



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

**TEMA:**

---

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL CONTROL DE ELECTROCONDUCTIVIDAD (EC) Y PH, EN SOLUCIONES NUTRITIVAS PARA EL SECTOR FLORICOLA.**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor(a)**

Iguamba Cadena Víctor Hugo

**Tutor(a)**

MSc. Topón Visarréa, Blanca Liliana

QUITO-ECUADOR

2023

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del Trabajo “DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL CONTROL DE ELECTRO CONDUCTIVIDAD (EC) Y PH, EN SOLUCIONES NUTRITIVAS PARA EL SECTOR FLORÍCOLA” presentado por el señor Víctor Hugo Iguamba Cadena, para optar por el título de Ingeniero Industrial.

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 18 de enero de 2023

---

MSc. Blanca Liliana Topón Visarréa

CI. 1721114187

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

Yo, Víctor Hugo Iguamba Cadena, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “Diseño de un sistema automático para el control de electro conductividad (EC) y pH, en soluciones nutritivas para el sector florícola” en la empresa productora y exportadora de rosa, en la Provincia de Pichincha en el Cantón Pedro Moncayo, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema Biblioteca de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 30 días del mes de noviembre de 2022, firmo conforme:

Autor: Víctor Hugo Iguamba Cadena

Firma: *Victor Iguamba*

Número de cédula: 1716347248

Dirección: Tungurahua, Ambato, Huachi La Magdalena.

Correo electrónico: victorhugoiguamba@gmail.com

Teléfono: 0958721620

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 18 de enero de 2023

*Victor Aguamba*

---

Víctor Hugo Iguamba Cadena

1716347248

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el tema “DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL CONTROL DE ELECTROCONDUCTIVIDAD (EC) Y PH EN SOLUCIONES NUTRITIVAS PARA EL SECTOR FLORÍCOLA”, previo la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 18 de enero 2023

.....

Mgs. Byron Paul Remache Vinueza

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

.....

Mgs. Hernán Fabricio Espejo Viñán

**VOCAL**

.....

Mgs. Fabian Alberto Sarmiento Ortiz

**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación lo dedico al Señor mi Dios, por haberme dado la bendición de culminar una etapa importante de mi vida profesional.

A mi esposa y a mis hijos Juan Martin y Raúl Alejandro, quienes han sido mi fortaleza y motivación para superarme cada día. A mi madre, quienes sin esperar nada a cambio, compartieron conmigo mis alegrías y tristezas, quienes han estado apoyándome para que este sueño se haga realidad.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al Señor mi Dios, por permitir y bendecir mis pasos profesionales. A mi familia por apoyarme en este largo sendero de esfuerzo y sacrificio. A la empresa Quimbiamba Roses S.A., por haber creído en mi capacidad y darme la apertura de desarrollar el presente trabajo de estudio. A la Universidad Tecnológica Indoamérica y a sus distinguidos docentes, por haberme guiado durante mi etapa estudiantil.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	ii
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN. ....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPÍTULO I .....	1
1.1. Introducción .....	1



1.2. Antecedentes .....	4
1.3. Justificación.....	6
1.4. Objetivos .....	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos .....	7
CAPÍTULO II.....	8
2.1. Ingeniería del proyecto.....	8
2.1.1. Diagnóstico de la situación de la empresa .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.1.1. Información general de la empresa.....	8
2.1.1.2. Problemática de la empresa. ....	11
2.1.1.3. Introducción sistemas de riego y fertirrigación. ....	11
2.1.1.4. Diseño Agronómico.....	25
2.1.1.5. Importancia del pH .....	28
2.1.1.6. Conductividad eléctrica (EC) .....	31
2.1.2. Situación actual Finca Florícola.....	33
2.2. Área de estudio.....	40
2.2.1. Modelo operativo .....	41
2.2.1.1. Desarrollo del modelo operativo .....	42

2.2.1.2.	Diseño del sistema .....	72
CAPÍTULO III.....		76
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS .....		76
3.1.	Desarrollo de la propuesta.....	76
3.1.1.	Metodología .....	77
3.1.2.	Nuevo sistema de fertilización propuesto .....	89
3.1.2.1.	Diseño de la unidad de fertilización automática.....	99
3.1.2.2.	Software y programación PLC+HMI .....	111
3.2.	Resultados esperados.....	121
3.2.1.	Expectativas de la empresa .....	123
3.2.2.	Cronograma de actividades sobre la propuesta.....	124
3.2.3.	Costos de Proyecto.....	125
CAPÍTULO IV.....		131
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		131
4.1.	Conclusiones .....	131
4.2.	Recomendaciones.....	132
Referencias.....		134
ANEXOS .....		138

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales países exportadores de flores del mundo. ....	1
Tabla 2. Preparación de los productos de baja solubilidad. ....	21
Tabla 3. Datos de caudal por válvulas, demanda hídrica diaria total, total horas de riego. ....	39
Tabla 4. Datos de las variables del riego, enero 2022. ....	46
Tabla 5. Datos de las variables del riego, 1er cuatrimestre del 2022. ....	50
Tabla 6. Punto de operación, bomba principal y bomba de fertilizantes. ....	64
Tabla 7. Lista de accesorios. ....	86
Tabla 8. Características del plc. Descripción del elemento de control. ....	88
Tabla 9. Características del plc. Descripción del elemento principales para el control. ....	89
Tabla 10. Lista de materiales del circuito electrónico. ....	104
Tabla 11. Lista de materiales del circuito eléctrico. ....	106
Tabla 12. Lista de materiales de la estructura de fertilización. ....	108
Tabla 13 Lista de materiales de la unidad de fertilización. ....	109
Tabla 14. Lista de materiales para dos tableros eléctricos de 7,5 hp. ....	111
Tabla 15. Cronograma de implementación. ....	124
Tabla 16. Costos del proceso de fertilización considerando la estructura y la bomba de 3 HP. .....	126
Tabla 17. Costos de los elementos electrónicos y de control. ....	127

Tabla 18. Costos de bomba inoxidable de 7,5 HP y tablero eléctrico. ....	128
Tabla 19. Costos de tanque de 5000 lts.....	129
Tabla 20. Costo total. ....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales especies de flores exportadas.....	3
Figura 2. Diagrama de Ishikawa – efecto del sistema de fertilización en el área de Riego por goteo, para rosas.....	9
Figura 3. Ubicación de la finca florícola. ....	10
Figura 4. Inyección de fertilizantes.....	22
Figura 5. Tanque de fertilizantes. ....	23
Figura 6. Tipos de suelo.....	25
Figura 7. Evapotranspiración para la reposición del riego. ....	25
Figura 8. Lamina de riego.....	28
Figura 9. El pH y la disponibilidad de macros y microelementos. ....	29
Figura 10. El pH y la influencia en el crecimiento de la planta.....	30
Figura 11. Conductividad en el suelo y la disponibilidad de macro y micro elementos. ....	32
Figura 12. Modelo operativo.....	41
Figura 13. Caseta de riego .....	43
Figura 14. Invernaderos. ....	45
Figura 15. Presión lateral de goteo, enero 2022.....	47

Figura 16. Electro conductividad, enero 2022. ....	48
Figura 17. Medida del pH, enero 2022. ....	49
Figura 18. Medida de la presión lateral, febrero-abril 2022. ....	51
Figura 19. Medida de la EC, febrero-abril 2022. ....	52
Figura 20. Medida del pH, febrero-abril 2022. ....	53
Figura 21. Plano en AUTOCAD de las cinco Hectáreas de cultivo, finca florícola. ....	60
Figura 22. Bomba principal de goteo. Especificaciones técnicas. ....	61
Figura 23. Filtros de Grava. ....	63
Figura 24. Punto de operación del sistema de riego por goteo. ....	65
Figura 25. Control PID. ....	67
Figura 26. Diagrama de bloques. ....	68
Tabla 27. Condiciones apropiadas para el cultivo de rosas. ....	78
Figura 28. Plh + hmi, entradas y salidas. ....	79
Figura 29. Trasmisor de caudal. ....	80
Figura 30. Caudalímetro modelo KF510-100. ....	80
Figura 31. Trasmisor en línea de, EC y pH 3050. ....	81
Figura 32. Sensor de EC. ....	83
Figura 33. Sensor de pH. ....	83

Figura 34. Arranque directo para motor de 3 hp.....	84
Figura 35. Bomba inoxidable de 3 HP, 220 VAC. ....	84
Figura 36. Nuevo sistema de fertilización automático.....	91
Figura 37. Tanque de homogenización de 5000 litros.....	93
Figura 38. Bombas inoxidables de 7,5 hp.....	94
Figura 39. Curva de las bombas inoxidables de 7,5 hp. ....	95
Figura 40. Bombas tablero de arranque para dos bombas inoxidables de 7.5 hp.....	98
Figura 41. Circuito eléctrico de la bomba inoxidable número dos. ....	99
Figura 42. Circuito electrónico: plc+hmi, alimentación, entradas, salidas. ....	101
Figura 43. Circuito electrónico plc+hm completo: sensores, trasmisor, electroválvulas, relé bomba.....	102
Figura 44. Plano electrico, bomba de 3 hp.....	105
Figura 45. Diseño de la estructura para la unidad de fertilización.....	107
Figura 46. Tuberías y Accesorios unidad de fertilización 3 canales.....	108
Figura 47. Iconos de los programas utilizados para plc y hmi.....	112
Figura 48. El flujo de programas utilizados para hmi.....	113
Figura 49. Configuración del HMI, pantalla de inicio.....	113
Figura 50. Programación del HMI, configuración fecha y hora. ....	114
Figura 51. Programación del HMI, historial.....	115

Figura 52. Programación del HMI, venturis. ....	115
Figura 53. Programación del HMI, elementos.....	116
Figura 54. Flujo de programas utilizados para plc.....	118
Figura 55. Programación en Ladder del sistema lazo cerrado, control PID. ....	119
Figura 56. Instalación del equipo de control y sensores. ....	120
Figura 57. Verificación de configuración y conexiones eléctricas y electrónicas.....	120



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones de la bomba .....	138
Anexo 2. Especificaciones de la bomba Teebe 10 hp, bifásico 220 Vac.....	145
Anexo 3. Especificaciones de la bomba Teebe 10 hp, bifásico 220 Vac.....	146
Anexo 4. Estructura inoxidable EC y PH .....	148
Anexo 5. Estructura de EC – PH .....	149
Anexo 6. Caseta de riego .....	150
Anexo 7. Programa en Ladder para el control, con un sistema lazo cerrado control PID ....	151
Anexo 8. Diagrama eléctrico PLC varias vistas .....	244
Anexo 9. Diagrama eléctrico PLC y sensores .....	244
Anexo 10. Circuito eléctrico y conexión elementos de control .....	245

# **UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**

### **CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: “DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL CONTROL DE ELECTROCONDUCTIVIDAD (EC) Y PH, EN SOLUCIONES NUTRITIVAS PARA EL SECTOR AGRICOLA”**

**AUTOR:** Víctor Hugo Iguamba Cadena

**TUTORA:** MSc. Blanca Liliana Topón Visarréa

### **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo se centra en el "Desarrollo de un sistema automatizado para el monitoreo de la conductividad eléctrica (EC) y el nivel de pH en soluciones nutritivas, específicamente en el sector florícola", donde actualmente se tiene un sistema de control manual que no permite un control en segundos en donde ocurren los problemas del proceso de riego y fertilización, los cambios constantes de caudal y presión en las tuberías de distribución del sistema de riego, dependen de la demanda hídrica y diseño hidráulico del sistema; con la propuesta del sistema de fertilización se pretende evaluar y controlar las variables mencionadas, con los elementos de control y automatización mediante un sistema lazo cerrado con un control PID, en un minucioso análisis agronómico de las necesidades hídricas diarias; para lograr este objetivo, se procedió a la selección de los elementos y variables que requerían regulación, que incluyeron el caudal (expresado en m<sup>3</sup>/h), la presión manométrica (medida en bares), la conductividad eléctrica (EC) en mili siemens por centímetro (mS/cm) y el nivel de pH; estos aspectos se complementaron con la incorporación de un microprocesador de alta frecuencia; la metodología empleada se caracterizó por su enfoque cualitativo, diseñado para la regulación precisa de las soluciones nutritivas y para apoyar la toma de decisiones de índole gerencial. En cuanto a los resultados obtenidos, se logró establecer con precisión los intervalos óptimos recomendados por el Agrónomo para la conductividad eléctrica (CE) y pH con la finalidad de lograr el crecimiento saludable de las plantas, basados en análisis detallados de suelo y agua; se estima que se logrará mejorar la estabilidad de las mezclas a una efectividad de 97% en el pH y el EC, con una inversión estimada de \$21899,37.

**DESCRIPTORES:** Niveles de EC y pH, automatización de procesos, soluciones nutritivas.

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**SUBJECT: "DESIGN OF AN AUTOMATIC SYSTEM FOR THE CONTROL OF ELECTROCONDUCTIVITY (EC) AND PH IN NUTRIENT SOLUTIONS FOR THE AGRICULTURAL SECTOR."**

**AUTHOR:** Víctor Hugo Iguamba Cadena

**TUTORA:** Msc. Blanca Liliana Topón Visarréa

**ABSTRACT**

This work focuses on the "Development of an automated system for monitoring the electrical conductivity (EC) and pH level in nutrient solutions, specifically in the floricultural sector", where currently there is a manual control system that does not allow control in seconds where the problems of the irrigation and fertilization process occur, the constant changes in flow and pressure in the distribution pipes of the irrigation system, depending on the water demand and hydraulic design of the system; with the proposal of the fertilization system it is intended to evaluate and control the mentioned variables, with the elements of control and automation by means of a closed loop system with a PID control, in a detailed agronomic analysis of the daily water needs; to achieve this objective, the elements and variables requiring regulation were selected, including flow rate (expressed in  $m^3/h$ ), manometric pressure (measured in bars), electrical conductivity (EC) in milli siemens per centimeter (mS/cm) and pH level; These aspects were complemented with the incorporation of a high-frequency microprocessor; the methodology used was characterized by its qualitative approach, designed for the precise regulation of nutrient solutions and to support managerial decision-making. As for the results obtained, the optimal intervals recommended by the agronomist for electrical conductivity (EC) and pH were established with precision in order to achieve healthy plant growth, based on detailed soil and water analyses; it is estimated that the stability of the mixtures will be improved to an effectiveness of 97% in pH and EC, with an estimated investment of \$21899.37.

**DESCRIPTORS:** EC and PH levels, process automation, nutrient solutions.

## CAPÍTULO I

### Introducción

El sector agrícola es el mayor consumidor de reservas de agua dulce en el planeta, es decir, esta actividad influye en la cantidad y en la calidad de agua que se encuentra disponible para otras actividades. Este consumo motiva que los países opten por nuevas técnicas de producción como es la agricultura de precisión en los productos alimenticios, medicinales, flores y otros.

En el caso de la exportación de flores a nivel mundial, se identifica a los Países Bajos con el 50%, como los primeros exportadores de flores en sus diversas modalidades, seguido de Colombia con el 16% y, en tercer lugar, se ubica el Ecuador con el 10%.

**Tabla 1.**

*Principales países exportadores de flores del mundo.*

Orden	Países Exportadores	Participación
1	Países Bajos	50%
2	Colombia	16%
3	Ecuador	10%
4	Kenia	7%
5	Etiopía	2%
6	Otros países	15%
	<b>Total</b>	<b>100%</b>

*Nota:* Ecuador ocupa un puesto muy importante en la exportación de flores, (Expoflores, 2021)

En cuanto a la automatización, es importante indicar que, pese a las dificultades de implementación, la mayoría de las empresas grandes de América Latina están apostando por la transformación digital. En este sentido, el 64% de las firmas están en proceso de prueba de algún tipo de herramienta de automatización, mientras el 52%, ya cuenta con sistemas automatizados en operación, según un reciente estudio de la consultora tecnológica EVERIS, empresa de NTT DATA. Aun con esos porcentajes, solo el 23% de la muestra comentó tener

un modelo funcional de mejora continua que permitiera tener procesos estandarizados, documentados y sobre todo vigentes y actualizados respecto a las necesidades operativas de la organización.

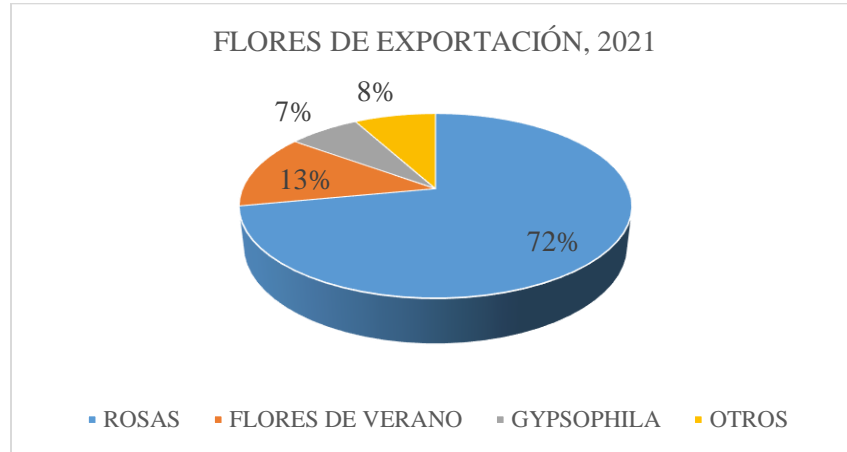
La automatización tiene como finalidad la generación de una mayor cantidad de producto en el menor tiempo posible, de esta manera, se reducen los costos y se garantiza la calidad. Además, se toma en cuenta que un sistema automático está compuesto de un sector operativo y uno de control (Rodríguez & Ulcuango, 2018).

A nivel operativo, se cuenta con los dispositivos de hardware y software que generan la información necesaria para el desarrollo de las operaciones de la planta y se caracteriza por una interfaz amigable y comprensible para el operador. En el caso del medio de control, este dispositivo realiza la coordinación de las operaciones bajo un funcionamiento preestablecido en las especificaciones del diseño, las acciones comunes de la parte de control son: la gestión de las entradas y salidas, la relación de ecuaciones lógicas, las funciones de seguridad, la relación secuencial, la función de regulación y el cálculo para la optimización (Rodríguez & Ulcuango, 2018).

En el caso del Ecuador, se identifica al aspecto económico como un factor que incide en la decisión de la automatización de los equipos agrícolas en el área de riego. Sin embargo, su participación en especies de la producción de flores exportadas a Estados Unidos, Rusia entre otros, lo convierte en un país que requiere sistemas de riegos eficientes. En la Figura 1, se muestra la composición de especies que fueron parte de la exportación de flores cortadas en Ecuador, según (Expoflores, 2021).

**Figura 1.**

*Principales especies de flores exportadas.*



*Nota:* Esta figura establece el porcentaje de exportación de rosas en el Ecuador durante el 2021, (Expoflores, 2021).

La empresa productora y exportadora de rosas “Quimbiamba Roses”, actualmente en su área de producción sección de riego presurizado, su dosificación de agua, fertilizantes y otras soluciones nutritivas, se dosifica en forma manual y de manera proporcional por medio de válvulas manuales, por lo tanto, el desarrollo del ciclo productivo actual carece de la presencia de medios orientados a la automatización de las variables principales en el área de riego. Es decir, es evidente la necesidad de potencializar los productos a través del control y mejora de los procesos productivos.

Por lo indicado, la dosificación de sus soluciones nutritivas para un cultivo, sean estos fertilizantes orgánicos o químicos u otras soluciones solubles, se los puedes medir mediante sensores o potenciómetros específicos de diferentes marca y modelos, la salinidad conocida como conductividad eléctrica y la acides o alcalinidad conocidas como el pH del agua, así como la influencia directa del volumen de agua, volumen de fertilizantes disuelto, y la presión manométrica en sus aplicaciones, estas son las principales variables a controlar dentro de un sistema por goteo presurizado. La mencionada dosificación se vincula a la variación de caudal

y presión dentro de una tubería conocida como red principal, secundaria, laterales de goteo, presentes en cada una de las válvulas distribuidas en un cultivo, por lo mismo, resulta difícil el control manual por parte de los operarios debido a las variaciones de caudales en el llenado de tuberías al inicio de cada ciclo de riego, estas caídas de presión y aumentos de caudal son normal en una conducción de líquidos, estos cambios se producen en cuestión de segundos en tuberías con un buen diseño hidráulico. En consecuencia, el área de dosificación es de vital importancia para la distribución homogénea de fertilizantes y abonos, para los cultivos que requieren el control de la nutrición vegetal, de esta manera, se evitan pérdidas por aplicaciones erradas, lo cual, es un aspecto de interés de las florícolas con fines de exportación de los cultivos bajo invernadero y a campo abierto del Ecuador.

### **Antecedentes**

Históricamente, la agricultura y actualmente la industria de flores en el Ecuador genera fuentes de trabajo, a la vez que constituye una actividad económica relevante dentro de la producción de bienes de consumo para el mercado internacional y nacional, este es el caso de la florícola “Quimbiamba Rosas” ubicada en la Provincia Pichincha, Cantón Pedro Moncayo, sector Cananvalle. Durante el transcurso de 1998, los hermanos, Quimbiambas, iniciaron la siembra de plantas de rosas en un área aproximada de 2000 m<sup>2</sup>, la misma que sirvió de base para lo que hoy en día, constituye una reconocida empresa del sector florícola.

Actualmente, la empresa dispone de un prestigio en el sector florícola, prueba de esto, es su producción que abarca un área de 5 hectáreas finca uno, también en esta finca existe una participación de pequeños productores de rosas del sector como proveedores de rosas cortadas que son procesadas en su área de postcosecha. Adicionalmente, en esta área de postcosecha y cuartos fríos, se ha llegado a duplicar el volumen de producción en épocas de San Valentín y Día de la Madre, gracias a la participación externa y los programas de producción. Sus productos son reconocidos en mercados internacionales como el de Rusia.

En el 2019, la entidad expandió su área de producción mediante una inversión considerable en la sección de riego y fertirrigación con el objetivo de mejorar sus instalaciones en su equipo de riego finca uno. Para el 2020, se llevó a cabo la compra de 7,5 hectáreas adicionales de

terreno para la producción de rosas conocido como finca dos. Al llegar el 2022, se encuentra en producción dos hectáreas de la nueva área, para su ciclo productivo, sin embrago, se mantiene un sistema de riego manual.

Dentro del área de producción de la florícola, una de sus principales actividades y más importante es el riego con agua y el riego de agua más fertilizantes denominado fertirrigación, como es la dosificación de los productos químicos (fertilizantes) para ser parte de una composición nutritiva, este tema es definido en las fincas mediante un diseño agronómico en función de aprovechar el tipo de suelo, agua, la altitud, el clima y la radiación solar, siendo este último un factor significativo para que en la actualidad el 70% de fincas florícolas se encuentran ubicadas en la sierra norte de la provincia de Pichincha. En este caso, se tiene presente que los diferentes sistemas de riego como el goteo, aspersión, micro aspersión, nebulización, entre otros, han demostrados ser eficientes en base a diseños asociados a las variables de presión, caudal y demanda hídrica de cada cultivo.

En el caso de la empresa objeto de estudio, la finca uno, será parte del análisis del presente trabajo, es conocido que sus instalaciones iniciales no fueron diseñadas en función del crecimiento de su área de producción, sección riego, por lo mismo, no existe un adecuado diseño hidráulico y un control automatizado de los equipos de riego que permita optimizar la dosificación de agua – fertilizantes, así como las horas de riego. Según datos proporcionados por la finca, actualmente con su sistema de riego presurizado, logran cumplir con su demanda hídrica para el cultivo de rosas en 9,45 horas laborables. La capacidad de los equipos instalados responde al tipo de suelo y la topografía del área en función de la distribución de tuberías y sus válvulas en cada lote de plantas de sus 9 lotes, cada una cuenta con un promedio de 3 válvulas por lote, con caudales variados que oscilan entre los  $14,72\text{m}^3/\text{h}$  y los  $24,19\text{m}^3/\text{h}$ , en las 27 válvulas instaladas en el campo.

Por otra parte, se establece una variación del caudal en el establecimiento debido a pérdidas por fricción en las redes de tuberías de distribución, y la consecuente descompensación de presión y caudal en sus tuberías, el nivel de riego y de las soluciones nutritivas cambian la misma que son en función de las variables de presión, caudal, tiempos de riego y ciclos de



riego; en este caso, se debe considerar que los cambios de una válvula son cada 7 minutos promedio mientras que, el lapso de cerrar y abrir otra, dispone de un promedio de 10 segundos en el caso de las válvulas automatizadas, y las válvulas de operación manual su tiempo esta entre 3 a 5 minutos entre cerrar y abrir la siguiente válvula de cada lote, por lo que, al dosificar el agua más fertilizante se genera una alteración brusca de las diferentes soluciones nutritivas debido al cambio del volumen de agua en las tuberías principal de goteo.

El aspecto mencionado es factible sea sujeto de control mediante el uso de equipos automatizados que miden el pH, o conocido como la alcalinidad y acides de un líquido, así como la electroconductividad (EC), conocido como las sales disueltas en el agua. Además, se debe obtener un registro de sus aplicaciones diarias con la finalidad que sus aplicaciones sean distribuidas en un área predeterminada y se logre una uniformidad en cada una de las 27 válvulas de goteo distribuidas en las 5 hectáreas.

### **Justificación**

En función del desarrollo de la tecnología mundial, la cual, abarca el ámbito productivo de las diferentes actividades económicas es importante el ingreso paulatino de mecanismos de automatización de procesos que requieren la optimización de los recursos y que, a la vez, constituyan un elemento de soporte en el mercado competitivo.

A medida que las empresas disponen de mecanismos de control y mejora de los procesos, es visible el impacto que se logra con el entorno que es parte del establecimiento, en el caso de una florícola, se identifican aspectos económicos y de carácter ambiental generados por la optimización del recurso hídrico y fertilizantes. En este ámbito, el presente trabajo es útil para el control y mejora de los procesos de producción de una florícola y que utiliza el agua como un recurso para el riego de su cultivo.

