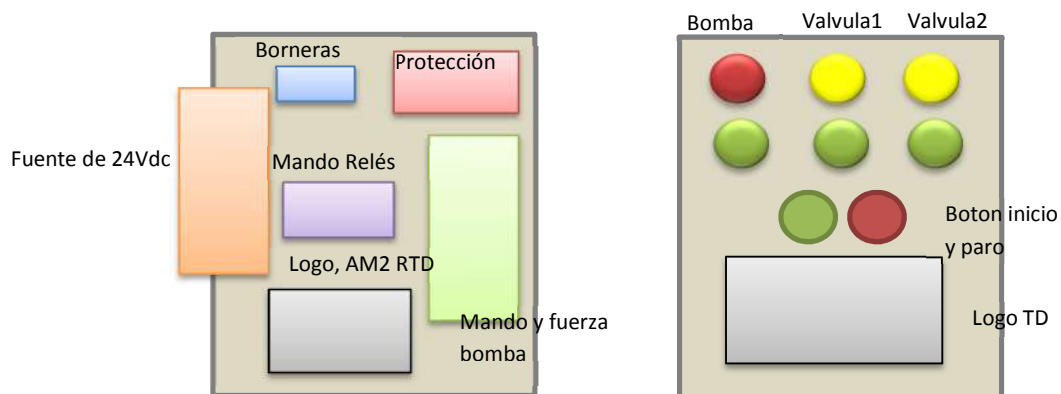


Figura17. Diseño del tablero y disposición de los equipos

12. AUTOMATA PROGRAMABLE

Es un controlador programable el cual hace todo el proceso controlando todos los parámetros de ingreso y salida.



Figura18. Logo 230 RCE Tablero de Control

➤ RECOMENDACIÓN

Reconocer bien el tipo de alimentación del equipo así como sus entradas, salidas corrientes de trabajo darle un mantenimiento periódico como limpieza.

Se pueden ajustar parámetros del programa desde la pantalla de comunicación del logo y monitoria la ejecución del proyecto

a. DISEÑO DE MANDO

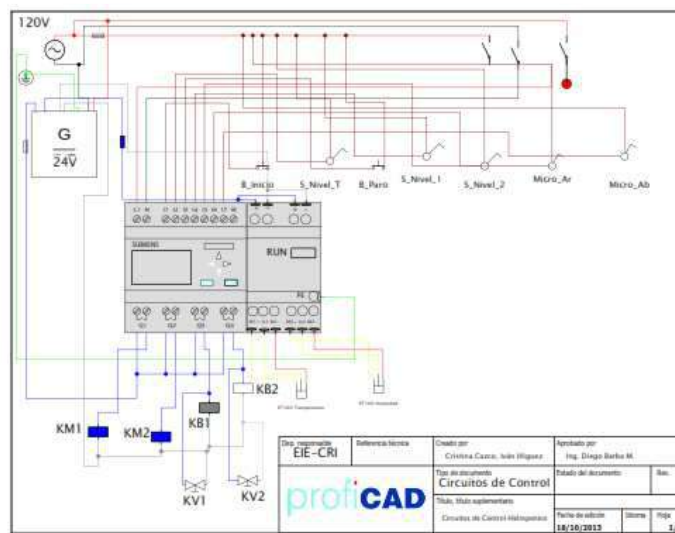
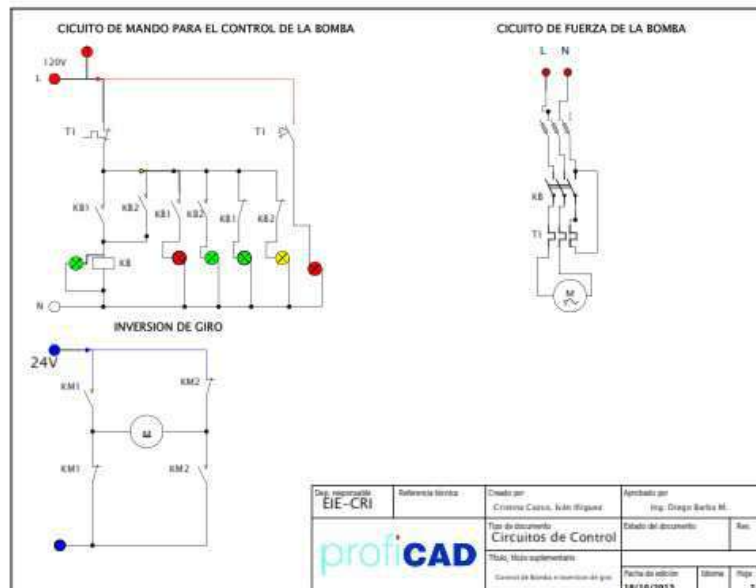


Figura19. Diseño de mando

b. DISEÑO DE FUERZA



Figur20. Diseño de Fuerza

VI. CONSEJOS PARA EL MANEJO DEL SISTEMA

- Tener una alimentación continua de energía este factor es imprescindible ya que si se corta esta energía el sistema no funcionara y el cultivo podría perderse enseguida.
- Lavar continuamente la tubería y el tanque esto evitara proliferación de agentes patógenos que dañen los cultivos además de mantener sanidad.
- Continuarmente limpiar las tuberías de ingreso y salida de S.N. por su diámetro pequeño tienden a acumularse de residuos y taponan el ingreso y salida de la tubería.
- Al momento de trasplantar las plantas poner a una distancia que la raíz pueda tener contacto con la S.N. para el desarrollo del vegetal.
- Verificar que las cortinas no tiendan a tener continuo movimiento por el viento este es un factor externo que hace que el motor trabaje más dañando sus componentes y minorando la vida útil del mismo
- Dar una limpieza continua a las electroválvulas si no se da este mantenimiento se taponaran por exceso de suciedad lo cual con lleva a un mal funcionamiento de las electroválvulas.
- Engrasar y limpiar continuamente la bomba, si las aspas tienen mucha fricción la bomba no podrá trabajar y no podrá impulsar la solución del tanque.