La existencia de recursos en una florícola que pretende responder a las exigencias del mercado motiva la implementación de acciones destinadas al control y mejora de los procesos de producción por medio de la nutrición de plantas, con sistema de fertilización presurizados y el uso de la automatización aplicada a la electroconductividad, pH, caudal y presión. A nivel de

beneficiarios, se identifica la existencia de los clientes del establecimiento florícola que buscan satisfacer sus requerimientos en cada uno de los productos o variedades de rosas, de igual manera, consta la participación de los trabajadores que disponen de medios eficientes para el desarrollo de sus actividades y finalmente, el nivel directivo que logra mayores créditos dentro de su gestión administrativa y financiera.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Diseñar un sistema automático para el control de electroconductividad (EC) y pH, mediante el uso de elementos de control y automatización, para lograr soluciones nutritivas (mezclas) más estables en los sistemas de riego presurizado para rosas, manteniendo los estándares.

### ***Objetivos específicos***

Analizar los datos de los niveles de EC y pH mediante comparación de muestras de campo y tablas agronómicas identificando la desviación de las variables.

Identificar los parámetros operaciones mediante datos técnicos de los elementos principales para el funcionamiento del sistema.

Diseñar el sistema automático de EC y pH mediante la programación del PLC, HMI y diagramas de control y fuerza para garantizar mezclas estables.

## CAPÍTULO II

### INGENIERÍA DEL PROYECTO

#### **Información general de la empresa.**

Nombre: Quimbiamba Roses

Actividad que realiza: La empresa productora y exportadora de rosas

Dirección: Provincia Pichincha, cantón Pedro Moncayo, parroquia Tupigachi, barrio Cnanvalle.

#### Antecedentes de la empresa

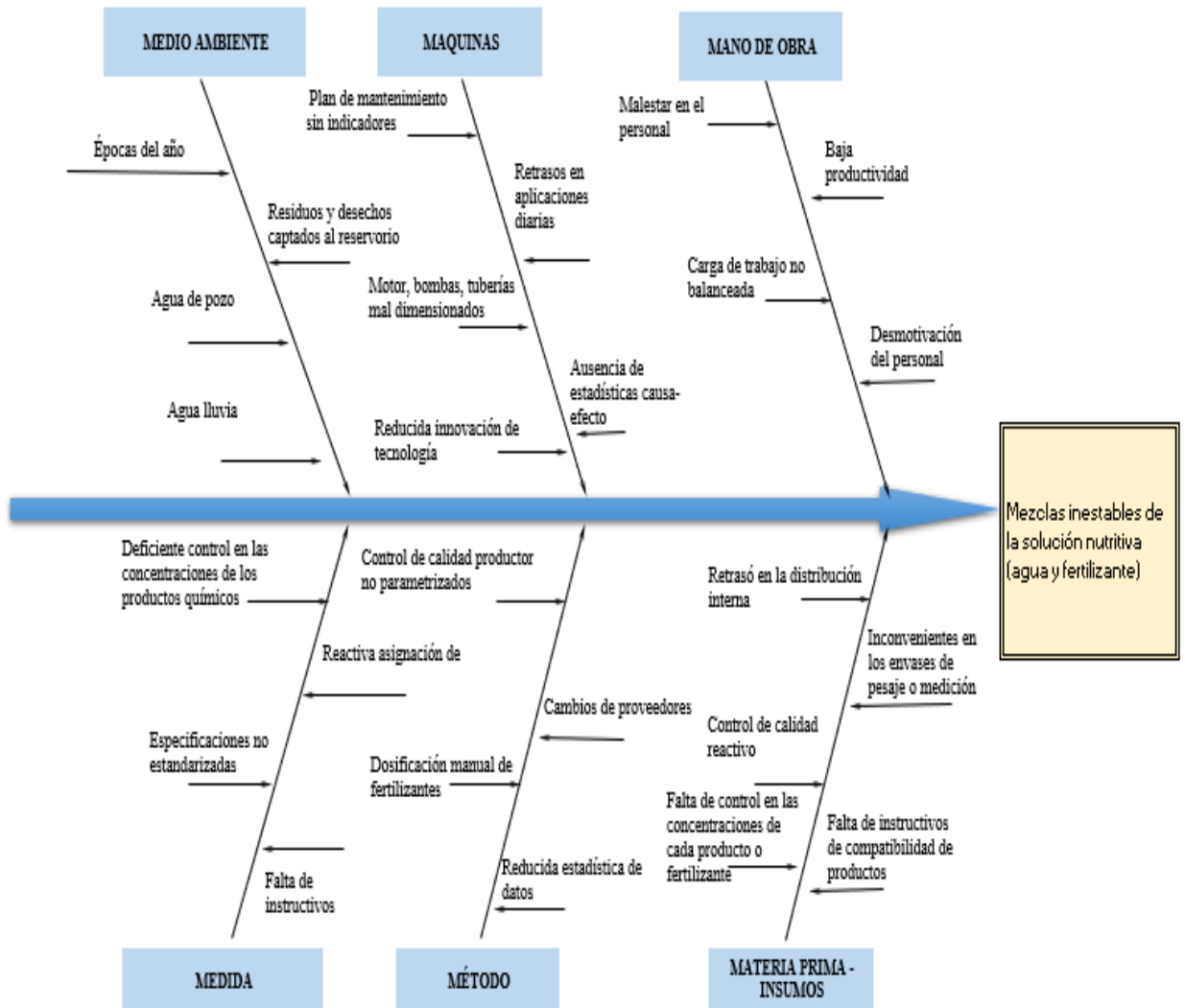
La empresa productora de rosas, en su área de producción en la sección riego presurizado, la dosificación manual de soluciones nutritivas en el sistema de goteo presentan variaciones en los valores ideales estandarizados y solicitados por el agrónomo, de conductividad eléctrica y pH del agua con fertilizantes asignados para el riego diario de sus cinco hectáreas de producción.

#### Diagrama de Ishikawa

Con la finalidad de disponer de una expresión gráfica que facilite el análisis del problema en cuestión es apropiado el uso del Diagrama de Ishikawa, el mismo que se establece en base a las raíces del problema y que son distribuidos en el medio ambiente, máquinas, mano de obra, medida, método y materia prima, Figura 2:

**Figura 2.**

*Diagrama de Ishikawa – efecto del sistema de fertilización en el área de Riego por goteo, para rosas.*



*Nota:* Esta figura indica el contenido del Diagrama de Ishikawa. Adicionalmente, se observa los factores de las 6 M.

El diagrama de Ishikawa establece las consecuencias distribuidas dentro del medio ambiente, máquinas, materia prima y el método. En este ámbito, los efectos de las mezclas inestables son nativas de la variación del volumen de agua ( $m^3/h$ ) que proporcionan la bomba principal de goteo, la bomba dosificadora y el llenado de tuberías. Adicionalmente, se producen pérdidas por fricción en las tuberías distribuidas en cada válvula y en los lotes de producción, por lo

tanto, la calidad del agua en el ciclo de producción es un causal directo de la inestabilidad de las mezclas que se considera como una variable para la calidad del producto.

Los requerimientos agronómicos establecidos para este tipo de cultivo requieren de una conductividad eléctrica de 1.8 ms y 5.5 pH para la aplicación con fertilizantes y una conductividad de (0.5 ms/m y 6.5 pH para el uso de fertilizantes orgánicos), las variables críticas a controlar son el caudal y la presión en el sistema se goteo presurizado. En este ámbito, la automatización de la unidad de fertilización permite la estabilización de las mencionadas variables.

### Localización

La empresa productora de rosas, se encuentra ubicado en la parroquia Tupigachi, en el sector de Cananvalle, cantón Pedro Moncayo, en la provincia de Pichincha, como se evidencia en la figura.

### Figura 3.

*Ubicación de la finca florícola.*



*Nota:* Esta figura muestra la ubicación de la florícola en la Provincia de Pichincha.

## Estructura Organizacional de la empresa

Esta empresa privada es una organización cuya aportación de capital proviene de los propietarios, por tanto, la dirección y gestión de esta empresa está a cargo de los socios. La administración de la empresa está compuesta por 5 personas que son el gerente general, jefe de compras, jefe de ventas, jefe de recursos humanos y el jefe de producción. Los mismos se reúne mensualmente para determinar la toma las decisiones en veneficios de la empresa.

### **Problemática de la empresa.**

La empresa productora de rosas, se encuentra ubicada en la Provincia de Pichincha, en la cual se han establecido varias empresas florícolas dedicadas a la explotación de rosas para exportación. En su área de producción en la sección de riego cuenta con un sistema presurizado por goteo y con un sistema complementario para fertilización de operación manual. Su actual sistema cuenta con un reservorio, caseta de riego, una bomba centrífuga de 10 hp bifásica, un cabezal de filtración, válvulas de seguridad, sistema de fertilización manual, un controlador en minutos para la operación de 27 válvulas distribuidas en cinco hectáreas de cultivo en campo, una red de tuberías principal, secundarias y terciarias o conocidas como laterales de goteo. Con este actual sistema no se puede obtener registros del volumen de agua en sus aplicaciones, así como también la conductividad eléctrica y pH del agua de riego por goteo.

### **Introducción sistemas de riego y fertirrigación.**

#### Generalidades del sistema de Riego

En la mayoría de los proyectos de riego en Latinoamérica no se ha logrado el objetivo de rendimientos de los cultivos, ni tampoco se ha incrementado significativamente la rentabilidad de la producción agrícola; diversos factores que se consideraron para justificar las divisiones en riego, como por ejemplo, el incremento de la productividad y la rentabilidad, factores

sociales, como la distribución de la riqueza, la igualdad de oportunidades económico-sociales, el desarrollo regional integral (Manual de riego y drenaje, 1988).

En realidad, la experiencia indica que la obtención de una agricultura rentable y sostenible en el tiempo no depende únicamente de la infraestructura física o de la eficiencia de las redes de la conducción del agua de riego, sino que, en mucho mayor proporción, de la extensión y el entrenamiento que deben recibir los productores y el personal de campo responsable directamente del riego de los cultivos agrícolas para que las inversiones en obras de regadío mejoren la producción y aseguren ganancias efectivas al sector beneficiado por la obra de riego construida. El reducido interés por aplicar una tecnología de riego adecuada, tanto por parte de los agricultores como de los profesionales relacionados con la agricultura, se debe a que no existe conciencia entre estos de que el riego tecnificado es una tecnología altamente rentable. No se advierte que es posible tener significativos aumentos de rendimientos y notorias mejorías en calidad de los productos agrícolas con una tecnología de riego racional, adecuada a cada situación específica (Thorne y Peterson, 1996).

## El suelo

Desde el punto de vista del crecimiento de las plantas, el suelo es un sistema que almacena agua y nutrientes para los diferentes cultivos; sirve de anclaje y soporte para las plantas y es un hábitat para múltiples organismos que descomponen la materia orgánica. La cantidad de agua que puede almacenar un suelo, depende de sus características físico-químicas. La importancia de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo se debe a que determina la frecuencia o el intervalo de riegos diarios, factor fundamental para el desarrollo de los cultivos.

## Concepto del Riego

El aportar agua a cualquier superficie dedicada al cultivo de plantas se denomina riego. De esta forma surge una definición más concreta del riego, como un medio artificial de aplicar agua a la zona radicular de las plantas cultivadas de manera que la utilice al máximo la disponibilidad de agua, abonos orgánicos y otros fertilizantes. Es así como, la práctica del riego, debe dar respuesta a cuatro preguntas fundamentales que permitan el uso eficiente y racional del agua:

¿Qué beneficios se espera irrigando las tierras?

¿Con qué frecuencia se debe repetir los riegos y cuál es el criterio que determina esta frecuencia?

¿Durante cuánto tiempo o con cuánta agua debe regarse un área agrícola?

¿En qué forma debe aplicarse el agua al suelo?

El agua de riego

Cuanto más preciso sea el conocimiento de los requerimientos del agua de los cultivos y la disponibilidad de agua de la perforación, reservorio u otra fuente que suministre el agua al cultivo, será más precisa la decisión sobre el tipo riego a utilizar, que diseño de equipos usar y cuanta superficie podemos regar.

Necesidad de riego

La necesidad de riego neto (demanda hídrica) se refiere a la cantidad de agua que debe reponerse al suelo en cada riego y corresponde al volumen de agua que dicho suelo puede almacenar, entre su capacidad máxima de retención y el nivel de humedad establecido como adecuado por la experiencia agronómica, el riego de un determinado cultivo, evaluando la evapotranspiración (efecto combinado de la transpiración de la planta y la evaporación del suelo), y otros factores como las épocas del año, etapas de crecimiento de un cultivo: fase inicial (justo después de la siembra), fase del desarrollo del cultivo, fase media y fase final (cuando el cultivo está madurando para la cosecha).

Determinación de la lámina de riego

Según Jara y Valenzuela (1998), existen varias aproximaciones para determinar los requerimientos hídricos de cultivos regados por métodos de riego más eficientes como goteo. A continuación, se describe la determinación de la lámina bruta como una de las aproximaciones más utilizadas, una lámina de riego en mm, significa un litro por m<sup>2</sup>.



### *Lamina Bruta (Lb)*

El suministro de agua al cultivo debe incluir adicionalmente a las necesidades netas de la planta, toda el agua que se pierde por escorrentía, evaporación, arrastre del viento, entre otros. La lamina bruta se define entonces como la lámina neta afectada por la eficiencia de riego y se expresada mediante la siguiente ecuación (Castro, 2009).

$$Lb = \frac{Ln}{Ea} \quad (1)$$

Donde:

Lb: lamina bruta

Ln: lamina neta

Ea: eficiencia de aplicación

Teniendo en cuenta la frecuencia de riego que se define como el número de horas que hay entre dos riegos sucesivos, es decir, el número de días que el cultivo a través de la evapotranspiración, demora en consumir el agua del suelo, se puede obtener el valor de la lamina neta, esta situación se puede expresar con la siguiente ecuación:

$$Fr = \frac{Ln}{ETc} \quad (2)$$

Donde:

Fr: Frecuencia de riego

Ln: lamina neta

ETc: evapotranspiración del cultivo

Si la frecuencia de riego es igual a 1 días, la lámina neta será igual a la evapotranspiración del cultivo y se puede expresar la ecuación de la lámina bruta de la siguiente forma:

$$Lb = \frac{ETc}{Ea} \quad (3)$$

Donde:

Lb: Lamina bruta

ETc: evapotranspiración del cultivo

Ea: Eficiencia de aplicación

Eficiencia de riego en un sistema de riego localizado

En el riego por goteo el agua es transportada y distribuida a través de una red de tuberías, mangueras hasta los puntos donde se infiltra en el suelo. La uniformidad de la aplicación depende por completo de la uniformidad que tenga las descargas de los emisores en todo el sistema. Para lograr esta precisión se debe considerar el desnivel del suelo de la finca y en forma específica de cada válvula o sector, incorporaciones de válvulas chek para permitir un solo flujo y así evitar excesos de humedad en las partes bajas de una válvula por efecto de gravedad, también se puede implementar mangueras auto compensadas y anti drenantes, a costos más elevados que una manguera de goteo normal.

Riego por goteo

Un sistema de riego por goteo es aquel por medio del cual se aplica agua filtrada y soluciones fertilizantes, dentro o sobre el suelo, directamente a cada planta en forma individual, mediante emisores (goteros) anexados a las líneas laterales. Las características principales es que el agua

se aplica en base a baja presión y alta frecuencia, con lo cual se crea un medio ambiente óptimo de humedad en el suelo logrando una alta eficiencia en el uso del agua.

La red de distribución consiste en un sistema de tuberías y mangueras, emisores y un circuito de válvulas, el flujo a través de un emisor en particular, depende de la presión en la línea lateral a la cual está conectado el emisor y puede variar su descarga entre 0,8 l/h a 2 l/h, entre los más usados en el sector florícola, también puede variar su descarga según el fabricante, para cultivos bajo invernaderos dependerá mucho del tipo de suelo y del diseño Agronómico e hidráulico. Los goteos de caudales bajos permiten regar más tiempo evitando saturación de humedad en el suelo, esto en un sistema de riego con fertilización que ayuda a la estabilidad en su caudal nominal en m<sup>3</sup>/h. En los cambios de válvulas para regar los tiempos en minutos o volúmenes de agua diarios que son programados. La apertura de cada válvula significa llenar las mangueras secundarias y cada uno de los laterales de goteo generando al sistema una caída de presión, que generalmente en un sistema bien diseñado la parte hidráulica, su tiempo normal de recuperación es de 30 segundos a 50 segundos, en la actualidad con mangueras de goteo auto compensados y anti drenantes se intenta minimizar este tiempo de llenado.

### Riego Automático

El riego automático es un sistema para proveer con agua a las plantas de manera tecnificada, por medio de un sistema de riego, se puede entregar el agua en la ubicación, cantidad, frecuencia y horario que desee. Normalmente con un tendido eléctrico paralelo a las tuberías PVC, de bajo voltaje (24 vac) y válvulas eléctricas en campo normalmente cerrados, en fincas muy extensas se debe considerar las pérdidas de voltaje por distancia con posibles dos opciones: mejorando el calibre del cableado, aumentando el voltaje nominal de 24 vac a (28vac o 32vac) de salida, para las válvulas en campo.

### Ventajas del riego automático

Considerando algunos factores básicos disponibles como el agua, energía, volumen de solución nutritiva y otros. Es el sistema más práctico para el riego por goteo. Se programa, por lo que el usuario puede olvidarse de esta importante tarea, y con él se consigue una perfecta distribución del agua.

#### Importancia de la presión del agua

Antes de comenzar los trabajos de instalación o remodelación de un sistema de riego, se debe tener muy claro cuál es la presión con la que se cuenta: presión de entrada, presión o punto de operación, presión de los emisores o goteros.

La presión en los emisores garantiza una uniformidad en los mismos, se deberá calibrar de acuerdo a la ficha técnica de la manguera de goteo, con válvulas hidráulicas y pilotos reguladores de presión, o válvulas eléctricas reguladoras de presión, entre otras se deberá calibrar el punto de operación en la caseta de riego y considerar la presión estática en algunos puntos, se puede medir con un manómetro la presión en libras por pulgada cuadrada (psi).

$$1 \text{ atmosfera} = 14,7 \text{ lb/pulgada}^2$$

#### Fertirrigación

La fertirrigación es una técnica moderna desarrollada en la década de los años 60, principalmente por los israelitas. Es un proceso mediante el cual los fertilizantes o elementos nutritivos que necesita la planta son aplicados y disueltos en agua de riego. Por lo tanto, a través de este método se consigue regar con una solución nutritiva en forma continua o intermitente, favoreciendo la eficiencia de recuperación de los nutrientes por las raíces de las plantas. A través del riego presurizado, principalmente goteo y micro aspersión, la fertirrigación permite optimizar la tecnología de uso de fertilizantes y facilitar el uso de enmiendas químicas.

Este método optimiza dos recursos de gran importancia en la explotación agrícola, como es el agua y los nutrientes. Igualmente ayuda la conservación del medio ambiente al reducir la contaminación de las aguas subterráneas por el exceso de nitratos. La técnica de fertirrigación

se incrementa a futuro en la medida que crezca el área con riego presurizado, esta necesidad de integrar un sistema que optimice el gasto de fertilizantes aprovechando al máximo los nutrientes ya contenidos en el agua destinados al riego.

### Ventajas de la Fertirrigación

Entre las ventajas que presenta la aplicación de fertilizantes a los cultivos, por medio del sistema de riego, se encuentran las siguientes:

Mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes.

Adaptación de programas de fertilización.

Ahorro de trabajo y comodidad.

Reducción de la compactación de suelo.

Posibilidad de utilizar fertilizantes líquidos, sólidos solubles.

### Sistemas de riego aptos para la fertirrigación

Desde el punto de vista del abastecimiento de agua a las plantas, todos los métodos de riego son buenos si el agua es aplicada en el volumen y frecuencia que las plantas requieren. La diferencia fundamental entre los diferentes métodos de riego es su eficiencia, es decir, que cantidad de agua aplicada es utilizada directamente por la planta. En cuanto a la eficiencia, los métodos de riego superficiales son los menos eficientes, mientras que los riegos presurizados aprovechan casi la totalidad del agua aplicada, siendo el más eficiente.

La fertirrigación entonces, es conveniente aplicarla por medio de sistemas de riego de alta eficiencia, donde existe la seguridad de aprovechar al máximo todo el nutriente. El riego localizado, ya sea goteo, micro aspersión, brinda la oportunidad precisa para la aplicación de fertilizantes y agroquímicos a través del sistema de riego.

## Precauciones al momento de fertirriego

La mayoría de los inconvenientes asociados a la fertirrigación no se deben al método en sí, sino a un manejo incorrecto o al desconocimiento que existe acerca de los aspectos de la nutrición de las plantas.

Al momento de fertirrigar es necesario tomar las siguientes precauciones:

Vigilar que las aplicaciones de fertilizantes y otros productos sean bien dosificadas para no producir daños al cultivo.

Vigilar las posibles obturaciones en el sistema de riego causadas por precipitados, producidos por la incompatibilidad de distintos fertilizantes entre sí, también pueden ser porque no han sido bien disueltos.

## Funcionamiento de un sistema de Fertirrigación

El proceso de fertirrigación comienza en el cabezal de riego, donde son mezclados a diario, los fertilizantes con el volumen de agua a ocupar en el sistema. Las soluciones, se preparan previamente en tres tanques de 1000 litros, generalmente tres tipos de soluciones “A (nitratos)”, “B (sulfatos)” y “C (ácido)” y que posteriormente es inyectada al sistema, posee una alta concentración y se denomina solución madre. La solución madre se mezcla con el agua de riego formando una solución diluida llamada solución fertilizante, que es la que circula en las tuberías del sistema de goteo, llega al terreno y nutre la planta.

## Fertilizantes usados en fertirrigación

Para usar un fertilizante a través de la fertirrigación es necesario conocer la composición de los productos y su solubilidad en el agua. La solubilidad es la capacidad de disolución de algún producto en el agua de riego. Existen productos muy solubles o que se disuelven muy bien en el agua, como es el caso de la Urea, Nitrato de Calcio y nitrato de Potasio, otros son medianamente solubles como el cloruro de Potasio, Fosfato Diamónico y Nitrato de Amonio

y finalmente existen productos menos solubles como el Sulfato de Calcio, el Super Fosfato Triple, el Superfosfato Normal y Sulfato de Hierro.

La combinación de dos o más fertilizantes pueden hacer menos soluble el producto final conocido como mezcla madre. Ya que varios productos forman parte de la solución “A” otros productos solución “B” y solución “C”. La solubilidad en un fertilizante puede variar según la temperatura del agua, resultando que, a mayor temperatura, mayor solubilidad. Los productos de baja solubilidad o menos solubles, no deben ser utilizados en fertirrigación, porque llegan a taponar los impulsores de las bombas de fertilizantes, tubería y mangueras de goteo, siendo el más complicados de limpiar los laberintos de un gotero, quedando como la mejor opción remplazarlos.

#### Descripción de fertilizantes

De acuerdo a normas internacionales, el nombre de cada compuesto va seguido de un paréntesis con tres números. El primero indica el contenido del Nitrógeno (N) en porcentaje el segundo indica el contenido de Fosforo (P) en la forma de P205 (%) y en el tercero el contenido potasio (K) en forma de K20 (%).

Tenemos como ejemplo el Nitrato de Calcio.

Los números son [15,5-0-0] que indica un contenido de Nitrógeno de 15,5%, Fósforo 0% y Potasio 0%, es decir, este fertilizante contiene 15,5% unidades de Nitrógeno y no contiene Fosforo ni Potasio.

#### Preparación de soluciones

Una vez determinado el tipo de fertilizantes y la cantidad a emplear, se prepara la solución madre generalmente en un tanque 1000 litros, siguiendo los pasos que a continuación se detallan:

- 1.- Agregue agua en un tanque hasta que contenga la mitad del total de la solución a preparar.

- 2.- Adicionar el fertilizante.
- 3.- Agite vigorosamente hasta que todo el producto se disuelva, de forma: manual o automática.
- 4.- Agregue agua hasta completar el volumen deseado y agite nuevamente.
- 5.- Inyecte la solución al sistema de riego.
- 6.- Es recomendable agitar la mezcla en forma cíclica. Si tenemos una mezcla para 8 horas se recomienda cada 30 minutos, dos minutos de mezcla.

Los productos de baja solubilidad se deben preparar en un volumen mayor de agua. Si el tanque resulta ser pequeño, debe dividirse el fertilizante en dos porciones o más y disolverlos por separado.

**Tabla 2.**

*Preparación de los productos de baja solubilidad.*

<b>Tipo de fertilizante</b>	<b>Composición</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Solubilidad (Gr/Lts)</b>
Fertilizantes Nitrogenados			
Nitrato de Calcio	15,5-0-0	15°C	1020

*Nota:* Elaboración Propia.

Ecuación para el cálculo del volumen de agua adecuados

$$V = \frac{W}{S} \times 1200$$

Donde:



V: agua

W: disolver fertilizante en Kg

S: producto solubilidad en (gramos/litro).

1200 es un número que considera el cambio de unidades (gramos/kilos)

Si se desea aplicar 3 kilos de Nitrato de Calcio y la solubilidad de este compuesto es 1202 kg por litro de agua. ¿Cuánta agua se requiere como mínimo para disolver esta cantidad de fertilizante?

Aplicando la formula anterior reemplazamos los valores correspondientes tenemos que:

$$V = \frac{3}{1202} \times 1200$$

Respuesta: Para disolver 3 kilos de Nitrato de Calcio es necesario como mínimo 3.0 litros de agua.

Métodos para inyectar fertilizantes al sistema presurizado.

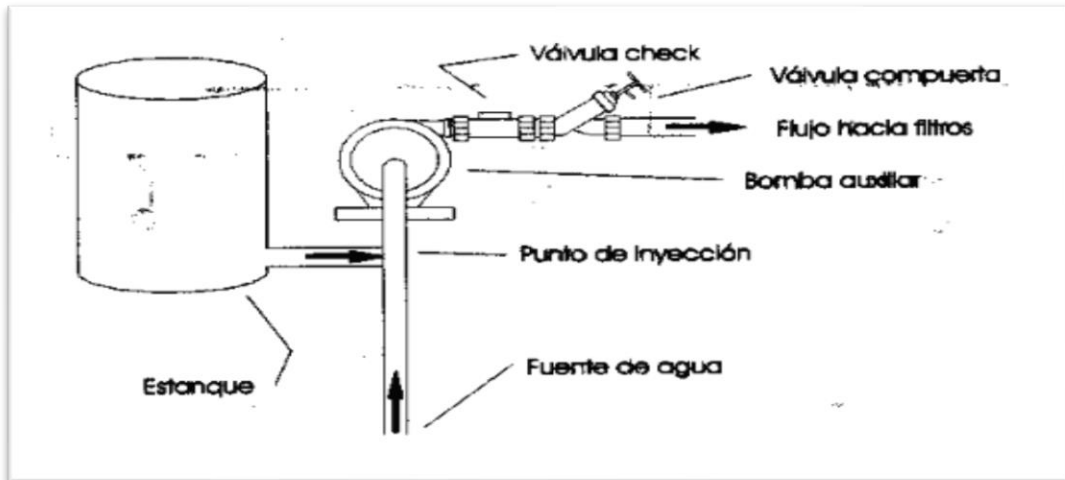
Inyector Venturi

Este elemento que forma parte del sistema de fertilización funciona con un diferencial de presión de entrada y salida.

Inyección a succión de la bomba

**Figura 4.**

*Inyección de fertilizantes.*

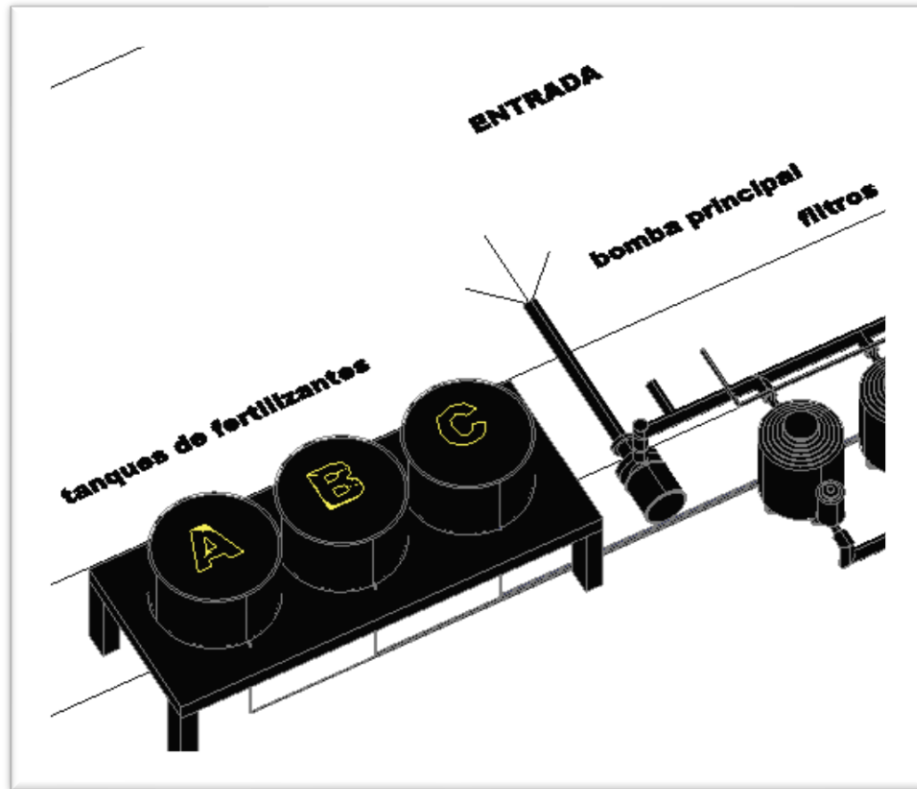


*Nota:* Esta figura muestra uno de los métodos de inyección de fertilizantes al sistema.

El uso de bombas auxiliares es un método que evita el paso de la solución fertilizante a través de la bomba principal del sistema de riego. Esta bomba toma un caudal mínimo y una presión del sistema de riego y lo vuelve a inyectar en otro punto del mismo con una relación aproximada de: agua de riego un 90% y 10% de fertilizantes de las soluciones (A, B, C).

**Figura 5.**

*Tanque de fertilizantes.*



*Nota:* Esta figura muestra los tres tanques de fertilización en una caseta de riego.

### Requerimientos de nutrientes

En nutrición vegetal, los elementos necesarios para el desarrollo de todos los cultivos se agrupan en tres categorías de acuerdo a la cantidad requerida.

Macronutrientes: Carbono, Hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, fosforó, potasio, calcio, magnesio y azufre.

Micronutrientes: Hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cloro.

Elementos menores: Cobalto, sodio, silicio.

La cantidad de nutrientes que requiere un cultivo puede ser suministrado por un fertilizante, por el suelo y por el agua de riego. Es conveniente evaluar el aporte de nutriente por el suelo y el agua de riego. Para ello se debe obtener una muestra de suelo o agua según corresponda y enviar a un laboratorio químico para su análisis.

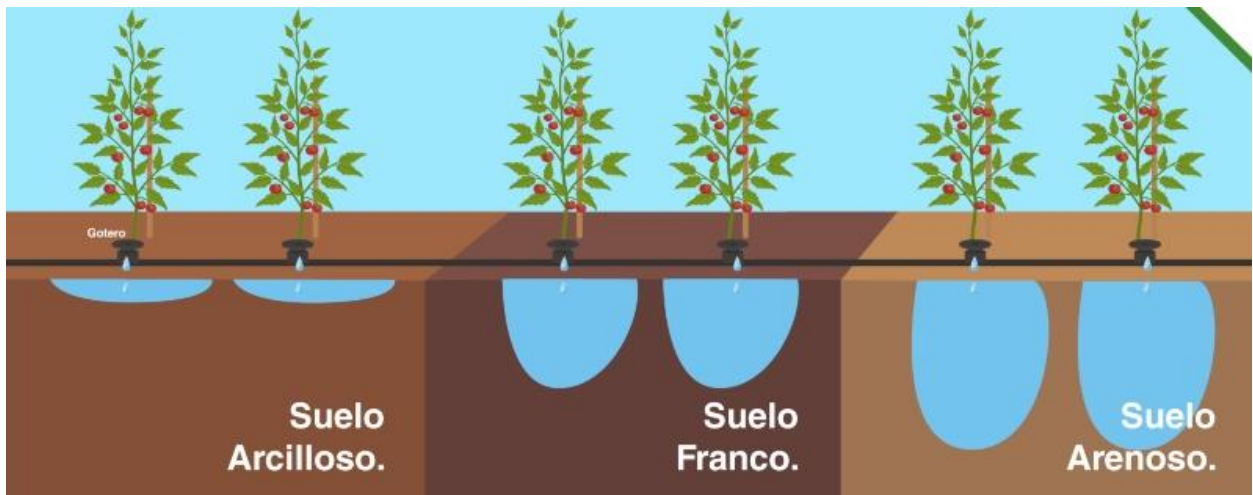
## Diseño Agronómico

### Características de suelo

El diseño agronómico nos permite conocer en un sistema de riego por goteo: cuanto regar, cada cuanto regar, cuánta agua regar, dependerá del tipo de suelo, según anexo **en Excel (xx)** para el diseño agronómico.

### Figura 6.

*Tipos de suelo.*



*Nota:* Esta figura muestra los tipos de suelo y su porosidad.

La zona radicular de la planta y factores que afectan la transpiración, evapotranspiración.

Estos dos términos son diferentes la transpiración es la pérdida de agua de las plantas en forma de vapor se conoce como transpiración.

La evapotranspiración.

### Figura 7.

*Evapotranspiración para la reposición del riego.*



*Nota:* Esta figura identifica el proceso de evapotranspiración de una planta.

La evapotranspiración depende de muchos factores tales como: hídricos, vegetales, climáticos como la temperatura, humedad relativa, precipitación, viento, radiación solar.

Como determinar la frecuencia de riego.

Para establecer la frecuencia de riego diario se debe tener claro:

La capacidad de campo (CC), es la media de la mayor cantidad de agua que un suelo retendrá o almacenará bajo condiciones de completa humedad.

Agua Disponible, es el agua que puede ser aprovechada por la planta y se define como la diferencia entre la humedad a capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente.

Punto de marchitez permanente (PMP), es el porcentaje de humedad en la cual las plantas no pueden reponer el agua, también depende la profundidad de las raíces y la capacidad de retención del suelo.

El % de Agotamiento, es la zona de mayor masa radicular y es el área donde se debe reponer el agua con riegos pulsados, la frecuencia y el tiempo de riego dependerá de un sensor Hv=humedad volumétrica y del monitoreo de campo.

Lamina de reposición de riego.

$$L_{reposición} = \left( \frac{CC - PMP}{100} \right) \frac{Pe\ suelo}{Pe\ agua} * prof\ raiz * \%Ago * PAR$$

$$L_{reposición} = \left( \frac{22,90 - 11,9}{100} \right) \frac{1,44}{1} * 400mm * 35\% * 73\%$$

$$L_{reposición} = \left( \frac{11}{100} \right) 1,44 * 400 * 35 * 73$$

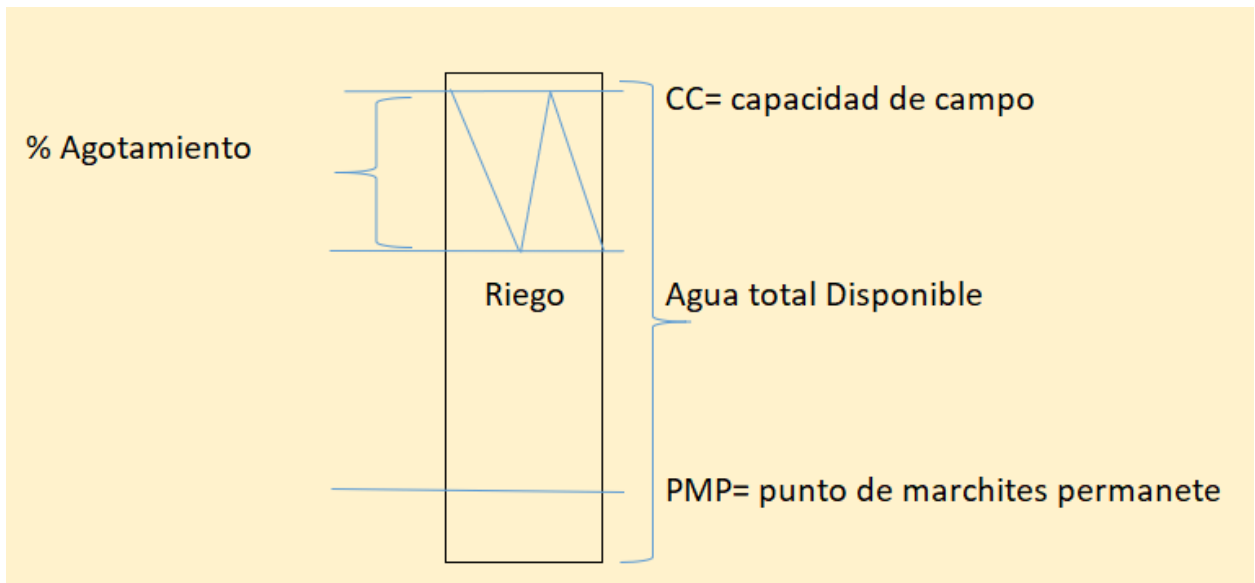
$$L_{reposición} = (0,11)1,44 * 400 * 35 * 73$$

$$L_{reposición} = 0,1584 * 400 * 35 * 73$$

$$L_{reposición} = 16.188mm$$

## Figura 8.

Lamina de riego.



*Nota:* Esta figura se muestra la reposición de la lámina de riego por goteo.

*Datos de suelo:* profundidad efectiva de los raíses, lamina de llenado de suelo, lamina d reposición y referencias de humedad volumétrica del suelo.

*Datos de Riego:* se debe conocer el espaciamiento de los emisores o goteros, espaciamiento de las líneas laterales por fila y entre filas o camas, caudal del goteo, presión de operación, demanda hídrica bruta, frecuencia de riego, lamina de riego corregida, tiempo de riego finca.

*Datos de Ambiente:* horas disponibles día, demanda hídrica del diseño, eficiencia esperada, textura de suelo. Total, ciclos de riego día, volumen total por día, **caudal de bombeo en m<sup>3</sup>/h** entre otros.

## Importancia del pH

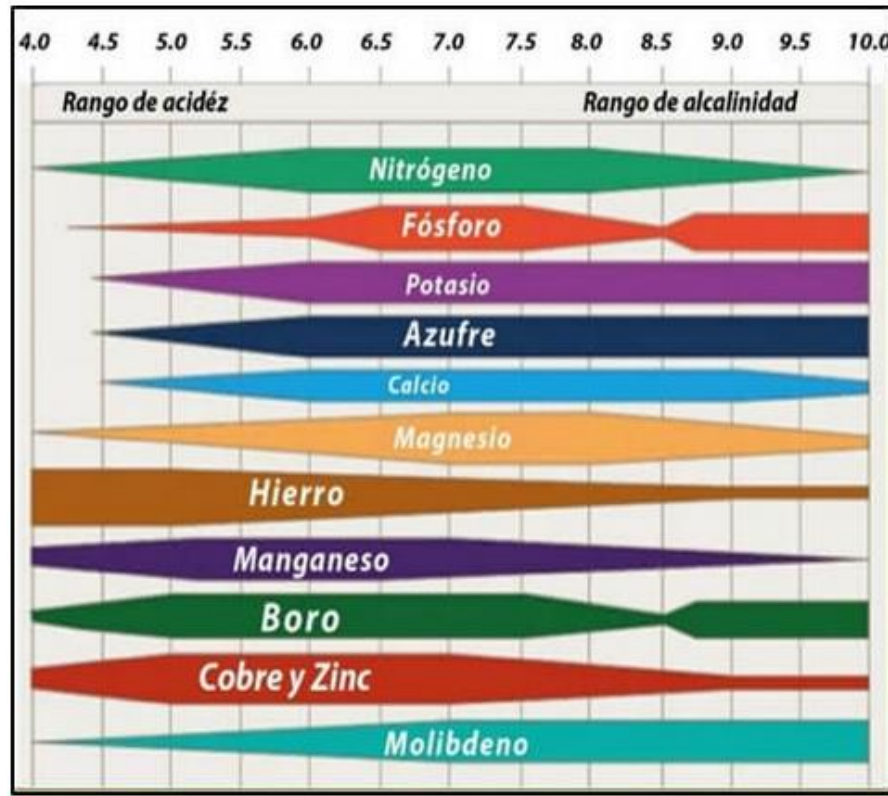
El pH es una medida de acidez (siempre que sea un valor bajo) o de alcalinidad (cuando el pH es alto). El pH del agua para riego, asignado para un cultivo controla las relaciones químicas y determina si los nutrientes están o no disponibles (solubles o insolubles) para su absorción.

Por tal motivo, los problemas nutritivos comunes ocurren en los cultivos siempre que el pH se encuentra fuera del rango óptimo (5 a 6,5). Según figura 9.

Si el pH del suelo se encuentra en el rango óptimo la mayoría de los nutrientes mantiene su máximo nivel de solubilidad. Por debajo de este rango, se presentan deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio, y magnesio; mientras que, por encima, disminuye la solubilidad del hierro, fósforo, magnesio, zinc y cobre, lo cual, se nota en la Figura 9; adicionalmente, los óxidos metálicos de hierro, magnesio, cobre, y zinc se tornan solubles al bajar el pH.

**Figura 9.**

*El pH y la disponibilidad de macros y microelementos.*

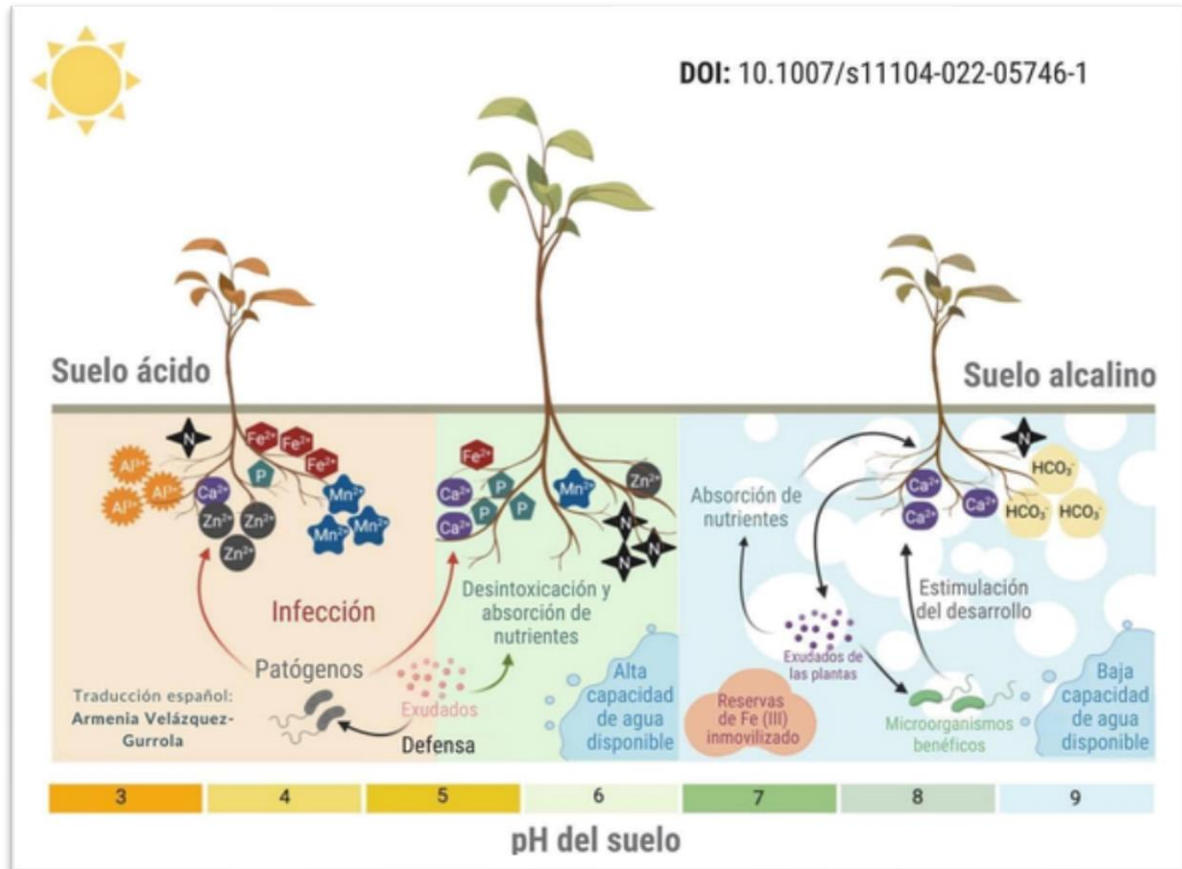


*Nota:* Esta figura nos muestra a los diferentes elementos y la disponibilidad al estar dentro del rango de un pH óptimo.



**Figura 10.**

*El pH y la influencia en el crecimiento de la planta.*



*Nota:* Esta figura nos muestra los efectos del pH en el suelo y su influencia en el desarrollo de las plantas (Vélez-Bermúdez I. y Schmidt W. 2023).

El aumento o disminución del pH del medio depende de varios factores, entre ellos, el pH del suelo, la alcalinidad del agua, la actividad de la cal, la acidificación por los raíses de las plantas, y el uso de un fertilizante de reacción ácida o básica. Entre los más usados en la agricultura moderna tenemos, ácido cítrico, ácido fosfórico, ácido nítrico, cada uno con su porcentaje de concentraciones específicas. En el caso de requerir incrementar o reducir la concentración de pH, se recomienda consultar al agrónomo.

## Conductividad eléctrica (EC)

¿Qué es la conductividad eléctrica?

La conductividad eléctrica en una solución disuelta permite circular libremente la corriente eléctrica. En lo que a la agricultura se refiere, la conductividad eléctrica se utiliza para conocer los niveles de salinidad. Se puede medir tanto del agua (líquido) como del suelo (sólido).

Unidad de medida

Si miramos un análisis de agua podemos ver esta medida en distintas unidades, según el laboratorio:

dS/m (deciSiemens por metro)

mmhos/cm (milimhos por centímetro)

mS/cm (miliSiemens por metro)

La conductividad eléctrica, sales VS planta

En el suelo, el agua que hay alrededor de las raíces tiene una conductividad eléctrica mayor que en el interior de la planta (como regla general), si el cultivo quiere absorber agua necesita superar la presión osmótica, (el agua y las sales minerales están en la raíz por la fuerza de succión de la planta, conocida como presión osmótica).

¿Cuándo un agua es salina y cuando no?

Para conocer los problemas crecientes de un suelo salino y cómo va a afectar a las plantas, tenemos que recurrir a esta clasificación de Urbano Terrón:

**CE < 0,7:** no hay problema. [(mS por centímetro)]

**0,7 < CE < 3:** problema creciente [(mS por centímetro)]

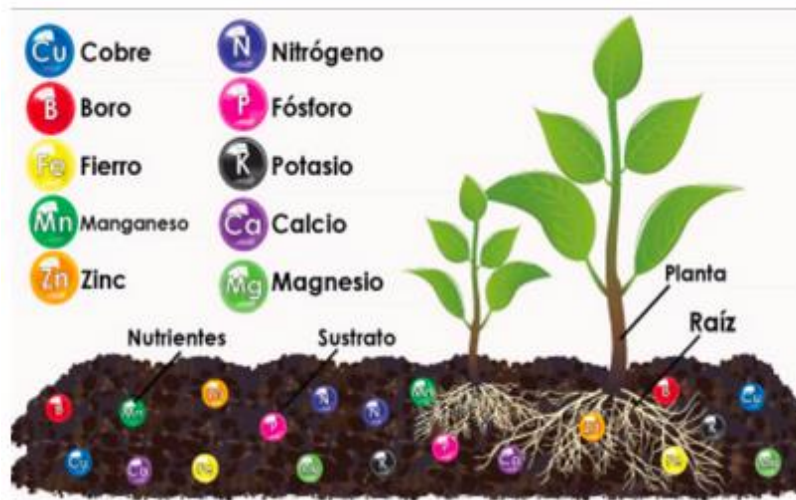
**CE > 3:** problema grave. [(mS por centímetro)]

La concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo se mide mediante la conductividad eléctrica (EC). La EC es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, el valor será más alto cuanto más fácil se mueve la corriente a través del mismo. En definitiva, cuanto más salina sea el agua (mayor conductividad eléctrica), mayor esfuerzo tiene que hacer la planta para absorber dicho líquido).

Esto significa que, a mayor EC, mayor es la concentración de sales. Se recomienda que la EC de un suelo sea baja, en lo posible menor (0,5 mS/m). Una EC baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo. Todo esto se puede evitar conociendo la cantidad de nutrientes que el cultivo requiere.

**Figura 11.**

*Conductividad en el suelo y la disponibilidad de macro y micro elementos.*



*Nota:* Esta figura muestra los elementos principales para el normal crecimiento de una planta.

Las raíces tienden a taponarse con excesos de sales o nutrientes y esto afecta directamente al crecimiento de la planta. En caso que el agua de riego contiene un exceso de sales también se

ocasiona un efecto similar. El suelo no debe exceder 3mS/m como promedio. El fertilizante es bueno y ayuda al crecimiento de la planta, pero en exceso provoca el incremento de sales y consecuentemente es un elemento dañino.

#### Ley de máximo (Liebig)

El exceso de un elemento asimilable en el suelo puede tener un efecto negativo en la disponibilidad y eficacia de otros elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, por ejemplo, si hay un exceso de potasio en el suelo, puede competir con la absorción de magnesio por parte de las raíces de las plantas. Estos pueden conducir a una deficiencia relativa de magnesio, incluso si hay suficiente cantidad de este nutriente en el suelo.

Como se aplica esta ley, a medida que se incrementa el exceso de un elemento en el suelo, los beneficios adicionales que se obtiene en términos de rendimiento se vuelven menores, y eventualmente se llega a un punto en el cual los beneficios adicionales se vuelven insignificantes o incluso pueden tener efectos negativos.

#### *Situación actual Finca Florícola*

En área de producción sección de riego, la dosificación manual de fertilizantes y otras soluciones nutritivas para el cultivo de rosas bajo invernadero, presenta variaciones en su aplicación diaria, una de sus principales variables a controlar es la electro conductividad y el pH del agua de riego. El actual sistema de riego tiene algunas limitantes en la conducción del volumen de agua por la red de tuberías de goteo y apenas se puede conducir según la ecuación de continuidad para tuberías circulares y llenas con velocidades cercanas a 1,5m/s, 29m<sup>3</sup>/h.

#### Análisis de capacidad hidráulica instalada

Bomba principal 10 hp bifásica, capacidad de 29 m<sup>3</sup>/h a 4 bares.

Capacidad de filtración, 3 filtro más accesorios de, 75 m<sup>3</sup>/h.

Punto de operación filtrado y red principal de goteo 4 bares.

Válvulas de goteo 2"- 63 mm, con caudal variable entre 16,92m<sup>3</sup>/h a 24,02 m<sup>3</sup>/h.

Total, de válvulas 27 unidades.

Tiempos de riegos por válvula de 7 minutos/ciclo.

Capacidad, tubería principal de goteo 90 mm, 30 m<sup>3</sup>/h. (considerando pérdidas de - 10%).

Unidad de fertilización manual, capacidad bomba de fertilización de 3 hp, de 3 m<sup>3</sup>/ h a 4,5 bares, 3 canales.

Área de cultivo 5 ha.

Textura de suelo, franco arenoso, con densidad de 1,44 g/cm<sup>3</sup>.