- Mantener el tablero cerrado el hermetismo del mismo evita que se llenen de polvo causando daños en los equipos.

VII. SOPORTE TECNICO

Para cualquier consulta sobre el Software contáctenos:

- CRISTINA CAZCO
luisacazco@hotmail.com
- IVAN IÑIGUEZ
ivan_i26c@hotmail.com

Anexo 5

Variables de Wincc

CULTIVO Variables							
VARIABLES							
Nombre	Nombre a visualizar	Conexión	Tipo de datos	Dirección	Elementos de ...	Ciclo de adquis...	Comentario
Bajaonti		Conexión_1	Bool	V 950.3	1	100 ms	
bajamax		Conexión_1	Bool	V 950.0	1	100 ms	
bajamin		Conexión_1	Bool	V 950.1	1	100 ms	
bajarofft		Conexión_1	Bool	V 950.5	1	100 ms	
INICIO		Conexión_1	Bool	V 949.5	1	100 ms	
MOTOR1		Conexión_1	Bool	V 942.0	1	100 ms	
MOTOR2		Conexión_1	Bool	V 942.1	1	100 ms	
off time_1		Conexión_1	Word	VW 5	1	100 ms	
off time_2		Conexión_1	Word	VW 6	1	100 ms	
on time_1		Conexión_1	Word	VW 0	1	100 ms	
on time_2		Conexión_1	Word	VW 2	1	100 ms	
PARO		Conexión_1	Bool	V 949.6	1	100 ms	
S_nive2		Conexión_1	Bool	V 923.4	1	100 ms	
S_nivel1		Conexión_1	Bool	V 923.3	1	100 ms	
Starque		Conexión_1	Bool	V 923.1	1	100 ms	
subir_max		Conexión_1	Bool	V 949.7	1	100 ms	
subir_min		Conexión_1	Bool	V 950.2	1	100 ms	
subirnoff		Conexión_1	Bool	V 950.6	1	100 ms	
subironfi		Conexión_1	Bool	V 950.4	1	100 ms	
tem_max		Conexión_1	DWord	VD 18	1	100 ms	
tem_min		Conexión_1	DWord	VD 22	1	100 ms	
TEMPERATURA		Conexión_1	Word	VW 8	1	100 ms	
VALVULA 1		Conexión_1	Bool	V 942.2	1	100 ms	
VALVULA 2		Conexión_1	Bool	V 942.3	1	100 ms	

Anexo 6

Costos de Implementación del
Prototipo

COSTOS IMPLEMENTACION DEL PROTOTIPO					
CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO USD	COSTO TOTAL USD
TUBERIA	Tubos 90mm PVC	mm	18	12.5	225
	Tubos 32mm PVC	mm	4	3.2	12.8
	Manguera 16mm	mm	15	0.3	4.5
	Tubos 75 mm PVC	mm	4	5.17	20.68
ACCESORIOS	Codos 32mm	mm	5	0.5	2.5
	T 32 mm	mm	3	0.28	0.84
	Reductor 50-32mm	mm	3	0.5	1.5
	Tipo Rosca 32mm	mm	7	0.55	3.85
	Valvula pie 32mm	mm	1	10	10
	Adaptador Tanque	mm	3	0.9	2.7
	Codo Cachimba 32mm	mm	2	1.6	3.2
	Val. Check 20mm	mm	2	2.3	4.6
	Valvulas Bola 32mm	mm	5	4.8	24
	Conectores 16mm	mm	72	0.3	21.6
	cauchos 16mm	mm	72	0.1	7.2
	Codos 75mm	mm	5	0.78	3.9
	Electrovalvulas 20mm	mm	2	78	156
	Tanque 500lt	lt	1	102	102
	Tapones 90mm	mm	36	2	72
	Rulos 2 1/2"	in	500	0.15	75
	brocas	in	1	20	20
	Estructura	m	9	30	270
	otros	mm	1	60	60

AUTOMATIZACION	Modulo expansión Pt100		1	140	140
	Logo 230RC		1	280	280
	Logo TD		1	280	280
	Contactador 7A	A	2	13	26
	porta fusibles 16A	A	3	2.5	7.5
	Breaker 16A	A	3	4.5	13.5
	Riel din	m	1	2.25	2.25
	Fuente de poder 24V	V	1	75	75
	Tablero Trasfondo		1	85	85
	Limit Switch		2	16	32
	Luz piloto		6	1.8	10.8
	Motor dc 24 v	V	1	90	90
	sensor de nivel		2	6	12
	Sensor flotador		1	25	25
	Relé Térmico	A	1	28	28
	Cable # 12 AWG	m	50	0.8	40
	Cable # 18 AWG	m	125	0.35	43.75
	Relés 24v	V	4	15	60
	Bamba 1/2 HP	HP	1	65	65
	Pt100		2	24	48
	Otros		1	60	60
TOTAL					2527.67