Lamina de riego de 3,49 mm/día (3,49 litros m<sup>2</sup>).

Espaciamiento entre gotero, 0,2 m.

La operación de las electro válvulas de campo disponen de un controlador básico para la apertura en minutos las 27 válvulas distribuidas en 5 hectáreas.

Espaciamiento entre laterales de dos filas de goteo, 1 m.

Presión de operación lateral de goteo 2 bar (29,4 psi).

Tiempo de riego 9,45 horas.

Frecuencia de riego día, 3 ciclos.

### Datos para diseño

Bomba principal 10 hp bifásica, capacidad de 55 m<sup>3</sup>/ h y una presión de 2,5 bares.

Capacidad de filtración 3 filtro más accesorios de, 75 m<sup>3</sup>/h.

Punto de operación premezcla 2,5 bares.

Válvulas de goteo 2"- 63 mm, con caudal variable entre 16,92m<sup>3</sup>/h a 24,02 m<sup>3</sup>/h

Total, de válvulas 27 unidades.

Tiempos de riegos por válvula de 7 minutos/ciclo.

Capacidad, tubería principal de goteo 90 mm, 30 m<sup>3</sup>/h. (considerando pérdidas de - 20%).

Área de cultivo 5 ha.

Textura de suelo, franco arenoso, con densidad de 1,44 g/cm<sup>3</sup>.

Lamina de riego de 3,49 mm/día.

Espaciamiento entre gotero, 0,2 m.

Espaciamiento entre laterales de dos filas de goteo, 1 m.

Presión de operación lateral de goteo 2 bar.

Tiempo de riego 4,725 horas.

Frecuencia de riego día, 3 ciclos.

### Implementación del nuevo sistema

Unidad de fertilización automática: estructura y bomba inoxidable, motor 3 hp, de 6 m<sup>3</sup>/ h a 4,5 bares, de 3 canales. Automatizado con un PLC+HMI, Coolmay EX3G, para el control de, caudal, EC y PH, con un sistema laso cerrado.

Tanque de homogenización de 50000 litros.

Dos Bombas trifásica nuevas en acero inoxidable de 7,5 hp 220 vac de 35 m<sup>3</sup>/h.

Punto de operación red principal de goteo 4 bares.

Tablero de arranque con variador de frecuencia para reducir el consumo de corriente.

Nueva tubería paralela de goteo 90 mm 29 m<sup>3</sup>/h (considerando pérdidas del -20%).

#### Operación de unidad de fertilización manual

La operación manual del sistema de riego en el área de fertilización o dosificación, se realiza manualmente con una bomba adicional de 3 hp, bifásica 220 vac, con una capacidad de 3 m<sup>3</sup>/h a 4,5 bares de presión manométrica, mientras la mezcla de las tres soluciones “A, B, C” que suman 3000 litros en total, para las 9,45 horas de riego día, siendo el 1,77% de solución nutritiva, de los 170 m<sup>3</sup>/día conocido como demanda hídrica diaria.

#### Total, solución nutritiva diaria

Para determinar el total de la solución nutritiva diaria, en porcentaje del 1% al 100% se procede con la ecuación hasta obtener el volumen conocido del total de la solución nutritiva diaria.

$$\text{total solución nutritiva diaria} = \left( \frac{\text{total demanda hídrica diaria(litros)}}{100 (\%)} \right) * (1.7647\%)$$

$$\text{total solución nutritiva diaria} = \left( \frac{170000(\text{litros})}{100 (\%)} \right) * (1.7647\%)$$

$$\text{total solución nutritiva diaria} = 2999.99$$

$$\text{total solución nutritiva diaria} = 3000 \text{ lts}$$

#### Porcentaje demanda hídrica diaria

Aplicando la regla de tres encontramos el porcentaje de 1% al 100% de la demanda hídrica diaria.

$$\text{porcentaje demanda hidrica diaria} = \left( \frac{(170000 - 3000) * (1.7647)}{3000} \right)$$

$$\text{porcentaje demanda hidrica diaria} = \left( \frac{(167000) * (1.7647)}{3000} \right)$$

$$\text{porcentaje demanda hidrica diaria} = 98.23\%$$

### Porcentaje solución nutritiva diaria

Aplicando la regla de tres encontramos el porcentaje de 1% al 100% de la solución nutritiva diaria.

$$\text{porcentaje solucion nutritiva diaria} = \left( \frac{(3000) * (98.23)}{167000} \right)$$

$$\text{porcentaje solucion nutritiva diaria} = \left( \frac{294.690}{3000} \right)$$

$$\text{porcentaje solucion nutritiva diaria} = 1.77\%$$

Del total de la demanda hídrica para el riego por goteo es de (170 m<sup>3</sup>/h), en 9,45 horas, siendo el 98.23% corresponde a agua de reservorio en las aplicaciones con fertilizantes, y el 1,77% corresponde a una solución disuelta, La inyección de tres soluciones conocidas como la solución “A, B, C” tiene una relación promedio de 17,98 m<sup>3</sup>/h. en metros cúbicos hora.

### Calculo para conocer el volumen de agua ideal en m<sup>3</sup>/h para las válvulas

Aplicando la regla de tres encontramos el volumen de agua que sería ideal para evitar los cambios constantes del volumen de agua en el sistema que consta de 27 válvulas con diferentes caudales.

$$\text{volumen de agua ideal en m}^3/\text{h} = \left( \frac{(170 \text{ m}^3/\text{h}) * (1\text{h})}{9,45\text{h}} \right)$$



$$\text{porcentaje demanda hídrica diaria} = \left( \frac{(170\text{m}^3/\text{h})}{9,45\text{h}} \right)$$

$$\text{porcentaje demanda hídrica diaria} = 17,98 \text{ m}^3/\text{h}$$

Regulación manual de un flujómetro, elemento principal de la unidad de fertilización manual

El flujómetro es un dispositivo creado con el objeto de medir el caudal o gasto volumétrico de un fluido, para conocer la regulación manual que debería tener este elemento generalmente viene marcado en litros por hora. (0 litros/h – 300 litros/h) y de (0 litros/h a 500 litro/h) y otros dependerá su aplicación. Para conocer la regulación actual se tiene los datos de 1000 litros por tanque de la solución “A” para 9.45 horas, aplicando la regla de tres podemos conocer su regulación de manera manual.

$$\text{volumen diario solucion "A"} = \left( \frac{(1000 \text{ l}) * (1\text{h})}{9,45\text{h}} \right)$$

$$\text{volumen diario solucion "A"} = \left( \frac{(1000\text{l}/\text{h})}{9,45\text{h}} \right)$$

$$\text{volumen diario solucion "A"} = 105.82 \text{ l} * \text{h}$$

Como se muestra en la Tabla 2, y de 105,82 l/h, de fertilizante de cada solución, sumando las tres soluciones dando un total de 317,46 l/h, de solución nutritiva por hora.

La inyección proporcional de dicha solución a una red de tubería principal provoca una variación debido a la existencia de válvulas de diferentes caudales en cada área, así como el llenado de los laterales de goteo en la apertura de la válvula en cada ciclo de riego, provocando así cambios constantes de caudal en el cabezal de riego, por lo tanto, la distribución de soluciones nutritivas no es estable.

Según la demanda hídrica de un cultivo, y para este análisis es de 170 m<sup>3</sup>/día, en la Tabla 2, se presenta el consumo total diario de agua en m<sup>3</sup>/día de la florícola; estos datos son utilizados para la gestión agronómica, más los análisis físicos químicos, de agua y suelo que son

necesarios en la formulación de la cantidad de fertilizantes para un cultivo, en unidades de ppm = (masa de soluto (g) / volumen de solución (m<sup>3</sup>), y de ppm a mS/cm, dependiendo de la concentración de cada elemento.

Para el caso de la conductividad eléctrica, 2mS/cm. Significa la concentración de una solución y que esta permite el paso de corriente en mv, (milivoltios). De esta manera, se identifica el volumen de agua y su concentración para luego ser medido por un potenciómetro o conocido como un sensor, a esto se complementa un diseño hidráulico, eléctrico, electrónico, adecuado a sus necesidades, por lo general cada elemento del sistema de riego (bomba, tubería, filtros, válvulas, goteros) dispone de una ficha técnica.

Tabla de la demanda hídrica diaria

**Tabla 3.**

*Datos de caudal por válvulas, demanda hídrica diaria total, total horas de riego.*

BLOQUE N	LARGO DE CAMA	ESPACIO ENTRE GOTEROS	CAUDAL GOTERO X HORA	CAUDA L CAMA X HORA	CAMAS X VALVUL A	CAUDAL m <sup>3</sup> /h VALVUL A	VALVULA S X BLOQUE	TOTAL CAUDAL m <sup>3</sup> X BLOQUE DIA	MINUTO S X VALVUL A	TOTAL MINUTOS X BLOQUE
1	34	0,2	1,6	544	33	17,952	2	12,0	21	42
2	36	0,2	1,6	576	42	24,192	3	24,2	21	63
3	32	0,2	1,6	512	34	17,408	4	23,2	21	84
4	36	0,2	1,6	576	42	24,192	3	24,2	21	63
5	33,6	0,2	1,6	537,6	39	20,9664	3	21,0	21	63
6	26	0,2	1,6	416	36	14,976	2	10,0	21	42
7	31	0,2	1,6	496	36	17,856	4	23,8	21	84
8	23	0,2	1,6	368	40	14,72	4	19,6	21	84
9	31,2	0,2	1,6	499,2	36	17,9712	2	12,0	21	42
							<b>27</b>	<b>170</b>		<b>567</b>
TOTAL DE VALVULAS FINCA				27						
CAUDAL TOTAL M <sup>3</sup> DIA				170						
TOTAL MINUTOS RIEGO DIARIO				567						
TOTAL HORAS RIEGO DIA				9,45						

*Nota:* En esta tabla, se muestra el tiempo riego y el volumen de agua consumida diariamente, según el tipo de suelo. Además, es factible conocer el caudal en m<sup>3</sup> por cada válvula para los 21 minutos de riego diarios, con un llenado de mangueras de goteo de 1 minuto para los tres ciclos.

Para conocer que volumen de agua se aplicó en una hectárea de rosas, se aplicó la regla de tres, conocido los tres datos, demanda hídrica total, total área de cultivo 5ha. lo cual es una referencia al regadío para posterior selección de los elementos que forman parte del sistema de riego.

$$\text{volumen de riego por hectaria} = \left( \frac{(170 \text{ m}^3) * (1\text{ha})}{5\text{ha}} \right)$$

$$\text{volumen de riego por hectaria} = \left( \frac{(170\text{m}^3)}{5\text{h}} \right)$$

$$\text{volumen de riego por hectaria} = 34\text{m}^3$$

### **Área de estudio**

El área de estudio del presente trabajo se define por:

Línea de Investigación: Automatización y redes

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Automatización

Objeto de estudio: Control de electro conductividad y pH de soluciones nutritivas estables que son parte de los sistemas de riego de la empresa "Quimbiamba Roses"

Periodo de Análisis: octubre del 2021 y mayo del 2022.

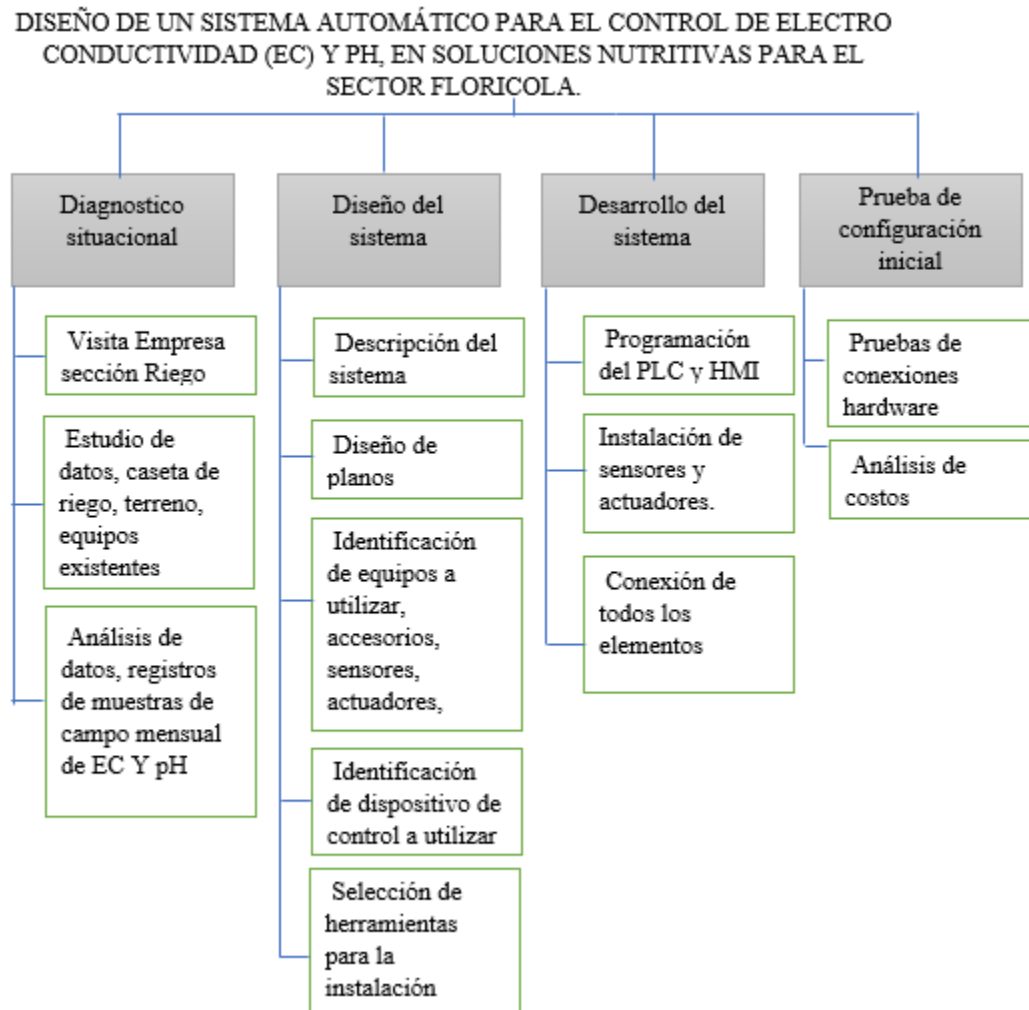
El área de estudio se enfoca en la automatización y control de un proceso en línea, con una retroalimentación constante en sistema lazo cerrado, para el control del caudal, la conductividad y pH en sus aplicaciones de agua más fertilizantes para el cultivo de flores.

## Modelo operativo

El modelo operativo propuesto se determina en la Figura 12, la cual, involucra la existencia de etapas que permiten el desarrollo de la propuesta. Este particular identifica las fases relevantes que se inician con el diagnóstico del problema y la consecuente estadística de valores que son parte de las variables a controlar, en este sentido, es factible la identificación de causa – efecto y la necesaria respuesta de automatización de las variables en análisis.

**Figura 12.**

*Modelo operativo.*



*Nota:* Esta figura muestra la propuesta y el desarrollo para el diseño del sistema automático de fertilización.

### **Desarrollo del modelo operativo**

Para la presente propuesta se ha dividido en cuatro etapas de la siguiente manera recopilación y análisis de datos, diseño del sistema, desarrollo del sistema. Pruebas iniciales de hardware.

Diagnostico situacional

#### 1-Visita empresa sección riego

En la primera etapa se realiza varias visitas iniciales al área del cultivo y caseta de riego donde se encuentran los equipos de riego y fertilización manual, el área de cultivo, reservorio para el agua de riego, fuentes de alimentación de agua, caseta de riego, sistema de riego actual y su capacidad en m<sup>3</sup>/hora. Se procede a la toma de muestras de campo de las 27 válvulas de goteo, con un equipo certificado para medir la conductividad y el pH directo en el cultivo en los laterales finales de goteo y la recopilación de datos con ayuda del personal a cargo del sistema para su análisis.

Estudio de datos, caseta de riego, terreno, equipos existentes.

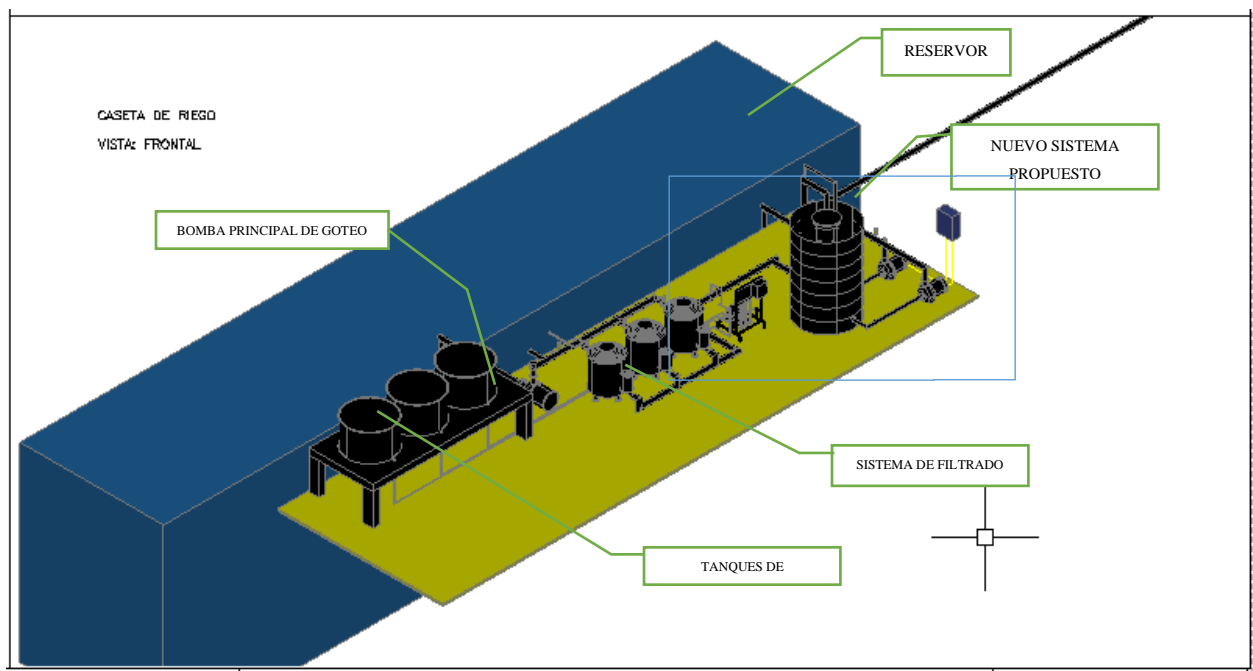
El actual sistema de riego por goteo para el cultivo de rosas, dispone de un sistema de bombeo y filtración, una unidad de fertilización manual, un controlador para operar las válvulas de goteo de manera automática en minutos, para los tres ciclos de riego diario por válvula sumando un total de 9.45 horas diarias de riego, el sistema de riego por goteo ha demostrado ser eficiente y permite controlar y gestionar su distribución del agua y fertilizantes a la raíz de la planta, evitando perdida de agua, mantenido humedad la zona radicular de su cultivo. El sistema de riego está distribuido mediante tuberías PVC que van interconectándose a una red de tubería principal distribuidas para los nueve lotes de producción de las cinco hectáreas de cultivo.

Caseta de riego, equipos existentes.

La caseta consta de varios elementos como un reservorio, el cuarto de bombas, la bomba principal de goteo, la bomba principal de duchas, el filtrado de grava, el filtro discos, las válvulas de alivio de presión, los manómetros, las válvulas check, las válvulas de control, las tuberías, los accesorios PVC, la unidad de fertilización, la bomba de inyección, el ventury, los flujómetros, el caudalímetro, el micro controlador PLC, las electro válvulas NC, los controladores para las válvulas, los tres tanques de fertilizantes de 1000 Lt, los tableros de protecciones, el tablero de bombas, entre otros.

**Figura 13.**

*Caseta de riego*



*Nota:* Esta figura contiene la caseta de riego y sus elementos principales.

Componentes principales del riego por goteo, y equipos existentes.

El actual sistema de riego por goteo, está compuesto por sistema de carga y una red tuberías de distribución. El sistema de carga (cabezal de riego), y campo con tuberías: principales, secundarias y laterales de goteo.

*Reservorio:* capacidad 714 m<sup>3</sup>

*La bomba principal:* goteo, (proporcionan caudal y presión al sistema)

*Los filtros:* grava, de discos, (retiene sólidos y basuras flotantes hasta 120 micras)

*La válvula de aire:* cinéticas, triple acción, (permiten el ingreso y salida de aire de las tuberías)

*Los manómetros, trasmisores de presión,* (permiten visualizar la presión manométrica en: psi.)

*Válvulas de retro lavado:* hidráulicas, eléctricas. (válvulas hidráulicas de dos posiciones)

*El sistema de inyector de fertilizante:* manual, automáticas, (conjunto de elementos hidráulicos y eléctricos y electrónicos)

*Las válvulas aliviadoras de presión,* (válvulas hidráulicas con pilotos aliviados de presión)

*Las válvulas de control,* (válvulas que cierran o permiten el paso del flujo de agua)

*Válvula reguladora de presión,* (válvulas hidráulicas con pilotos reguladores de presión)

*La unidad de control automático para válvulas campo, por tiempo o volumen,* (controladores que permiten una programación cíclica en minutos o segundos)

*Red de tuberías, principales, secundarias,* (tuberías distribuidas en campo de diferentes diámetros y presiones)

*Válvulas de seguridad, válvulas de aire,* (permiten el ingreso y salida de aire de las tuberías, campo)

*Válvulas control, válvulas de compuerta,* (válvulas que cierran o permiten el paso del flujo de agua)

*Las válvulas:* hidráulicas, eléctricas o mixtas, (válvulas que permiten el cierre o apertura de tres maneras normalmente son NC)

*Mangueras de goteo:* normal, auto compensado, anti drenante, (mangueras de goteo diferentes caudales)

Terreno, cultivo bajo invernadero.

Distribución de simbra bajo invernadero en nueve lotes o invernaderos metálicos, con un promedio de 80000 plantas por hectárea dando un total de 720000 plantas de rosas de diferentes

colores, sembrados en camas de 60 cm de ancho por 20 cm de alto y 50 cm de camino o entre hileras, en estas hileras de camas, las plantas se encuentran sembradas cada 7 cm entre planta y planta, como se evidencia en la figura 14.

**Figura 14.**

*Invernaderos.*



*Nota:* Esta figura muestra los invernaderos y la densidad de siembra del cultivo de rosas para exportación.

Registros y análisis de muestras campo mensual presión, EC y pH



Los antecedentes que son parte de la producción y que se asocian al tema de interés disponen de datos asociados al número de válvulas, bloque, presión, caudal electro conductividad y el pH, las mencionadas variables son establecidas mediante un proceso de medición y se vinculan con los datos ideales a obtener, bajo este lineamiento, se tienen los siguientes datos:

**Tabla 4.**

*Datos de las variables del riego, enero 2022.*

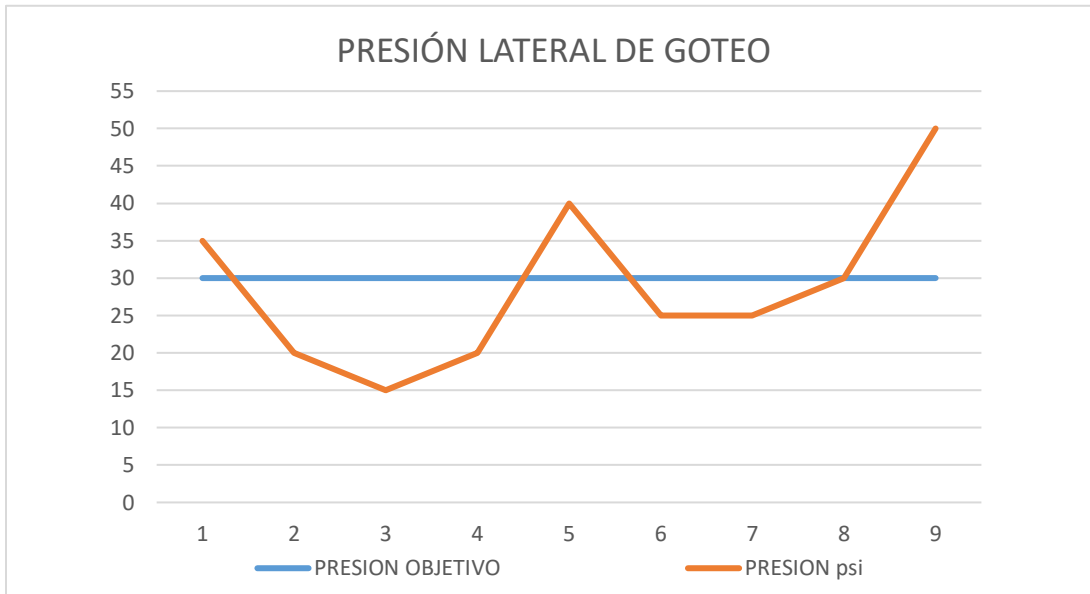
N° VALVULAS	CAUDAL X BLOQUE m3	N° DE BLOQUE	PRESION OBJETIVO	PRESION psi	OBJETIVO		OBJETIVO	
					EC	EC	pH	pH
2	12	1	30	35	1,8	2	5,5	7
3	24,2	2	30	20	1,8	1	5,5	7,5
4	23,2	3	30	15	1,8	1	5,5	8
3	24,2	4	30	20	1,8	1	5,5	6
3	21	5	30	40	1,8	2	5,5	6
2	10	6	30	25	1,8	3	5,5	5,8
4	23,8	7	30	25	1,8	3	5,5	7
4	19,6	8	30	30	1,8	3	5,5	7,2
2	12	9	30	50	1,8	2	5,5	7,1
27	170							

*Nota:* La Tabla 3, muestra las variables de riego en el mes de enero del 2022. Adicionalmente, se especifica los valores de caudal, EC, pH.

A partir de los valores que son parte de la Tabla 4, es factible la generación de gráficos que permiten visualizar de mejor manera las diferencias existentes entre los valores medidos y los valores considerados como los ideales dentro del proceso de riego de “Quimbiamba Roses”.

**Figura 15.**

*Presión lateral de goteo, enero 2022.*

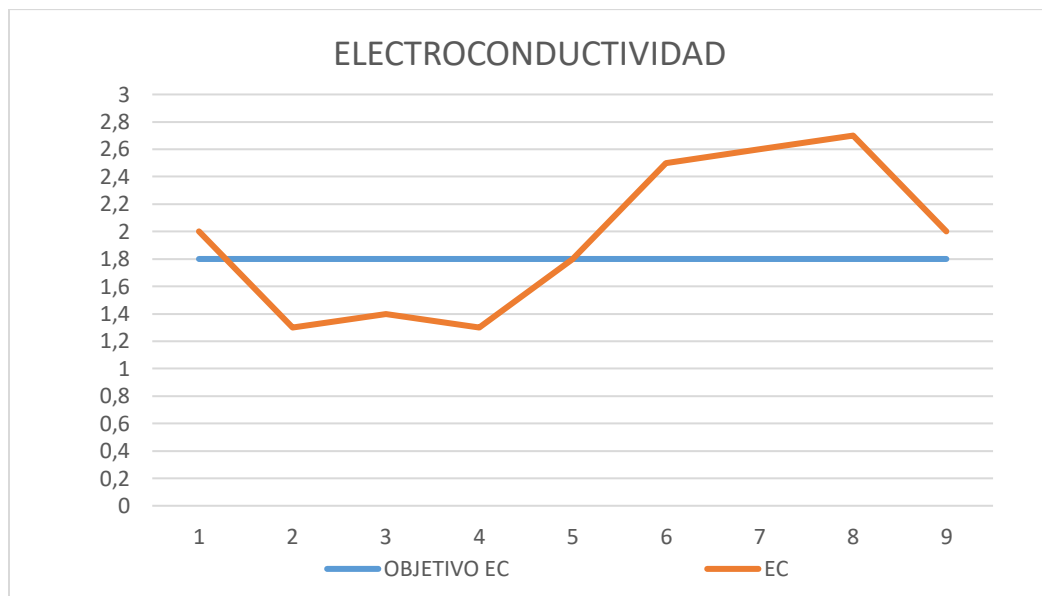


*Nota:* Esta figura muestra las variaciones de la presión lateral de goteo en el mes de enero del 2022.

En la curva que es parte de la denominada presión de goteo que se visualiza en la Figura 5, se aprecia que fluctúa constantemente y no dispone de un valor único de presión en cada bloque (un bloque corresponde a una hectárea aproximadamente). Esto se genera debido al dimensionamiento erróneo de las tuberías, bombas y tuberías o pérdidas por fricción. Adicionalmente, existen momentos que la presión es mayor al valor ideal, sin embargo, sucede lo contrario en las válvulas de los otros bloques.

**Figura 16.**

*Electro conductividad, enero 2022.*

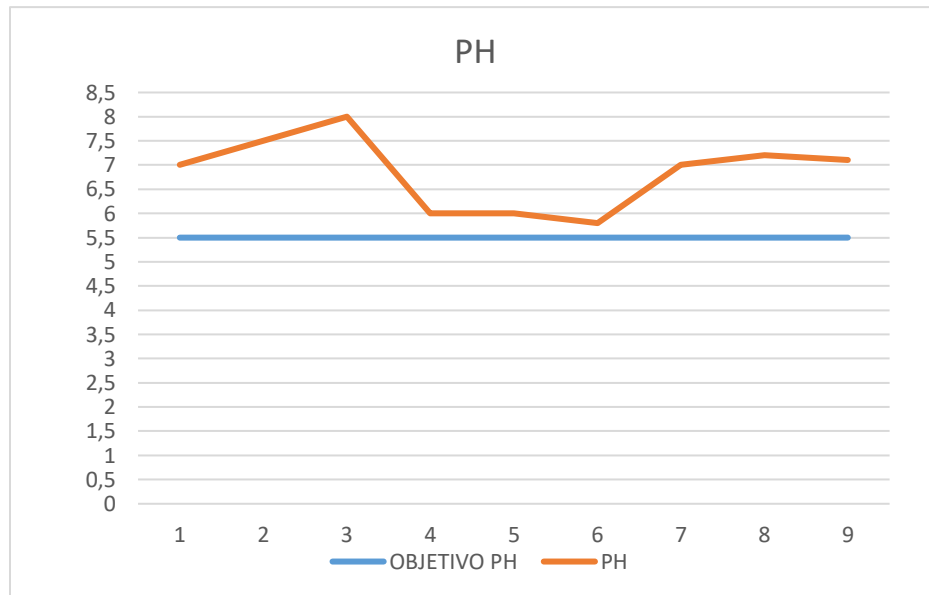


*Nota:* Esta figura indica la variación de EC en el mes de enero del 2022.

La curva que es parte del electro conductividad de la Figura 16, fluctúa constantemente y con valores elevados dentro del bloque 1 y de los bloques 6 al 8, mientras ocurre lo contrario en los demás bloques que son parte de los terrenos utilizados para el cultivo de rosas. Se puede confirmar que no se obtiene el valor ideal de 1,8 mS/m para las plantas en producción, esto se debe a la falta de ajuste constante de las válvulas dosificadoras puesto que, en la fertilización, a mayor flujo de agua en m<sup>3</sup>/h, se genera más volumen de solución nutritiva por la caída de presión.

**Figura 17.**

*Medida del pH, enero 2022.*



*Nota:* Esta figura determina las variaciones del PH en el mes de enero del 2022.

En el caso de la curva que representa las mediciones del pH de la Figura 17, esta fluctúa constantemente y con valores superiores al ideal (5,5) a lo largo de todos los bloques; en este caso, no se registra caída alguna dentro de los puntos de control que son parte de los 9 bloques de producción. Se debe tomar en cuenta que de obtenerse pH inferiores a 4, esto ocasionaría que la mayoría de macro elemento no estarían disponibles. Por otra parte, el pH elevado produce que el fertilizante o los micro elementos como el hierro no sea asimilado por la planta, es decir, se debe controlar el nivel medio de pH. Adicionalmente, es factible expresar los valores que han sido parte del primer cuatrimestre del 2022, los mismos reflejan las potenciales variaciones que son parte de la presión lateral, el EC y los niveles de pH, con lo cual, se tiene, la siguiente integración de valores.

**Tabla 5.**

*Datos de las variables del riego, 1er cuatrimestre del 2022.*

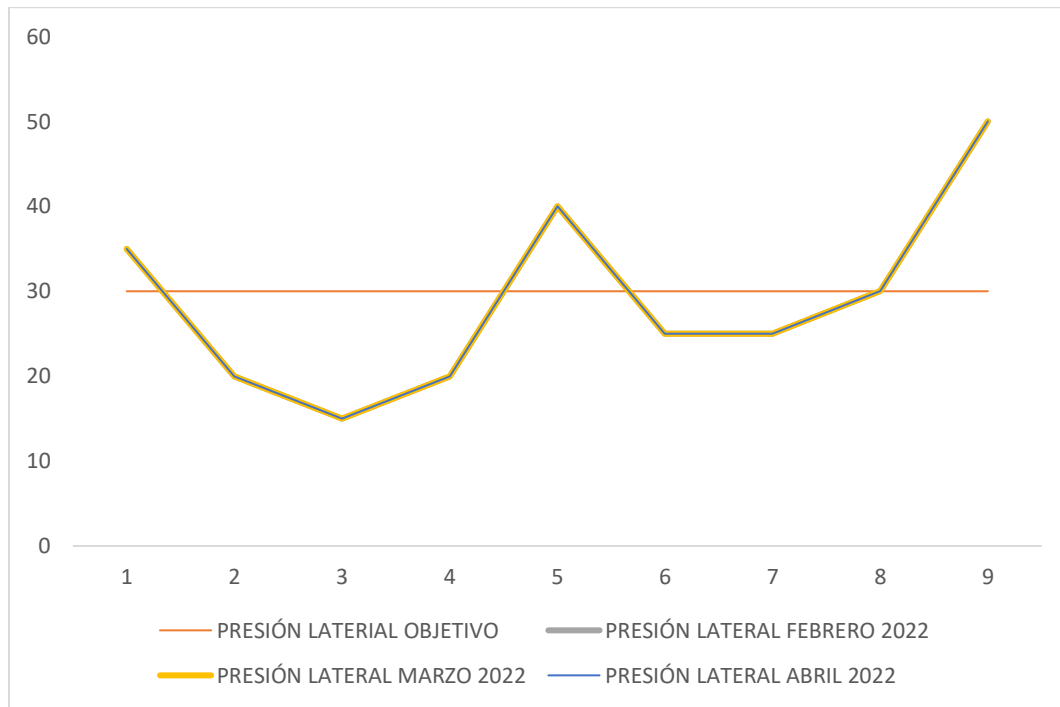
DATOS HISTORICO SEMANAL ENERO 2022 DE: PRESION psi, EC Y pH,cc X GOTEROS	Nº	CAUDAL X	Nº DE	PRESION	OBJETIVO		OBJETIVO		
	VALVULA S	BLOQUE m3	BLOQU E	OBJETIV O	PRESION psi	EC	EC	pH	pH
	2	12	1	30	35	1,8	2	5,5	7
	3	24,2	2	30	20	1,8	1,3	5,5	7,5
	4	23,2	3	30	15	1,8	1,4	5,5	8
	3	24,2	4	30	20	1,8	1,3	5,5	6
	3	21	5	30	40	1,8	1,8	5,5	6
	2	10	6	30	25	1,8	2,5	5,5	5,8
	4	23,8	7	30	25	1,8	2,6	5,5	7
	4	19,6	8	30	30	1,8	2,7	5,5	7,2
	2	12	9	30	50	1,8	2	5,5	7,1
	27	170							
DATOS HISTORICO SEMANAL FEBRERO 2022 DE: PRESION psi EC Y pH,cc X GOTEROS	2	12	1	30	35	1,8	2,6	5,5	7,5
	3	24,2	2	30	20	1,8	1,2	5,5	7,2
	4	23,2	3	30	15	1,8	1,2	5,5	7
	3	24,2	4	30	20	1,8	0,9	5,5	6,5
	3	21	5	30	40	1,8	0,9	5,5	7
	2	10	6	30	25	1,8	2	5,5	5,9
	4	23,8	7	30	25	1,8	2	5,5	6,8
	4	19,6	8	30	30	1,8	1,3	5,5	7,1
	2	12	9	30	50	1,8	1,3	5,5	7,2
	27	170							
DATOS HISTORICO SEMANAL MARZO 2022 DE: PRESION psi, EC Y pH,cc X GOTEROS	2	12	1	30	35	1,8	1,8	5,5	6,5
	3	24,2	2	30	20	1,8	1,4	5,5	7,2
	4	23,2	3	30	15	1,8	1,5	5,5	7,3
	3	24,2	4	30	20	1,8	1,7	5,5	6,2
	3	21	5	30	40	1,8	1,6	5,5	6,3
	2	10	6	30	25	1,8	2,1	5,5	5,9
	4	23,8	7	30	25	1,8	2,2	5,5	6,9
	4	19,6	8	30	30	1,8	2,1	5,5	6,9
	2	12	9	30	50	1,8	1,5	5,5	7
	27	170							
DATOS HISTORICO SEMANAL ABRIL 2022 DE: PRESION psi, EC pH,cc X GOTEROS	2	12	1	30	35	1,8	1,8	5,5	6,5
	3	24,2	2	30	20	1,8	1,5	5,5	7,4
	4	23,2	3	30	15	1,8	1,4	5,5	7,3
	3	24,2	4	30	20	1,8	1,6	5,5	6,1
	3	21	5	30	40	1,8	1,3	5,5	6,3
	2	10	6	30	25	1,8	2,3	5,5	5,7
	4	23,8	7	30	25	1,8	2,2	5,5	6
	4	19,6	8	30	30	1,8	2,3	5,5	6,8
	2	12	9	30	50	1,8	1,8	5,5	7
	27	170							

*Nota:* Esta tabla establece los valores de las variables de riego en el 1er cuatrimestre del 2022.

Adicionalmente, se conoce la identificación de las válvulas.

**Figura 18.**

*Medida de la presión lateral, febrero-abril 2022.*

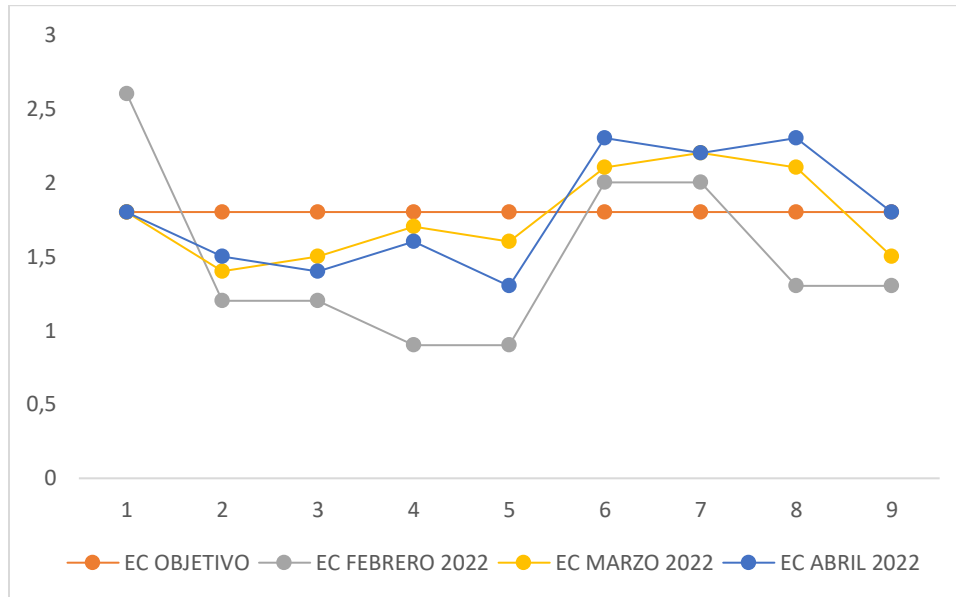


*Nota:* Esta figura indica las variaciones de la presión lateral.

En lo que relacionado a la tendencia que se presenta con la presión lateral correspondiente al trimestre de febrero a abril del 2002, es visible en la Figura 18, que los bloques 1, 5, 9, disponen de valores mayores a las presiones establecidas como objetivo y que se ubica en los 30 PSI; lo contrario, ocurre en los bloques 2, 3, 4, 6, y 7; únicamente el bloque 8, se registra el valor apropiado de los 30 PSI. Entre las posibles causas de las variaciones de presión se ubica las pérdidas por fricción y la falta de válvulas hidráulicas reguladoras de presión que permitan ajustar la presión en los laterales de goteo.

**Figura 19.**

*Medida de la EC, febrero-abril 2022*

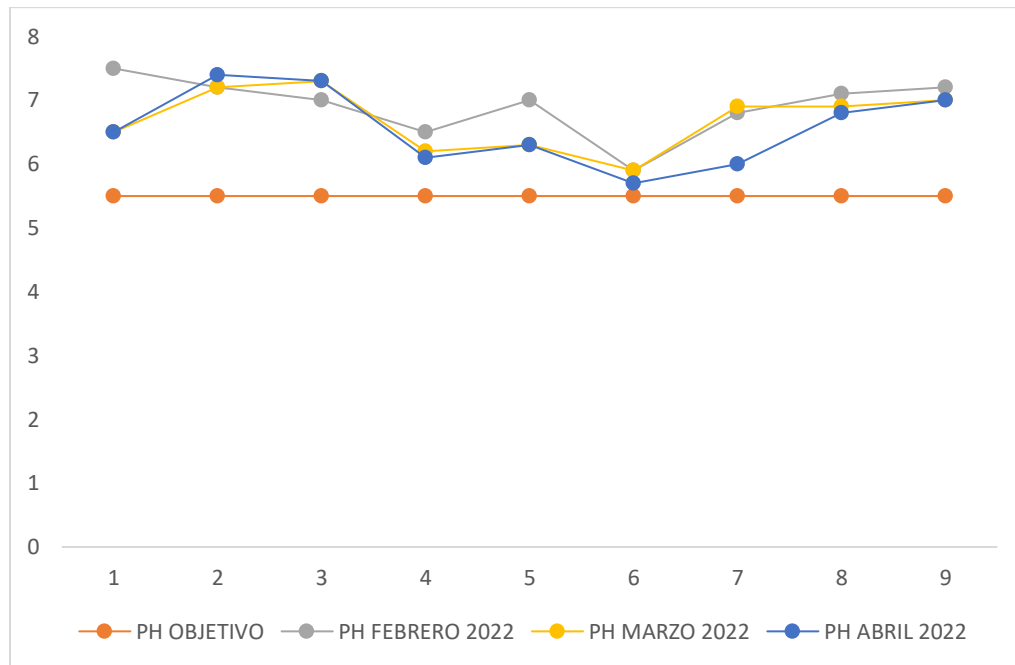


*Nota:* Esta figura indica las variaciones de la EC en el período de febrero a abril 2022. Adicionalmente, se visualizan los valores máximos y mínimos.

Respecto a la variable de EC registrado en el trimestre de febrero – abril 2022, es notorio en la Figura 19, que los bloques 6 y 7, disponen de valores mayores a lo establecido como objetivo y que se ubica en los 1,8; lo contrario, ocurre en los demás bloques de Quimbiamba Roses. En el caso de esta variable, se determina que los valores registrados son menores al ideal y que fluctúan a lo largo del periodo de análisis; esta tendencia es contraria a la del pH puesto que a menor concentración de la conductividad eléctrica (0,5 – 2,5 ms) se evita salinizar al suelo.

**Figura 20.**

*Medida del pH, febrero-abril 2022.*



*Nota:* Esta figura establece las medidas del pH de febrero a abril del 2022. Adicionalmente, se visualizan los valores extremos.

Respecto a la variable de pH registrado en el trimestre de febrero – abril 2002, se determina en todos los bloques del establecimiento Quimbiamba Roses, que los valores son superiores al objetivo de 5,5; sin embargo, el nivel que se registra establece un valor menor a 7,5, con lo cual, es un ámbito neutro y que debe ser sujeto de control en la composición de las mezclas. La tendencia a mantener valores entre (5,5) de pH es importante para evitar excesos o deficiencias de alguna macro y micro elementos.

Análisis mediante estadística descriptiva para conocer el porcentaje de variación EC y pH de las 36 de campo, en cuatro meses.

Análisis estadístico de muestras de campo.



$$fr = \frac{fi}{total}$$

$$\% = fr * 100$$

$fr = \text{frecuncua relativa}$

$fr = \text{frecuencia absoluta}$

**Tabla 6.**

*Datos de la variación porcentual de pH, análisis estadístico cuatrimestre del 2022*

Analisis, estadistica descriptiva pH

lotes	datos de 36 muestras, cuatro				rango	fi	Fi	fr	Fr	%
	meses									
1	7	7,5	6,5	6,5	7,5 - 8	3	3	0,08	0,08	8,33
2	7,5	7,2	7,2	7,4	7 - 7,4	15	18	0,42	0,50	41,67
3	8	7	7,3	7,3	6,5 - 6,9	7	25	0,19	0,69	19,44
4	6	6,5	6,2	6,1	6 - 6,4	7	32	0,19	0,89	19,44
5	6	7	6,3	6,3	5,5 - 5,9	4	36	0,11	1,00	11,11
6	5,8	5,9	5,9	5,7	5 - 5,4	0	36	0,00	1,00	0,00
7	7	6,8	6,9	6						
8	7,2	7,1	6,9	6,8						
9	7,1	7,2	7	7						
						36		1		100

*Nota:* Esta tabla establece los valores de las variables de pH el 1er cuatrimestre del 2022.

El análisis estadístico permitió establecer el porcentaje de error del pH, sobre los valores ideales para lograr unas mezclas estables en la dosificación de soluciones nutritivas.

**Tabla 6.***Datos de la variación porcentual de EC, análisis estadístico cuatrimestre del 2022*

Análisis, estadística descriptiva para EC

lotes de 36 muestras, cuatro me rango						fi	Fi		fr	Fr	%
1	2	2,6	1,8	1,8	3	0	0		0,00	0,00	0
2	1,3	1,2	1,4	1,5	2,9	0	0	▲	0,00	0,00	0
3	1,4	1,2	1,5	1,4	2,8	0	0	▲	0,00	0,00	0
4	1,3	0,9	1,7	1,6	2,7	1	1	▲	0,03	0,03	3
5	1,8	0,9	1,6	1,3	2,6	2	3	▲	0,06	0,08	6
6	2,5	2	2,1	2,3	2,5	1	4	▲	0,03	0,11	3
7	2,6	2	2,2	2,2	2,4	0	4	▲	0,00	0,11	0
8	2,7	1,3	2,1	2,3	2,3	2	6	▲	0,06	0,17	6
9	2	1,3	1,5	1,8	2,2	2	8	▲	0,06	0,22	6
					2,1	2	10	▲	0,06	0,28	6
					2	4	14	▲	0,11	0,39	11
					1,9	0	14	▲	0,00	0,39	0
					1,8	4	18	▲	0,11	0,50	11
					1,7	1	19	▲	0,03	0,53	3
					1,6	2	21	▲	0,06	0,58	6
					1,5	3	24	▲	0,08	0,67	8
					1,4	3	27	▲	0,08	0,75	8
					1,3	5	32	▲	0,14	0,89	14
					1,2	2	34	▲	0,06	0,94	6
					1,1	0	34	▲	0,00	0,94	0
					1	0	34	▲	0,00	0,94	0
					0,9	2	36	▲	0,06	1,00	6
						36			1,00		100

*Nota:* Esta tabla establece los valores de las variables de pH el 1er cuatrimestre del 2022.

El análisis estadístico permitió establecer el porcentaje de error del EC, sobre los valores ideales para lograr unas mezclas estables en la dosificación de soluciones nutritivas.

**Tabla 6.***Datos de la variación porcentual de pH con los límites máximos y mínimos, cuatrimestre del 2022*

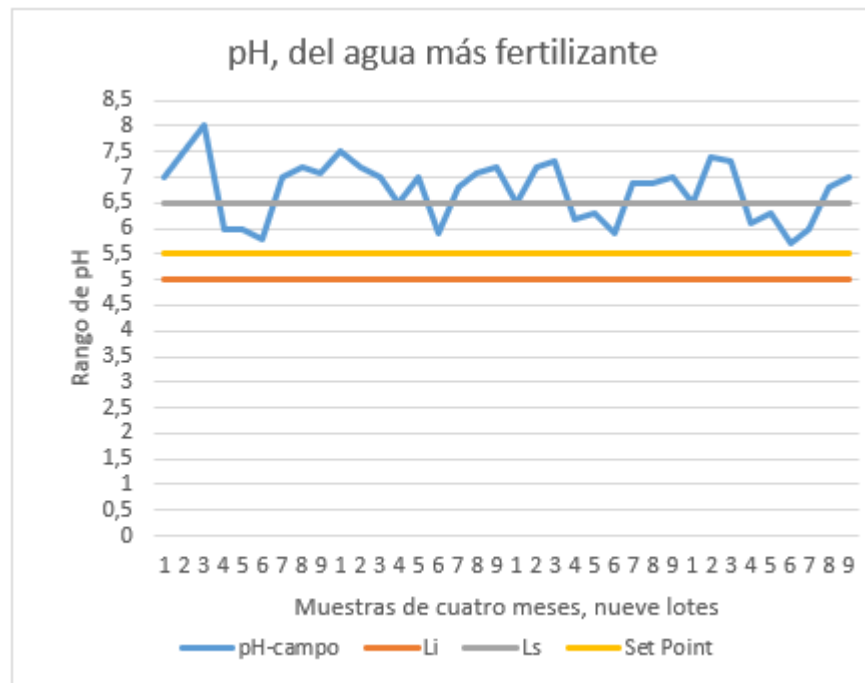
Análisis del error porcentual de pH									
% de los límites									
Límites									
5 6,5 5,5									
N	Mes/ otes	pH-campo	Li	Ls	Set Point	% Ls.	(-ideal)	ideal	(+ideal)
1	1	7	5	6,5	5,5	27%			1
1	2	7,5	5	6,5	5,5	36%			1
1	3	8	5	6,5	5,5	45%			1
1	4	6	5	6,5	5,5	9%	-1		
1	5	6	5	6,5	5,5	9%	-1		
1	6	5,8	5	6,5	5,5	5%	-1		
1	7	7	5	6,5	5,5	27%			1
1	8	7,2	5	6,5	5,5	31%			1
1	9	7,1	5	6,5	5,5	29%			1
1	1	7,5	5	6,5	5,5	36%			1
1	2	7,2	5	6,5	5,5	31%			1
1	3	7	5	6,5	5,5	27%			1
1	4	6,5	5	6,5	5,5	18%			1
1	5	7	5	6,5	5,5	27%			1
1	6	5,9	5	6,5	5,5	7%	-1		
1	7	6,8	5	6,5	5,5	24%			1
1	8	7,1	5	6,5	5,5	29%			1
1	9	7,2	5	6,5	5,5	31%			1
1	1	6,5	5	6,5	5,5	18%			1
1	2	7,2	5	6,5	5,5	31%			1
1	3	7,3	5	6,5	5,5	33%			1
1	4	6,2	5	6,5	5,5	13%	-1		
1	5	6,3	5	6,5	5,5	15%	-1		
1	6	5,9	5	6,5	5,5	7%	-1		
1	7	6,9	5	6,5	5,5	25%			1
1	8	6,9	5	6,5	5,5	25%			1
1	9	7	5	6,5	5,5	27%			1
1	1	6,5	5	6,5	5,5	18%			1
1	2	7,4	5	6,5	5,5	35%			1
1	3	7,3	5	6,5	5,5	33%			1
1	4	6,1	5	6,5	5,5	11%	-1		
1	5	6,3	5	6,5	5,5	15%	-1		
1	6	5,7	5	6,5	5,5	4%	-1		
1	7	6	5	6,5	5,5	9%	-1		
1	8	6,8	5	6,5	5,5	24%			1
1	9	7	5	6,5	5,5	27%			1
36						36	-11	0	25
N. datos									
Porcentaje de error límite superior						100%	-31%	0%	69%

*Nota:* Esta tabla establece los valores de las variables de pH el 1er cuatrimestre del 2022.

Adicionalmente, se conoce según las 36 muestras el porcentaje de error del 100% del valor ideal.

**Figura 21.**

*El pH y su límite máximo, mínimos del cuatrimestre 2022.*



*Nota:* Esta figura establece las medidas del pH. Adicionalmente, se visualizan los valores cercanos al límite superior.

Esta figura 21 también muestra el porcentaje de errores del pH sobre el parámetro ideal de 5,5, se puede apreciar que es el 100% sobre el valor ideal, con una efectividad del 0%, y de este porcentaje de error el +69% está sobre el límite superior y el -31% bajo el límite superior.

**Tabla 7.**

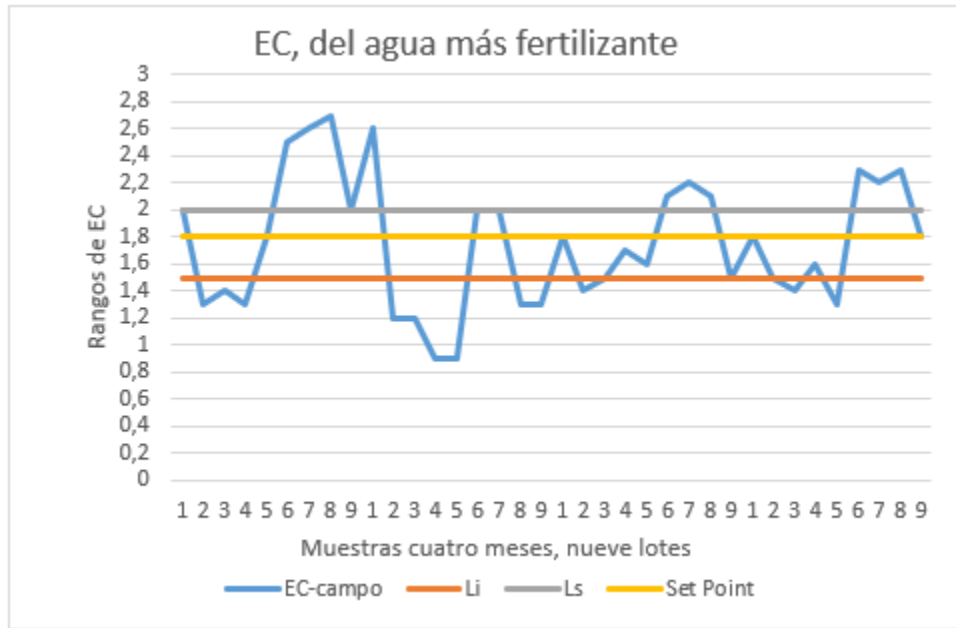
*Datos de la variación porcentual de EC con los límites máximos y mínimos, cuatrimestre del 2022*

Análisis del error porcentual de EC													
% de los límites													
Límites		1,5	2	1,5									
N	Mes /lote	EC-campo	Li	Ls	Set Point	%Ls,Li	(-ideal)	ideal	(+ideal)	(-Li)	Li	(+Ls)	Ls
1	1	2	1,5	2	1,5	33%			1				1
1	2	1,3	1,5	2	1,5	-13%	-1			-1			
1	3	1,4	1,5	2	1,5	-7%	-1			-1			
1	4	1,3	1,5	2	1,5	-13%	-1			-1			
1	5	1,8	1,5	2	1,5	20%		1					
1	6	2,5	1,5	2	1,5	67%			1			1	
1	7	2,6	1,5	2	1,5	73%			1			1	
1	8	2,7	1,5	2	1,5	80%			1			1	
1	9	2	1,5	2	1,5	33%			1				1
1	1	2,6	1,5	2	1,5	73%			1			1	
1	2	1,2	1,5	2	1,5	-20%	-1			-1			
1	3	1,2	1,5	2	1,5	-20%	-1			-1			
1	4	0,9	1,5	2	1,5	-40%	-1			-1			
1	5	0,9	1,5	2	1,5	-40%	-1			-1			
1	6	2	1,5	2	1,5	33%			1				1
1	7	2	1,5	2	1,5	33%			1				1
1	8	1,3	1,5	2	1,5	-13%	-1			-1			
1	9	1,3	1,5	2	1,5	-13%	-1			-1			
1	1	1,8	1,5	2	1,5	20%		1					
1	2	1,4	1,5	2	1,5	-7%	-1			-1			
1	3	1,5	1,5	2	1,5	0%	-1				1		
1	4	1,7	1,5	2	1,5	13%	-1						
1	5	1,6	1,5	2	1,5	7%	-1						
1	6	2,1	1,5	2	1,5	40%			1			1	
1	7	2,2	1,5	2	1,5	47%			1			1	
1	8	2,1	1,5	2	1,5	40%			1			1	
1	9	1,5	1,5	2	1,5	0%	-1				1		
1	1	1,8	1,5	2	1,5	20%		1					
1	2	1,5	1,5	2	1,5	0%	-1				1		
1	3	1,4	1,5	2	1,5	-7%	-1			-1			
1	4	1,6	1,5	2	1,5	7%	-1						
1	5	1,3	1,5	2	1,5	-13%	-1			-1			
1	6	2,3	1,5	2	1,5	53%			1			1	
1	7	2,2	1,5	2	1,5	47%			1			1	
1	8	2,3	1,5	2	1,5	53%			1			1	
1	9	1,8	1,5	2	1,5	20%		1					
36						36	-18	4	14	-12	3	10	4
N. datos (+,-)													
Porcentaje de error Ls, Li						100%	-50%	11%	39%	-33,3%	8,3%	27,8%	11,1%

*Nota:* Esta tabla muestra los valores de las variables de EC el 1er cuatrimestre del 2022. Adicionalmente, se conoce según las muestras los errores de los límites superior, límite inferior.

**Figura 22.**

*El EC y su límite máximo, mínimos del cuatrimestre 2022.*



*Nota:* Esta figura muestra las medidas del EC. y visualizan los límites máximos, mínimos.

Es esta figura podemos observar la desviación del EC del valor ideal que es de 1,8 mS/cm, podemos observar según las 36 muestras, que sobre el valor ideal tiene un error del -50% y +39%, con una efectividad del 11%. También de los límites como el superior existe un error del +27,8%, así como en el límite inferior de un -33,3%, y el 8,3% se mantiene en el límite inferior, un 11,1% límite superior, y el 19% está dentro de los rangos mínimos y máximo.

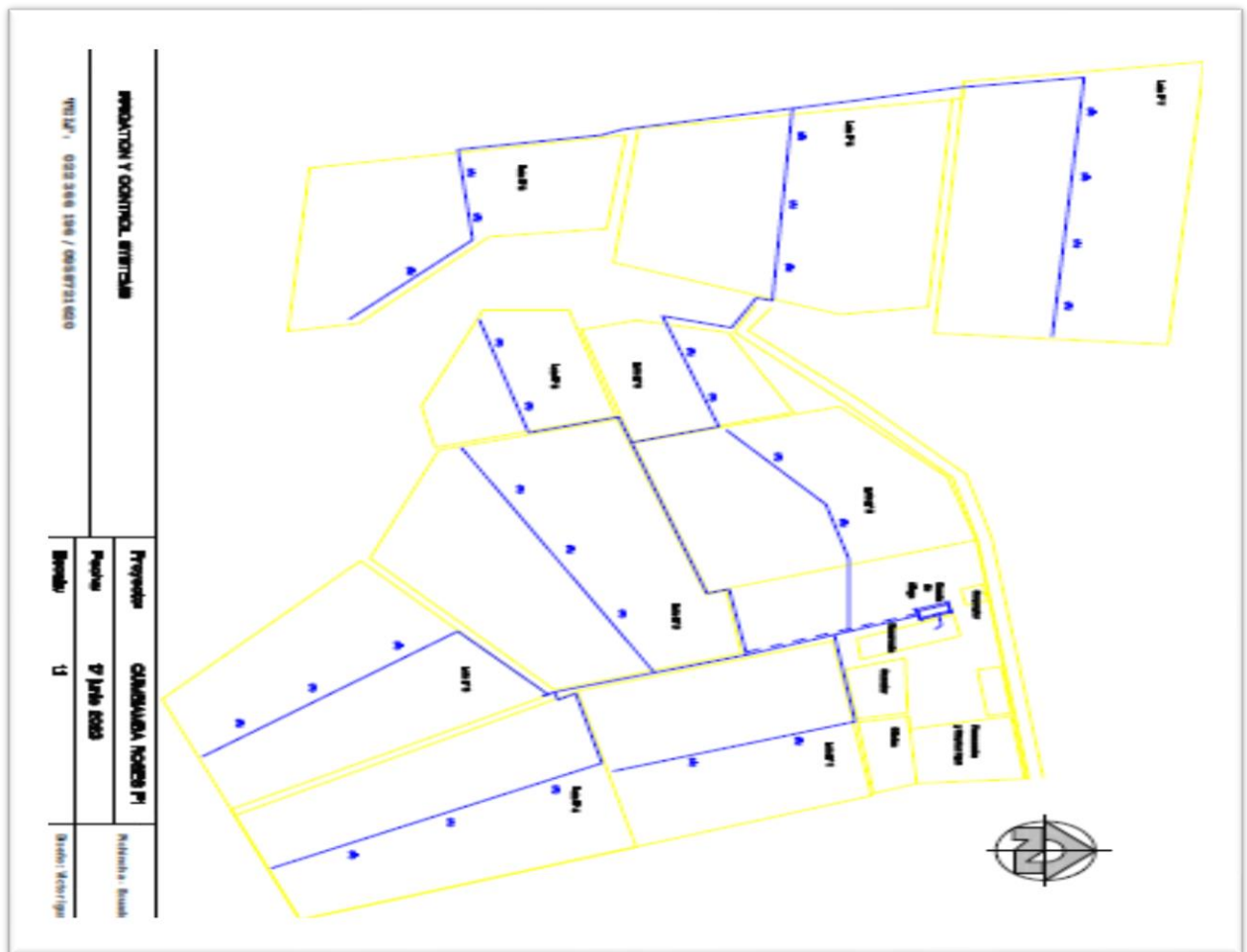
Analizando las variables de presión y caudal, la conductividad, y el pH, podemos mencionar que estas están relacionadas y que influyen de forma directa al cambio de los valores estándares de EC y pH del agua para el riego con fertilizantes. Quedando evidenciado la necesidad de automatizar la dosificación de fertilizantes propuesta de la presente investigación, también se deberá considerar en un sistema de riego presurizado por goteo, el tiempo de llenado de las mangueras de goteo, y el tiempo de llegada a la válvula en segundos.

Cultivo de rosas y el área del terreno.

El área de terreno es de  $50000\text{ m}^2$ , distribuidos en nueve lotes de producción, cada una con un promedio de 3 válvulas de goteo por lote, este tipo de cultivo para iniciar su producción tiene un período de un año, y un ciclo de producción de la misma planta de 20 a 25 años. Con una producción óptima por planta de (1 a 1.2 tallo planta-mes), bajo este rango de producción se considera perdidas.

**Figura 21.**

*Plano en AUTOCAD de las cinco Hectáreas de cultivo, finca florícola.*



*Nota:* Esta figura muestra el plano de la florícola en estudio la distribución de los lotes de producción.

El plano general de la finca establece la ubicación de los diferentes bloques, la caseta de riego, reservorio y el grupo de válvulas dentro de las cinco hectáreas que son parte de la producción, en este proyecto, se pretende pasar de un riego secuencial de regar unas tras otra, a un riego paralelo operando en forma paralela dos válvulas sectorizando un grupo de válvulas.

#### Bomba principal de goteo

El análisis de la capacidad de la bomba principal de goteo y su eficiencia en la curva de operación en porcentajes, de la bomba Centrifuga thebe modelo THB-18, de 10 hp, motor WEG, bifásica 20VAC, succión de 3" x 2 1/2", carcasa de hierro fundido GG-20, motor eléctrico 2 polos, 60hz, 3500 rpm, IP-55. Es de uso agrícola e industrial, con una elevación máxima de 36 metros, 38 m<sup>3</sup>/h y una altura mínima o recomendada de 16 metros 90 m<sup>3</sup>/h.

#### Punto de operación N°1: (2.5 bares)

El nuevo punto de operación, en la caseta de riego será de 2.5 bar, (presión desde la bomba principal hasta el tanque de homogeneización), donde la bomba principal toma el agua del reservorio, pasa por un sistema de filtración, válvulas y más adelante se incorpora la unidad de fertilización, inyectando a la red solución nutritiva antes de llegar a un tanque de homogeneización.

Conversión de bares a psi, mca a psi.

$$1\text{bar} = 14.5038\text{psi}$$

Conversión de mca a psi

$$1\text{mca} = 1.422\text{psi}$$

#### Bomba principal de goteo

### **Figura 22.**

*Bomba principal de goteo. Especificaciones técnicas*





*Nota:* En esta figura encontramos la placa del motor con especificaciones técnicas ligadas a la bomba principal de goteo.

La bomba principal de goteo a seleccionar requiere de la revisión de la ficha técnica, esto para conocer la presión y el caudal, así como el voltaje y el amperaje nominal. Para seleccionar la bomba principal y la bomba de fertilización se deben considerar las curvas de cada bomba y el punto de operación, es decir el caudal y la presión de cada bomba y la presión de operación. (punto de operación N°1) El exceso de presión debe retornar al reservorio, en el caso de la bomba principal y el exceso de presión y caudal de la bomba de fertilización debe recircular en la misma, además cuando se llene el tanque de homogeneización deberá apagarse de forma automática.

Es necesario tener presente que este sistema de riego es de aplicación agroindustrial. En este sentido, el mencionado sistema se estructura básicamente de un reservorio, una caseta de riego y válvulas distribuidas en el campo. La caseta de riego dispone de un sistema de riego de duchas y el sistema de riego por goteo. De manera complementaria, se requiere de una dosificación de fertilizantes para el riego por goteo, en el cual se basa el presente trabajo.

Unidad de filtración

**Figura 23.**

*Filtros de Grava.*



*Nota:* En esta figura encontramos la placa del filtro de grava con especificaciones técnicas ligadas a la capacidad de filtración en m<sup>3</sup>/hora.

El filtro de arena de garcita EGV, ref. IFEGV20y600 de 2" x 24" capacidad de filtración (14-28m<sup>3</sup>/h), mono cámara es particularmente apto para el filtrado de agua con gran cantidad de sustancias orgánicas: algas, lodo y partículas limosas de matriz orgánica. Se aconseja el empleo para aguas procedentes de ríos, lagos o represas. Las boquillas difusoras alojan en el interior sobre una placa horizontal impiden que la cuarcita se compacte y al mismo tiempo disminuye las pérdidas de carga de todo el sistema.

Se puede instalar individualmente o en cabezal de dos o más filtros. En ambos casos el retro lavado puede ser manual o automático. Presión de máxima de trabajo: 8 bar.

Para esta propuesta la finca dispone de tres unidades de filtros dando una capacidad de filtración máxima de 84m<sup>3</sup>/h. más los accesorios PVC y válvulas.

Los datos de la curva de la bomba principal de goteo y de la bomba de fertilización, analizados en dos puntos, punto de operación N°1(2.5 bares) y punto de operación N°2. (4 bares), esto permite seleccionar el volumen de agua en m<sup>3</sup>/h, para el diseño del nuevo sistema de fertilización.

**Tabla 8.**

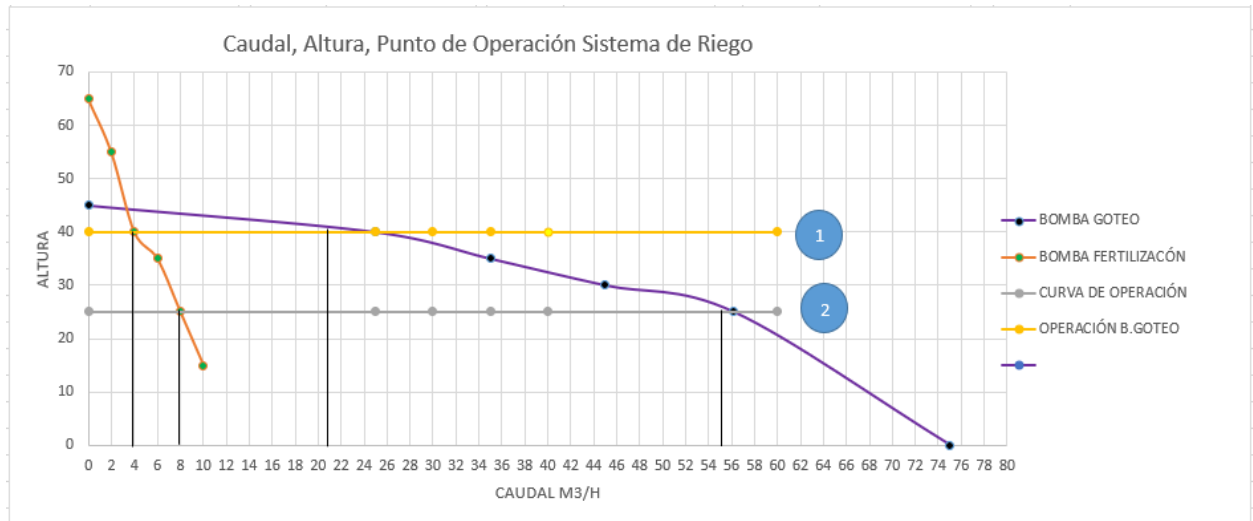
*Punto de operación, bomba principal y bomba de fertilizantes.*

<b>BOMBA GOTEO</b>		<b>BOMBA FERTILIZACIÓN</b>		<b>PUNTO DE OPERACIÓN 2</b>		<b>PUNTO DE OPERACIÓN 1</b>	
Q(m <sup>3</sup> /h)	H(m) - Curva B.P.	Q(m <sup>3</sup> /h)	H(m) - Curva B.F.	Q(m <sup>3</sup> /h)	H(m) - Curva OP.	Q(m <sup>3</sup> /h)	H(m) - Curva OP.
0	45	0	65	60	25	60	40
25	40	2	55	40	25	40	40
35	35	4	40	35	25	35	40
45	30	6	35	30	25	30	40
56,2	25	8	25	25	25	25	40
75	0	10	15	0	25	0	40

*Nota:* Esta tabla muestra el caudal y la altura que impulsa las dos bombas que se usan en el sistema de goteo.

**Figura 24.**

*Punto de operación del sistema de riego por goteo.*



*Nota:* Esta figura muestra dos puntos de operación con la misma bomba, del sistema de riego. Adicionalmente, se especifica los puntos de intersección de cada una de las curvas.

Esta operación significa que es posible usar la bomba existente con mayor eficiencia, con una curva de menos altura se puede duplicando su caudal nominal en  $m^3/h$ . para determinar la eficiencia en un porcentaje del 1% al 100% con la que esté trabajando en este instante la bomba se procedió a realizar la regla de tres.

$$X = \frac{38 * 100}{90} = 42.22\%$$

Altura máxima en metros

36 metros de altura = 38 m³/h

Altura mínima en metros

16 metros de altura = 90 m³/h

La bomba principal se encuentra funcionando con una eficiencia del 42.22% por lo que no tendrá ningún problema al implementar el nuevo sistema automático de fertilización y trabajar en el punto de operación N°2. Para conocer su eficiencia en el nuevo punto de operación propuesto, realizamos la misma operación de la regla de tres.

$$X = \frac{55 * 100}{90} = 61.11\%$$

Altura máxima en metros

36 metros de altura = 38 m<sup>3</sup>/h

Altura mínima en metros

16 metros de altura = 90 m<sup>3</sup>/h

La bomba principal se puede mejorar su eficiencia en cuanto a su caudal al 61.11% por lo que no tendrá ningún problema al implementar el nuevo sistema automático de fertilización y trabajar en el punto operación N°2 (2.5 bares).

Sistema de control en lazo cerrado, PID

Un controlador PID (controlador proporcional, integral y derivativo) es un mecanismo de control que a través de un lazo de retroalimentación permite regular la conductividad, pH, flujo, entre otras variables de un proceso en general. El controlador PID calcula la diferencia entre nuestra variable real contra la variable deseada

El algoritmo del control PID consta de tres parámetros distintos:

el proporcional, el integral, y el derivativo.

El valor proporcional depende del error actual,

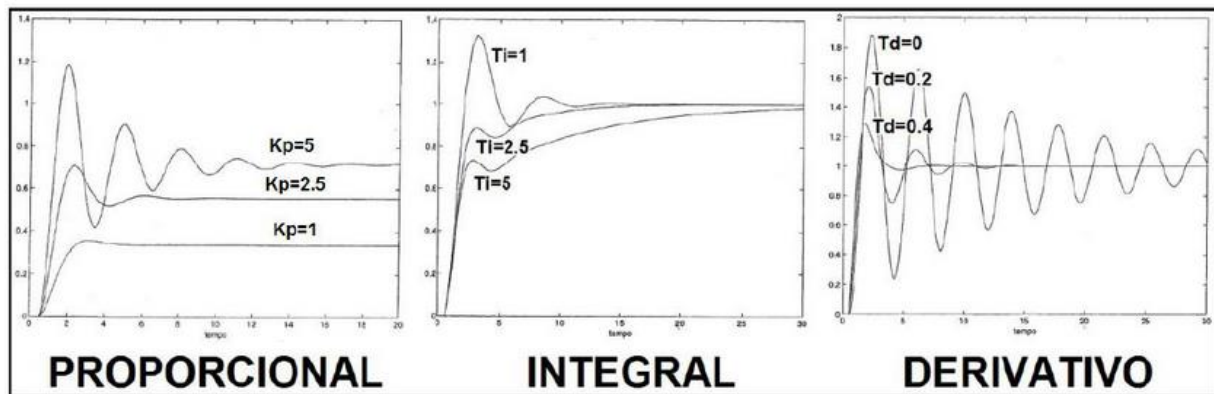
el integral depende de los errores pasados y el derivativo es una predicción de los errores futuros.

La suma de estas tres acciones es usada para ajustar el proceso por medio de un elemento de control, como la posición de una válvula de control.

Históricamente, se ha considerado que cuando no se tiene conocimiento del proceso, el controlador PID es el controlador más adecuado. Ajustando estas tres variables en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer una acción de control adaptada a los requerimientos del proceso en específico. La respuesta del controlador puede describirse en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador sobrepasa el punto de ajuste, y el grado de oscilación del sistema. Nótese que el uso del PID para control no garantiza un control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo.

**Figura 25.**

*Control PID.*



*Nota:* Esta figura muestra el control PID, con diferentes tiempos en segundos.

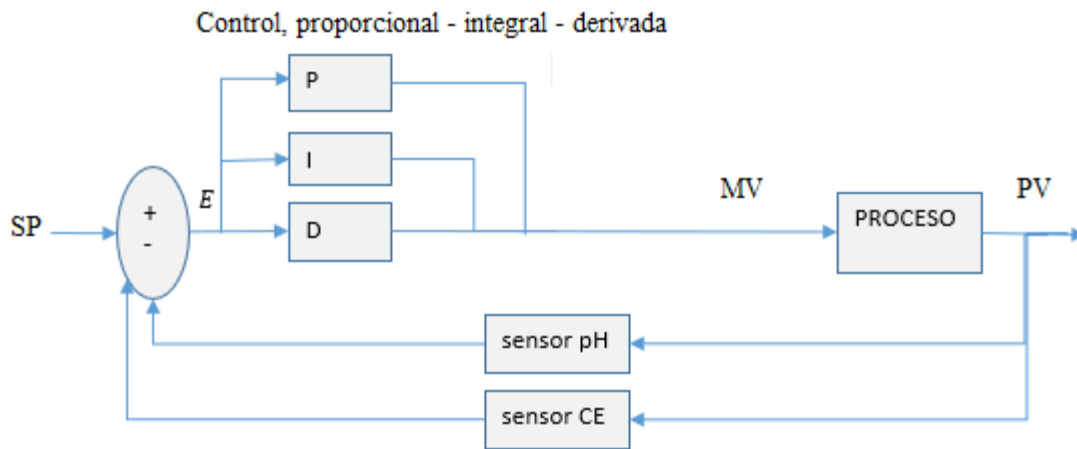
Diagrama de bloques, en un sistema lazo cerrado

Un sistema de control es una interconexión de componentes que proporcionan una respuesta deseada. La base para el análisis de un sistema es fundamento proporcionado por la teoría de los sistemas lineales, que suponen una relación causa – efecto en sus componentes. Por tanto, un componente o proceso que vaya a ser controlado puede ser representado por un bloque tal y como se muestra en la figura 26.

Un sistema de lazo cerrado utiliza una medida de la salida real, para compararla con la salida deseada. La lectura de la salida se denomina señal de retroalimentación en lazo cerrado.

**Figura 26.**

*Diagrama de bloques.*



*Nota:* Esta figura muestra un sistema en línea con retroalimentación.

Tiempo de llenado mangueras de goteo.

En el sistema de riego por goteo, se tiene otras variables a considerar como, el llenado de la manguera de goteo depende del tipo de gotero, podrá ser normal, anti drenante, auto compensado, también dependerá del terreno y su desnivel, diseño hidráulico y de la instalación, para el diseño se consideró el tiempo máximo es de (90 segundos = 100%) según se muestra en la Tabla 8, en este tiempo se producen la descompensación por el aumento de caudal en el llegando, consumiendo hasta un 50% más del caudal nominal, identificar este tiempo se propone el control PID y el tanque homogeneizador.

**Tabla 9.**

*Tiempo de llenado de mangueras de goteo.*

Tiempo de llenado		
<b>Lote</b>	<b>Q m3/h- valvula</b>	<b>Tiempo de llenado (s)</b>
1	12	42
2	24,2	90
3	23,2	90
4	24,2	90
5	21	78
6	10	36
7	23,8	90
8	19,6	72
9	12	42

*Nota:* Esta tabla muestra el tiempo máximo de llenado de las mangueras de goteo en segundo.

Para determinar la eficiencia del ajuste en un porcentaje del 1% al 100% con la que se debe intentar corregir el error en segundos, se procedió a realizar la regla de tres.

Regla de tres para conocer el tiempo de ajuste.

90 segundos = 100% en error el sistema.

$$x = \frac{(90s * 3\%)}{100\%}$$



$$x = \frac{(270s/\%)}{100\%}$$

$$x = 2,7 \text{ segundos}$$

Tiempo de llegada a la válvula

En este sistema por goteo se considera la distancia existente entre la caseta de riego y cada una de las válvulas distribuidas en los lotes, se consideró la velocidad del caudal en la tubería en m/s, y la distancia en m, para calcular el tiempo de llegada, para el presente diseño solo se considera como una forma de distribución regando primero las mas cercanas a la caseta de riego, para ir llenando la tubería.

El Set Point.

El Set Point es el valor al cual deseamos que nuestro controlador active su señal principal de control, cuando el sensor presente dicho valor fijado. En el caso de la conductividad si queremos un (set point de 1.8 mS/m) de la conductividad, una vez detecta el error el controlador actúa a la válvula dosificadora NC, los tiempos para el ajuste del PID están en segundos en el controlador, por lo tanto, se tiene que ajustar dichos parámetros en el controlador dependerá de la formulación del fertilizante y su concentración.

Control PID.

$K_p$ = acción proporcional, (actúa en función del error en el instante actual)

$T_i$ = acción integral, (actúa en función del error pasado)

$T_d$ = acción derivada, (actúa en función del error futuro en base a la tendencia)

Error en el tiempo

$$e(t) = V_{deseado} - V_{medido}$$

Derivada del error del tiempo

$$e(t) = V_{deseado} - V_{medido}$$

### Error integral

$$e_i \text{ actual} = e_i \text{ pasado} - V \text{ medido} + \Delta t * e(t)$$

### Control PID

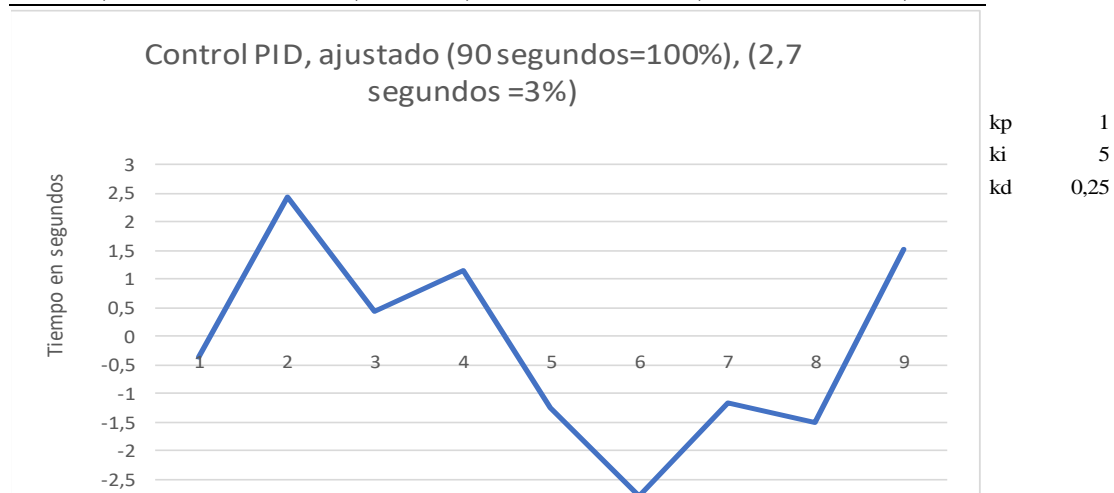
$$PID = K_p * e(t) + K_i \int e(t) dt + k_d * e'(t)$$

**Tabla 10.**

*Control PID, propuesto*

Control PID, en segundos

PID	N	Tiempo	lida desea	Salida medida	$e(t)$	$e'(t)$	$\int e(t) dt$
-0,35	1	0,7	1,8	2	-0,2	-0,2	-0,02
2,45	2	1	1,8	1,3	0,5	7	0,04
0,43	3	1,3	1,8	1,4	0,4	-1	0,056
1,14	4	1,6	1,8	1,3	0,5	1	0,078
-1,25	5	1,9	1,8	1,8	0	-5	0
-2,8	6	2,2	1,8	2,5	-0,7	-7	-0,07
-1,17	7	2,5	1,8	2,6	-0,8	-1	-0,024
-1,492	8	2,8	1,8	2,7	-0,9	-1	-0,0684
1,5184	9	3,1	1,8	2	-0,2	7	-0,00632



*Nota:* Esta tabla dinámica muestra la posibilidad del control del sistema.

## **Diseño del sistema**

### 1-Descripción de materiales para el sistema

En esta etapa del diseño se realiza la selección de sensores, actuadores, transmisores, contactor, fuente, transformador, cables, material para estructura, accesorios PVC, unidad de control, caracterización de materiales, su marca, frecuencia, voltaje, todas las condiciones técnicas que tienen los equipos utilizados.

### 2-Diseño de planos de la unidad de fertilización

En este punto se genera la información técnica, de planos estructura, planos eléctricos, planos electrónicos, plano general de ubicación de equipos, programación y conexión de elementos electrónicos, que son necesario para la funcionalidad del proyecto y hacer más fácil su manipulación, el cambios de elementos (sensores) una vez cumplido la vida útil, este paso es importante como gestión técnica que se debe implementar, donde se demuestra el criterio técnico de los elementos de programación.

Identificación de los equipos, sensores, actuadores.

En este punto se realiza la adquisición de los equipos principales y se verifica la funcionalidad planteada en el sistema de fertilización.

Instalación de sensores al equipo de control

En esta etapa se manipula los elementos electrónicos, las conexiones, cableado de la fuente y sus protecciones, conexión al plc y sus transmisores, las señales de entrada (sensores), las señales de salida (actuadores). Para comprobar la funcionalidad del sistema.

Sensor de caudal y monitor transmisor FLOWTECH

Es un caudalímetro analógico que mide el volumen de agua, Modelo: KF510JA-100, Range: 15-150m<sup>3</sup>/h, Accuracy: ±1%FS, Press: ≤ 1.00MPa, Temperature: ≤ 80°C, NINGBO KIO FLOW INSTRUMENTS CO., LTD, y su transmisor envía la señal normalizada de 4-20 mA. al plc.

Tensión de alimentación transmisor: 24Vdc

Sensor de EC y pH y monitor transmisor 3050

Tensión de alimentación transmisor de 24 Vac 50/60 Hz ±25% 5 W, temperatura máxima de trabajo: 50°C, temperatura mínima de trabajo: 5°C, salida al plc 4-20 mA.

Sensor de pH: rango de 0 a 13, presión máxima: 2 bar, conector BNC, Temperatura: -5 a 70°C.

Sensor de EC: rango de 0 a 20 mS/m, presión máxima 2 bar.

Identificación de dispositivo a controlar

EX3G PLC/HMI Todo-en-uno Ventaja principal:

Potente, compatible con FX3G/FX3U/FX3S PLC, alta velocidad de procesamiento.

Software de programación de computadora superior compatible con Works 2/GX Developer8.86

Se adoptó una CPU de 32 bits de nivel militar, que es más rápida y está más adaptada al entorno industrial de alta interferencia electromagnética.

Cifrado especial, evita la lectura ilegal a fondo. Cifrado de 8 bits, 12345678 como contraseña puede que prevenga completamente la lectura del programa de lógica de escalera.

Reloj apoyado, batería recargable adoptada.

Predeterminado Con un puerto de descarga HMI, dos puertos de programación de PLC: un puerto USB MiniB con velocidad de Descarga; Un puerto de programación Rs232 con 8 ranuras para ratón.

Admite protocolo de puerto de programación Mitsubishi/protocolo Modbus/protocolo Rs/protocolo de placa BD, la comunicación del PLC entre sí y con otros dispositivos se logra fácilmente.

EX3G-70KH/100HA, PLC es opcional para agregar 1 rs485 o 2rs485 (uno de rs485 se cambia de forma predeterminada rs232/CAN/ethernet (que no puede existir en el puerto hmi ethernet) / WIFI (que ocupará el puerto rs232 predeterminado); HMI es opcional para agregar 1RS232 o RS485/ethernet (que no puede existir para el puerto ethernet del plc); 43HB(HA)/43(50) KH(A) El PLC es opcional para agregar 2 RS485; HMI es opcional para agregar 1 RS232, utilizado para externo hmi e inversores.

Contador de alta velocidad. Regularmente monofásico 6 canales 60KHz/ AB(Z) Fase 2 canales 60KHz + 1 canal 10 khz. EX3G-43HB regularmente monofásico 8 10KHz; pulso de alta velocidad, regular como 8 canales Y0-Y3 en 100 KHz, Y4-Y7 en 10 KHz.

Nota: el contador de alta velocidad + el pulso de alta velocidad debe ser inferior a 480 KHz.

Admite múltiples tipos de analógicos individualmente o mixtos para salida y entrada analógica.

EX3G-70KH/100HA es hasta 16AD/8DA, EX3G-43HB(HA)/43(50) KH es hasta 4AD/2DA.  
Precisión de

AD/DA es de 12 bits. Temperatura/corriente/voltaje para entrada. corriente/voltaje para la salida.

EX3G-70KH/100HA es de hasta 30DI/30DO (MR: 28 como máximo), DO es opcional para elegir

MR (max:5A) /MT (max:500mA) o MRT mixto; EX3G-43HB(HA)/43(50) KH es hasta 12DI/12DO, DO es opcional para elegir MR (máx.: 5A) /MT (máx.: 2A). Conveniente para el cableado, adoptando terminales enchufables de 3,81 mm. Fácil instalación. Instalación en riel DIN (35 mm de ancho) e instalación en orificio fijo. Capacidad de programa de 32 000 pasos, 32 000 registros de retención cuando se apaga, interrupción de soporte, lineal y circular interpolación, PID y autoajuste, alta potencia. Flexible, se puede personalizar.

### 3-Programación del dispositivo en sistema Ladder

En la tercera etapa se realiza la programación del sistema de control en el sistema Ladder (que significa en escalera), proviene de su semejanza con el diagrama del mismo nombre que se utiliza para la documentación de circuitos electrónicos de máquinas. Cabe mencionar que en estos diagramas de línea vertical a la izquierda representa un conductor con tensión, y la línea vertical a la derecha representa tierra.

### 4-Pruebas de iniciales funcionamiento

Es esta etapa cuatro, para las pruebas inicial de funcionamiento se procederá a la compra de los elementos principales que van conectados al plc, para comprobar los resultados de la programación en nuestro prototipo para saber si nuestro equipo y los elementos electrónicos se encuentren bien instalados, a su vez observar si los datos ingresados son correctos.

## CAPÍTULO III

### PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

#### Desarrollo de la propuesta

Actualmente varios países importan sistemas de riego por goteo con los emisores ya insertados, para ser introducidos en empresas agropecuarias bajo determinados criterios de selección. Partiendo de datos correspondientes a ensayos de campo reales y otros parámetros convenientemente, el trabajo aporta elementos que conllevan a establecer un procedimiento racional para el diseño agronómico de sistemas de riego por goteo, que considere el volumen de raíces humedecido, la profundidad del bulbo de humedecimiento con relación a la zona radicular del cultivo y la tensión de humedad en la zona húmeda que generan los emisores. Se resaltan dos maneras para abordar el diseño y se demuestra la conveniencia de combinar los procedimientos que utilizan los resultados de las pruebas de campo, el momento óptimo para el riego y los softwares que simulan la distribución de humedad debajo del emisor, para establecer un procedimiento que propicie mayor rigor en el diseño. EL diseño agronómico representa la primera etapa del proceso de diseño de una instalación de riego.

La presente propuesta es parte complementaria de un sistema de riego, conocido como unidad de fertilización y el control de electro conductividad (EC) y pH, en soluciones nutritivas para el sector florícola busca establecer las variables que intervienen en un sistema riego por goteo bajo invernadero, este particular se orienta a la dosificación de los fertilizantes, abonos orgánicos y otras soluciones nutritivas. La implementación de este equipo, se presenta mediante una selección de rangos de presión y caudal para la identificación correcta de las bombas principales de goteo y bomba de fertilización, capacidad de filtrado, el control automatizado, accesorios PVC, tanque de homogeneización, válvulas, bombas inoxidable, por otro lado, dependerá del tipo de suelo, topografía del terreno, el clima, análisis de suelo, agua y principalmente de la demanda hídrica total diaria. Adicionalmente, se debe considerar las épocas de verano donde los equipos trabajan al 100 %, de su capacidad.

Un punto a tomar en cuenta es la corrección de las variables en función de obtener mezclas finales con el 97% de efectividad, este particular, requiere el desarrollo de la dosificación mediante el funcionamiento de un elemento electrónico como es el PLC+HMI marca Coolmay EX3G, un caudalímetro analógico, tres electroválvulas ½" N/C, un sensor de conductividad, un sensor de pH, un transmisor de ec y ph, un transmisor de caudal, y accesorios PVC que son parte de la unidad de fertilización. El mismo que, facilita controlar el caudal y las variables de electro conductividad (EC) y pH requeridas en la inyección de fertilizantes a la red de goteo en forma proporcional y mediante un control PID en pulsos; esto se requiere para activar las electroválvulas, más un tanque de homogeneización de 5000 litros donde se pretende estabilizar las soluciones, controlando la presión y caudal desde la bomba que succiona de reservorio hasta el tanque de homogenización, en este trayecto no se tendrá los cambios de válvulas o los conocidos llenados de tuberías secundarias y mangueras de goteo. Por lo tanto, se logra tener un flujo constante de agua y soluciones disueltas.

### ***Metodología***

Para el diseño de este dispositivo se deberá seguir la metodología de desarrollo de hardware y software. Luego se identificó un método llamado Top-Down, el cual nos permite monitoreo y optimización, análisis de los requerimientos, desarrollo diseño lógico, desarrollo diseño físico, pruebas de diseño y documentación, impresión y puesta en marcha, esto permite reducir recursos y tiempo, evitando otros enfoques. La estructura a seguir incluye:

Planificación: revisión de los requerimientos del cliente

Diseño: definir la elaboración del equipo

Desarrollo: Construcción de la propuesta de mejora

Verificación del prototipo: ensayo inicial

**PLANIFICACIÓN:** en reuniones con el personal administrativo de la empresa, técnico responsable del actual sistema de riego y el agrónomo encargado de la nutrición vegetal mencionan (que la nutrición adecuada parte del diagnóstico del estado del cultivo, suelo y agua.



La mayoría de empresas que explotan las rosas practican los análisis de Nitratos, Nitritos, Potencial de Hidrogeno y la conductividad eléctrica), adicional es necesario el control del volumen de agua usados a diario, por lo tanto, el control de las última tres variables son parte del presente diseño, una buena nutrición significa menos problemas fitosanitarios y mejor rendimiento en la producción.

**Tabla 11.**

*Condiciones apropiadas para el cultivo de rosas.*

Altitud	2300 a 4200 m.s.n.m.
Temperatura °C	Ideal: Día entre 15 y 25°C y noche entre 8 y 13°C
Humedad relativa %	40% a 75%
Humedad de suelo R%	50% a 70%
EC	1,5 a 2 mS/cm, (1,8)
pH	5 a 6.5 mV, (5,5)

*Nota:* Esta tabla muestra la condición ideal de conductividad y pH para el cultivo de rosas solicitados por el Agrónomo.

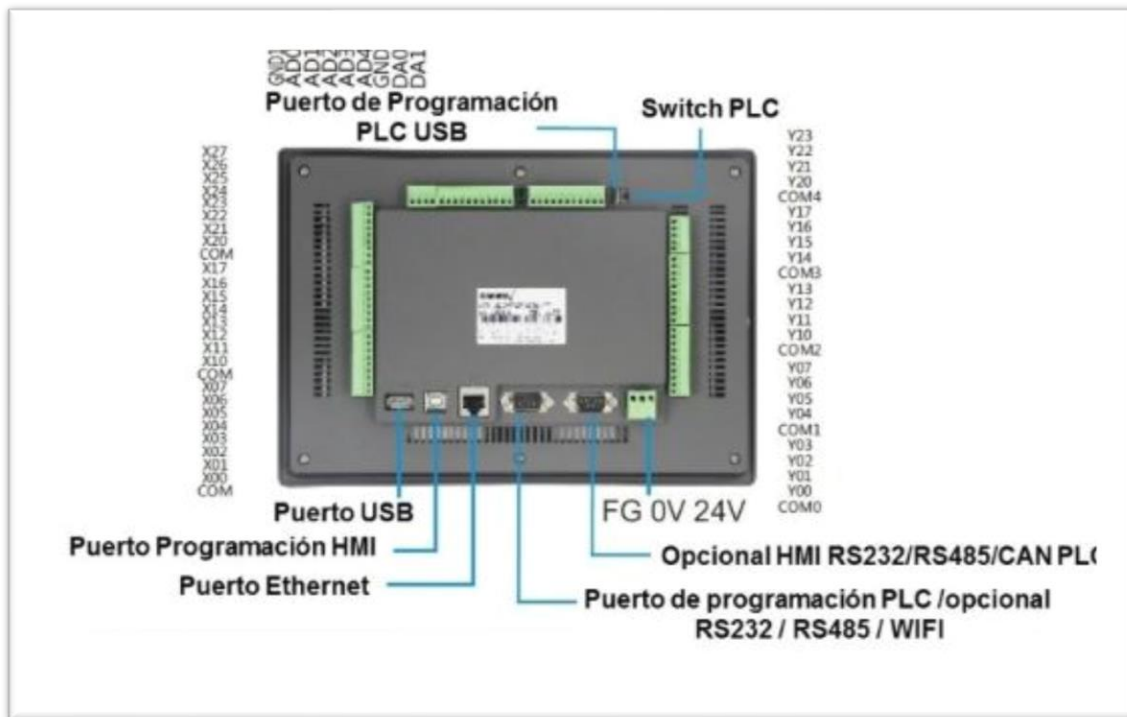
En base a la búsqueda bibliográfica, y la sugerencia agronómica por parte de la finca, se eligió mediar, el caudal, la presión, conductividad, y pH del agua de riego más fertilizante. Las características técnicas se encuentran en la tabla 27, las medidas principales a controlar son: conductividad es 1.8mS/m y el pH es 5.5mV, de las soluciones nutritivas diarias en las aplicaciones por goteo.

#### Hardware

PLC+HMI integrado con pantalla táctil. Se puede configurar con hasta 30 entradas digitales NPN y 30 salidas digitales, que pueden ser a relé o transistor, entradas para contadores rápidos, salida de pulsos rápidos, entradas y salidas analógicas, salidas PWM y diferentes puertos de comunicación. Todo integrado en un equipo compacto y económico que permite ahorrar en componentes, módulos auxiliares y tiempos de montaje y cableado, en un solo equipo robusto y fiable.

**Figura 27.**

*Plh + hmi, entradas y salidas.*



*Nota:* Esta figura muestra un sistema en línea con retroalimentación.

La dosificación requiere de un micro controlador PLC+HMI y un sistema de control lazo cerrado, donde la salida o la señal controlada debe ser realimentada a través de sensores con errores de medición de  $\pm 0.006$ ; la diferencia entre la señal de entrada y la señal de salida se denomina error del sistema y para la reducción de esta diferencia se implementará elementos electrónicos que posean menor rango de variación, como, por ejemplo: el caudalímetro digital por un caudalímetro analógico.

Trasmisor de caudal en m<sup>3</sup>/h

Este trasmisor de la marca FLOWTECH, tiene una fuente de alimentación de 24 Vdc, y permite un flujo máximo de hasta 150 m<sup>3</sup>/h.

**Figura 28.**

Trasmisor de caudal.



*Nota:* Esta figura muestra un trasmisor de caudal, de 4-20mA para ser conectado al plc.

Este elemento es clave en el sistema de automatización y control que transforma una magnitud o variable física a una señal eléctrica, analógica o digital que vienen a ser las entradas del PLC.

Sensor de caudal

El sensor de caudal permite un flujo máximo de 150m<sup>3</sup>/h y está conectado al trasmisor de presión Flowtech.

**Figura 29.**

*Caudalímetro modelo KF510-100.*



*Nota:* Esta figura muestra un caudalímetro analógico, bridado de 4.

Este caudalímetro permite un flujo máximo de 150m<sup>3</sup>/h, que puede ser bridado y tuene un sentido de flujo.

Trasmisor en línea de EC y pH

Este trasmisor está conectado a una fuente de 24 vdc, donde estarán conectador los sensores de EC y pH, para luego ser conectado este elemento al controlador, en las entradas analógicas. Como se muestra en el diagrama eléctrico del plc.

**Figura 30.**

*Trasmisor en línea de, EC y pH 3050.*



*Nota:* Esta figura indica los transmisores de, EC y pH con señales normalizados de 4 mA – 20 mA.

Los elementos seleccionados cumplen con las características adecuadas que se pueden encontrar en el mercado, en este mercado, se conoce que los mejores sensores son de procedencia Israelita, holandés.

Sensor de EC

Este sensor estará conectado al transmisor de EC y pH 3050, para su funcionamiento.

**Figura 31.**

*Sensor de EC.*



*Nota:* Esta figura muestra un sistema en línea con retroalimentación.

**Sensor de pH**

Este sensor estará conectado al transmisor de EC y pH 3050, con su conector es BNC, el mismo que debe ser calibrado cada tres meses con soluciones de calibración certificadas.

**Figura 32.**

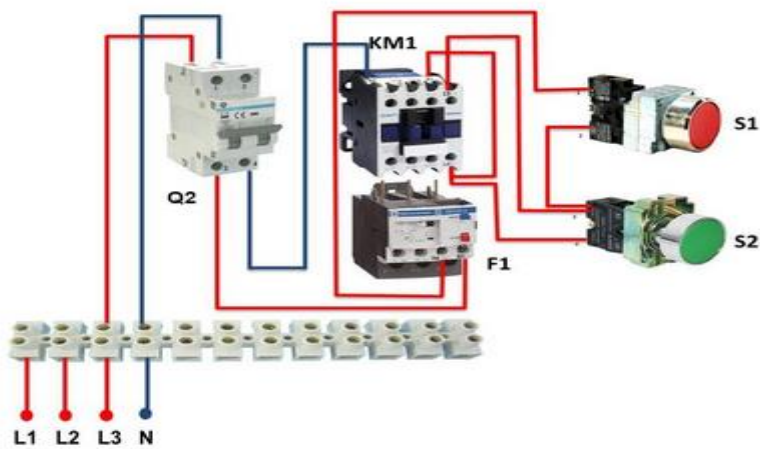
*Sensor de pH.*



*Nota:* Esta figura muestra un sensor de pH y su conexión tipo BNC.

**Figura 33.**

*Arranque directo para motor de 3 hp.*



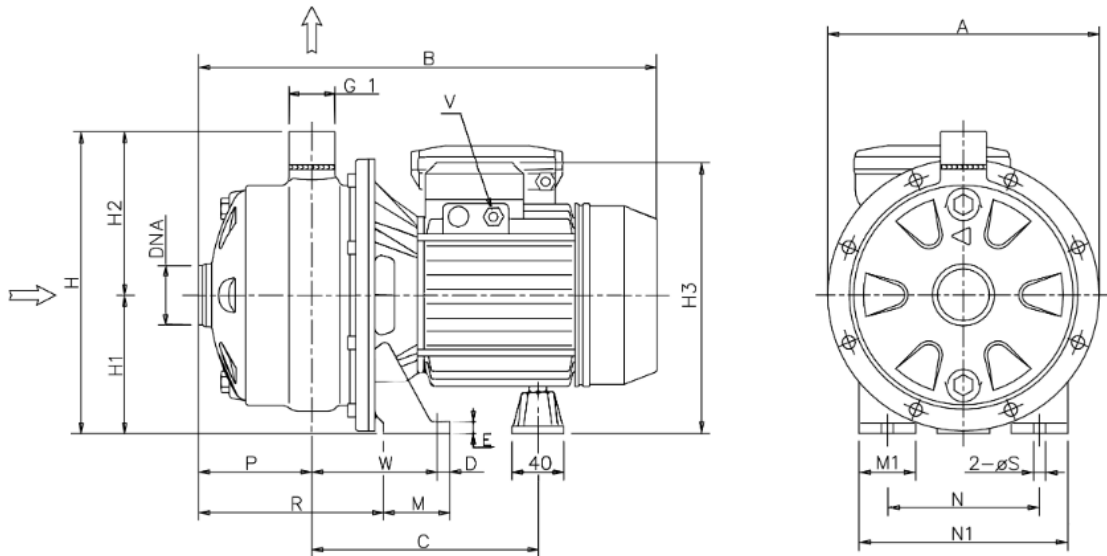
*Nota:* Esta figura muestra un sistema de arranque directo para el motor de fertilización.

En esta figura se muestra los elementos principales que forman parte del tablero eléctrico para la bomba monofásica de 3hp, 220 vac, que se tiene considerar el consumo de corriente nominal del mismo para la selección de los cables de fuerza y control.

Bomba inoxidable para la unidad de fertilización

**Figura 34.**

*Bomba inoxidable de 3 HP, 220 VAC.*



*Nota:* Esta figura determina la estructura de la bomba en acero inoxidable 304.

Las bombas inoxidable con dispositivos apropiados para bombear agua son útiles con líquidos químicamente no agresivos con los materiales que son parte de la estructura de la bomba. En función de sus características de construcción son de utilidad en el sector doméstico, agrícola e industrial. En el caso presente, el dimensionamiento de la bomba es función de la composición del líquido a desplazar desde los tres tanques de fertilización de solución “A, B, C” con un volumen de 1000 litros.

#### Elementos hidráulicos y accesorios PVC

La red de goteo requiere de una presión de 2,5 bares, con un caudal de 8 m<sup>3</sup>/h de agua que toma de la red filtrada de goteo y lo mezcla con la solución nutritiva, luego se inyecta a la misma red en otro punto del sistema con un volumen agua más fertilizante, de los 666,66 litros de solución disuelta. El detalle de los accesorios que son parte de la presente propuesta se describe en la **Tabla 7** y son función de una identificación, de tamaño, marcas, calidad, entre otros.



El contenido de la **Tabla 7**, indica el listado de los accesorios que se identifican como necesarios dentro del sistema propuesto y que han sido seleccionadas en las tablas de referencia.

**Tabla 12.**

*Lista de accesorios*

<p>VENTURY PVC 25 MM</p>	<p>Es un dispositivo hidráulico que dispone de 2 embudos que son unidos por su parte angosta. Se conoce que el agua que atraviesa la garganta incrementa su velocidad a la vez que se produce una caída de presión</p>	
<p>VALVULA PLASSON 3/4"</p>	<p>Es una válvula de acople rápido cuyo material comun es el prolipoleno</p>	
<p>VALVULA PVC 32 MM MEDIA UNIVERSAL</p>	<p>Es una llave que facilita la condición de su ensamblaje y se caracteriza por permitir el paso del caudal del líquido y reducir la perdida de carga</p>	
<p>FLUJOMETRO DE 0 a 300 L/H</p>	<p>Es un dispositivo que mide el caudal de un fluido dentro de una tubería que transporta un fluido.</p>	
<p>CODO PVC 25 MM, 20 MM X 90 GR</p>	<p>Es un elemento que permite cambiar la dirección del movimiento de un fluido a lo largo de su tubería</p>	
<p>ABRAZADERA DE TUBO 25,20 MM</p>	<p>ES un elemento que permite asegurar la hermeticidad de un tubo</p>	
<p>UNIVERSAL PVC 25 MM</p>	<p>Es el medio util para la union de dos segemnetos de tubería</p>	

MANOMETRO DE GLICERINA 150 PSI	Son dispositivos utilizados en aplicaciones que disponer de choques mecánicos y vibraciones. En este caso, el líquido de relleno amortigua las vibraciones y reduce la carga sobre los componentes mecánicos que son parte del manómetro.	
TEE DE PVC REDUCTORA 32 MM X 25 MM	Es un elemento que direcciona el movimiento del fluido	
VALVULA CHEK 20 MM, 32 MM	Es un dispositivo util en prevenir el flujo en reversa,es te tipo de válvula check son sensibles al flujo y dependen de la corriente o presión de los fluidos.	
ELECTRO VALVULA DOSIFICADORA 1/2" 24 VAC	Son dispositivos que reaccionan a pulsos electricos. La circulación de corriente por el solenoide genera un campo magnético que atrae el núcleo móvil y al finalizar el efecto del campo magnético, el núcleo vuelve a su posición por acción de un resorte.	
ELECTRODO DE PH 0-14 ph	Es un dispositivo que mide el nivel de pH de un líquido por acción de una placa controladora que ofrece un valor analógico proporcional a la medida.	
ELECTRODO DE CONDUCTIVIDAD 0-20 ms	Es un medidor de conductividad de carácter portátil que permite el control de la conductividad en el agua	
CAUDALIMETRO ANALOGICO + MONITOR 0-150 M3/H/24 vdc	Es un instrumento de medida para el caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico. Normalmente, se coloca en línea con la tubería que transporta el fluido.	
MONITOR EC Y PH ANALOGICO 4-20 mA/24 vac	Es el medio visual que permite la lectura de interes de variables como el EC y la PH	

Nota: Esta tabla muestra los accesorios principales del sistema hidráulico.

El diseño de los elementos principales en la estructura de acero inoxidable requiere de una bomba acero inoxidable 304 de potencia de 3 hp, ventury, flujómetros, válvulas, accesorios PVC que deben ser PN10 (11,1 BAR), electro válvulas NC, sensores de EC y pH, que deben ser considerados en el punto de operación, además, se considera la presión mínima y máxima de cada elemento en el caso que estén en contacto con el fluido.

Características del PLC + HMI, incorporado.

**Tabla 13.**

*Características del plc. Descripción del elemento de control.*

Item	Detalle
Modelos	EX3G-100HA – 24, 38, 44, 60 M
Dimensiones	275*194*36 mm
Tamaño de recorte	261*180 mm
Consumo de energía	6 ~ 8 W
Alimentación	24VDC
Características	Soporte de interrupción, interpolación de arco lineal, autoajuste PID, capacidad de programa de 32 k, registro retentivo de 32 k – <b>HMI</b> –
Pantalla	222*133 mm
Resolucion (Píxeles)	HA: 1024*600
RAM	128 MB
ROM	128 MB
Sistema Operacional	WINCE 7.0
CPU	CORTEX A8 720MHz – 1GHz
Puerto Com por defecto	Puerto de Descarga – 1 Puerto USB 2.0 tipo B
Puertos Opcionales	1 Puerto RS232 o RS485 – 1 Puerto Ethernet
Idioma	Español, Chino, Inglés, Portugués, Japonés, Coreano, Italiano, Francés, Alemán, Ruso.
Software de Programacion	<b>CoolMay HMI V6.22EN</b> – <b>PLC</b> –
Entradas y salidas digitales	Entrada Digital: Pasiva NPN. Salida Digital: De bajo nivel NPN. Conectar negativo al puerto COM. Salida Rele: Normalmente Abierto contacto seco.
Numero de entradas y salidas digitales	24: 12 ID/12 OD – 38: 20 ID/18 OD – 44: 24 ID/20 OD – 60: 30 ID/30 OD
Tipo de Salida digital	Rele (MR), Transistor(MT) o Combinada (MRT) – Rele:5A / Transistor:500 mA
Contador de Alta Velocidad	6 canales monofásicos de 60KHz o 2 canales de fase AB (Z) de 60KHz + 1 canal de 10 KHz
Pulso de Alta Velocidad	8 canales: 4 de 100KHz / 4 de 10KHz
<b>Nota</b>	Contadores de Alta Velocidad + Pulso de Alta Velocidad deben ser inferior 480KHz, trabajando al mismo tiempo
Puerto COM por defecto	1 Puerto mini USB tipo B, 1 Puerto RS232
Puertos Opcionales	1 Puerto RS485 o 2 Puertos RS485 (uno es cambiado por el de defecto RS232), 1 Puerto CAN ( A/B) – Puerto de Ethernet ( no puede coexistir con el puerto Ethernet de HMI) – WIFI (Ocupando el espacio del puerto por defecto RS232), 1 Puerto de Audio para el HMI
Entrada y salidas Analógicas (Max)	16 IA / 8 OA
Tipo de Entradas Analógicas	Termocuplas tipo E/K/S/T/J – PT100 / PT1000 / NTC10K / NTC50K / NTC100K / -5V ~ 5V / -10V ~ 10 V / 0 ~ 10 V / 0 ~ 5V / 0 ~ 20 mA / 4 ~ 20mA
Tipo de Salidas Analógicas	0 ~10V / 0 ~ 5V / 0 ~ 20mA / 4 ~ 20 mA
Software de Programacion	Compatible con mitsubshi <b>GX Developer8.86</b> y <b>GX WORK2 / GX WORK2(Ethernet)</b>

*Nota:* Esta tabla muestra el modelo del plc, seleccionado para el control automático.

Lista de elementos electrónicos y eléctricos que son parte del control.

**Tabla 14.**

*Características del plc. Descripción del elemento principales para el control.*

Ítem	Detalle
Trasmisor y Caudalímetro Analógico	modelo: KF510JA-100, Press: $\leq 1.0\text{MPa}$ , Range: 15-150m <sup>3</sup> /h, temperatura: $\leq 80^{\circ}\text{C}$ , Accuracy: $\pm 1\% \text{Fs}$ , NO:22010017, NINGBO KIO FLOWINSTRUMENTS CO.LTD.
Monitor trasmisor de EC y PH 3050,	Galcon 24 vac, salida de 4 – 20 mA,
Sensor de electro conductividad (EC),	Rango: 0 a 20 ms/cm,
Sensor de pH,	Rango: 0 a 14, Tiempo de respuesta <30 s 95% de reacción
Transformador 110/220 vac-24vac, 150 VA	Tranformador para energusar la funte del plc, 24 VDC
Alogamiento para sensor	Elemento plastico, para anclaje de sensores
electro válvulas ½" 24 vac.	electrovalvula dosificadora, NC
Caja arranque directo 3hp,	Esta compuesto por: breker dos polos, contactor, reletermico, rele mas base selector de tres pociones, luz piloto
Bomba centrifuga inoxidable, 3hp bifásica 220 vac	caudal maximo, 11m <sup>3</sup> /h, altura maximo 52,6m <sup>3</sup> /h 3400 rpm, 60hz, impeller AISI 304,
Accesorios PVC.	Accesorios PN16, significa 16 bares,

*Nota:* Esta tabla muestra los principales elementos electrónicos de control.

### ***Nuevo sistema de fertilización propuesto***

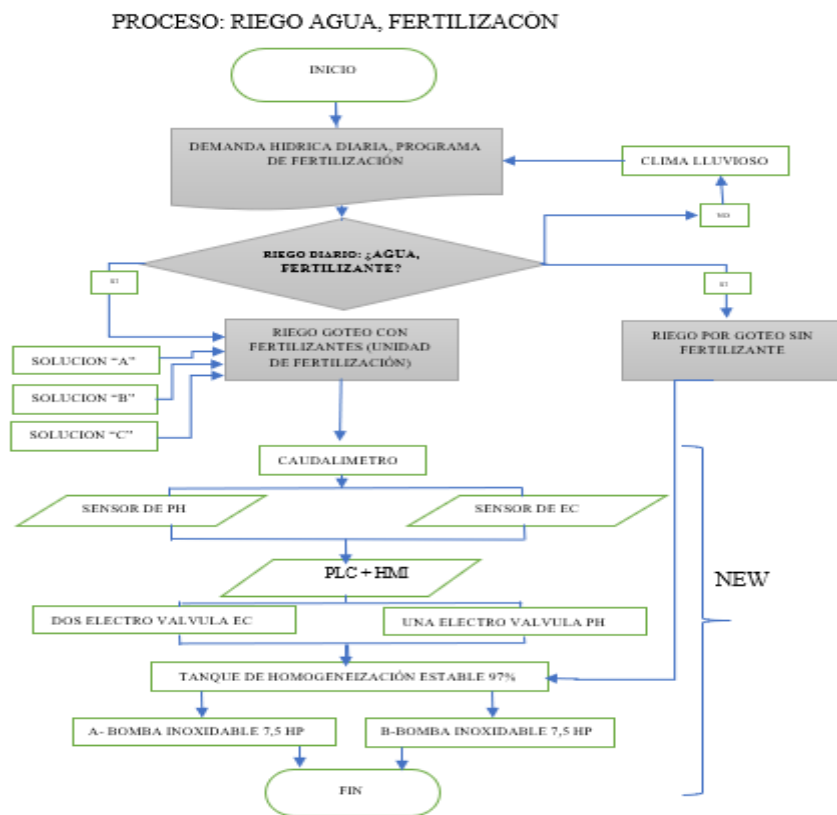
La implementación de la unidad de fertilización para la estabilidad de las soluciones nutritivas en un sistema de riego de precisión, requiere del control de variables como el caudal, electro conductividad y el pH mediante un sistema de control lazo cerrado que cuenta con sensores

conectados en línea, los cuales, requieren información constante del proceso y que permite conocer el estado del sistema y corregir las desviaciones e intentar bajar el error del sistema a cero, o lo más cercano a este parámetro. El accionamiento de electroválvulas ON, OFF, con un control PID facilitan la inyección de fertilizantes a la tubería principal de goteo y deben ser ubicadas antes del ingreso al tanque de homogeneización, es decir, antes de llegar al tanque homogeneizador de 5000 litros.

### Diseño del Flujo para la fertilización automática

**Figura 55.**

*Modelo operativo para el proceso de fertilización automática.*



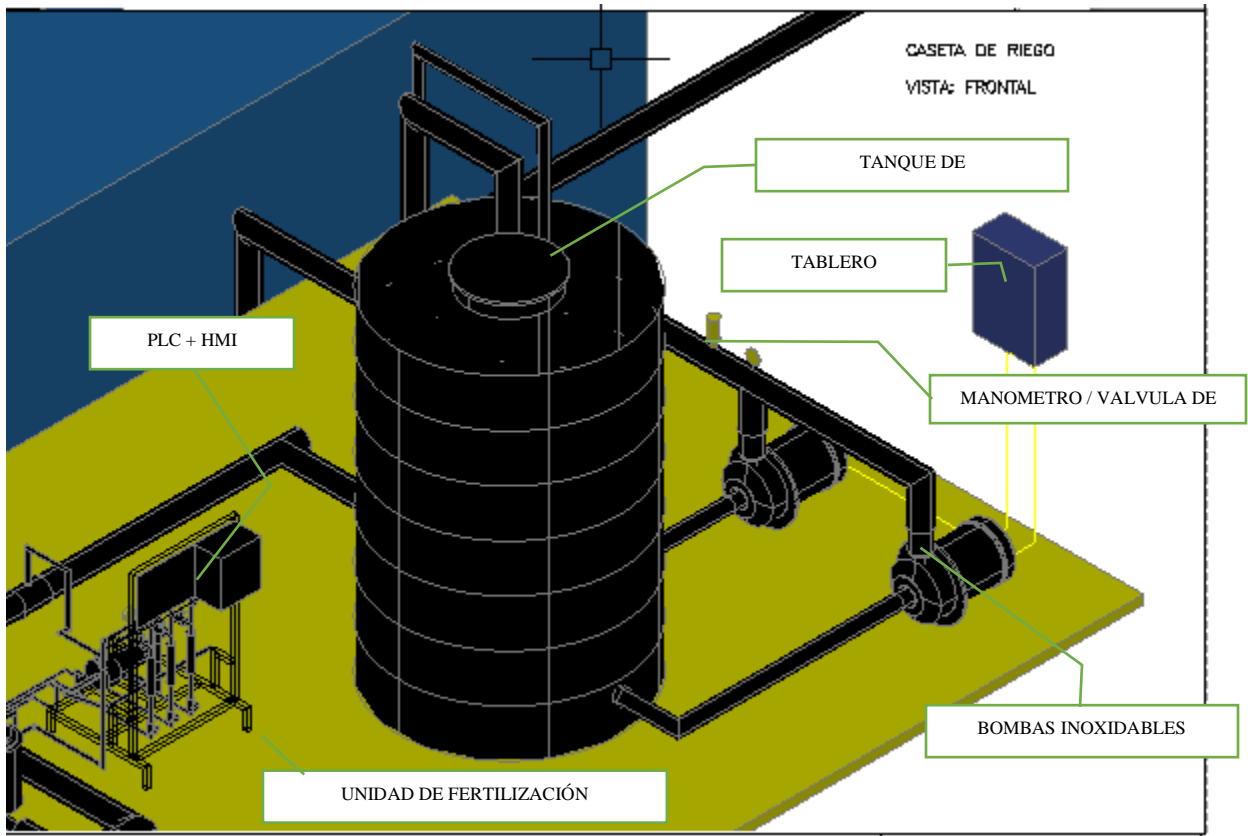
*Nota:* Esta figura nos muestra el flujo del proceso riego con agua y fertilización.

En el punto de operación número 1, se observa que la bomba principal dispone de una potencia de 10 hp, un caudal de 55 m<sup>3</sup>/h y una presión de 2,5 bares mientras que la bomba de fertilización es de 3 hp, con un caudal de 8 m<sup>3</sup>/h a una presión de 2,5 bares.

Caseta de riego, vista 3D, de los nuevos equipos.

**Figura 35.**

*Nuevo sistema de fertilización automático.*



*Nota:* Esta figura indica la estructura del nuevo sistema de riego.

En la caseta de riego se pretende automatizar la unidad de fertilización para mejorar la estabilidad de la mezcla final de la solución nutritiva, diseñando los nuevos elementos que formaran parte de la propuesta para el nuevo sistema de riego por goteo:

### **Elementos que forman parte de fertilización automática.**

Tanque de homogeneización

Dos bombas centrifuga inoxidable trifásicas de 7,5 hp marca EVARA, italiana.

Punto de operación N°2

Tableros eléctricos

### **Tanque de homogenización**

La implementación de un tanque de homogeneización en un sistema de riego, permite controlar de mejor manera las variables de caudal y presión de las dos bombas (bomba principal goteo y bomba de fertilización) que intervienen en un sistema de fertirriego en la florícola, la capacidad de almacenamiento de determinó mediante la fórmula del volumen de un cilindro:

$$V = \pi * r^2 * h \qquad h = 250 \text{ cm}$$

$$V = \pi * 83^2 * 250 \qquad r = 83 \text{ cm}$$

$$V = 5410,60 \text{ cm}^3$$

$$V = 5,4 \text{ m}^3$$

Análisis para el llenado del tanque de homogeneización, capacidad de la bomba y tiempo del llenado tanque de homogeneización.

$$Q. Bomba principal = \frac{(capacidad bomba principal litros \times hora)}{60 \text{ minutos}}$$

$$LMBP = \frac{50000 \text{ l/m}}{60 \text{ m}}$$

$$LMBP = 833,33 \text{ litro}$$

$$T. llenado = \frac{(capacidad del tanque de homogeneización en litros)}{(\text{litros} \times \text{minuto bomba P.})}$$

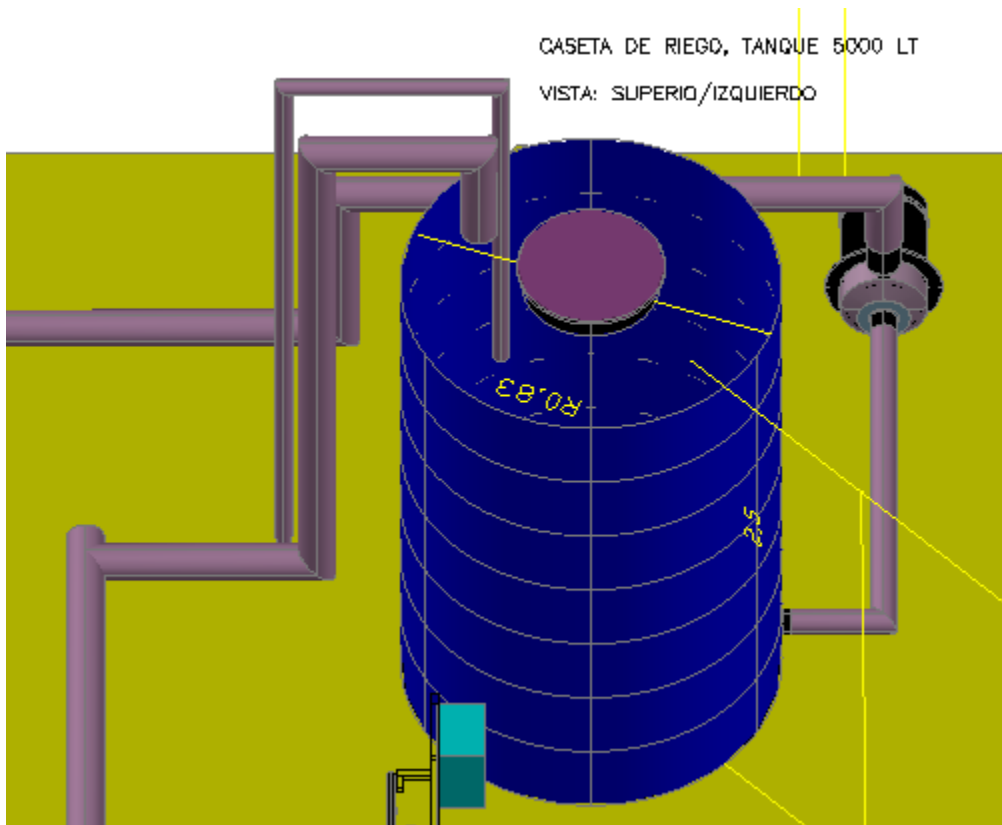
$$T. llenado = \frac{5000 \text{ l}}{833,33 \text{ l/m}}$$

$$T. llenado = 6 \text{ m}$$

## Tanque de homogenización

**Figura 36.**

*Tanque de homogenización de 5000 litros.*



*Nota:* Esta figura determina la estructura del tanque de homogenización.

Este tanque es abastecido por la bomba principal con un caudal de  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  con un punto de operación de 2,5 bares y su proceso de llenado será automático con agua y solución nutritiva, en el proceso de fertilización, la bomba dos de la unidad succiona de tres tanques de 1000 litros conocidos como tanque "A", tanque "B" y Tanque "C", la inyección en forma proporcional a cada uno de los tanques para luego inyectar a la red de tubería principal antes del ingreso del tanque de homogeneización; la bomba dos debe proporcionar al menos de una presión de 3 bares y un caudal de máximo  $11 \text{ M}^3/\text{h}$ , para lograr inyectar. Es decir, la curva de esta bomba debe ser superior a la bomba principal (alta presión y bajo caudal), así como deberá estar

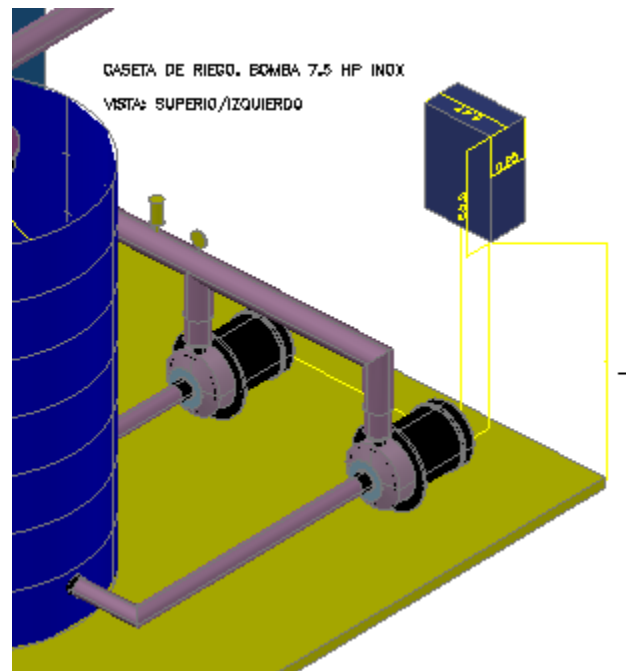


compuesto por un material resistente ya que estará en contacto directo con los diferentes fertilizantes y ácidos corrosivos.

Bombas inoxidables de 7,5 hp

**Figura 37.**

*Bombas inoxidables de 7,5 hp.*



*Nota:* Esta figura identifica la bomba inoxidable de 7,5 hp.

Las bombas inoxidables succionan del tanque de homogeneización la solución nutritiva estable al 97% de confiabilidad mientras, la conductividad eléctrica EC es 1,8 ms (+ - 0,054) y el PH alcanza los 5.8 (+ - 0,174). Adicionalmente, la solución es conducida mediante tuberías PVC a los nueve lotes con plantas en producción; con esta operación se elimina las variables por llenado de tuberías ya que se toma una solución estable del tanque.

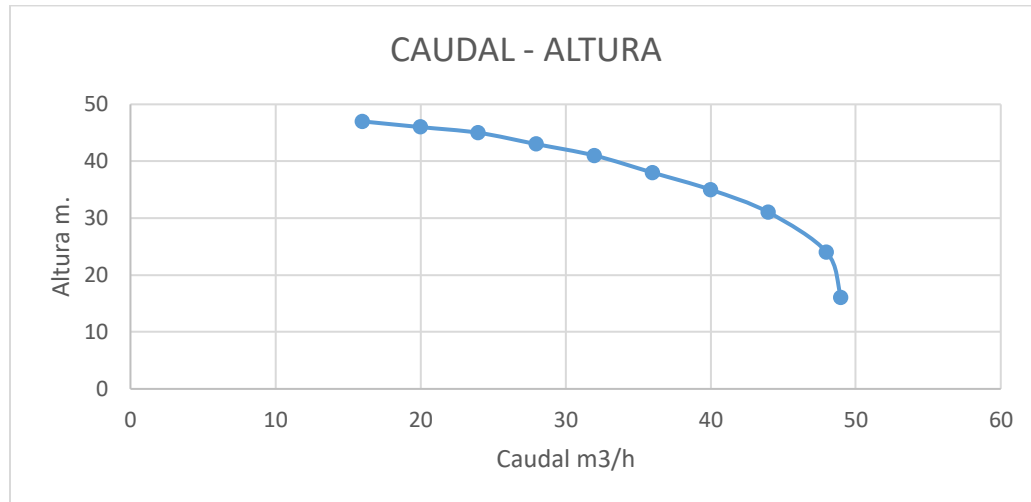
Mediante la operación de dos bombas inoxidables de 7,5 hp con un caudal de 25 m<sup>3</sup>/h a una presión de 4 bares se logrando un caudal máximo entre las dos bombas de 50 m<sup>3</sup>/h, con este

caudal, se pretende regar 2 válvulas a la vez en paralelo, con esto logrando reducción el tiempo de riego total diario un -50%.

Bomba inoxidable de 7,5 hp

**Figura 38.**

*Curva de las bombas inoxidables de 7,5 hp.*



*Nota:* Esta figura establece el caudal y presión de una bomba inoxidable de 7,5 hp.

Las dos bombas deben operar en un circuito en paralelo con dos líneas de desde la caseta de riego hasta los bloques asignados a las dos zonas de riego, de esa manera se puede cubrir la demanda hídrica diaria y reducir el tiempo -50%. De las 9,45 horas de riego actual.

Tubería principal de 90 mm

Esta tubería se encuentra instalada en la finca florícola como tubería principal, de 90 mm, x 0.8 mpa, con un caudal máximo de 32.4 m<sup>3</sup>/h, según la ecuación de continuidad de Hazen Williams, para tuberías circulares, con velocidades recomendadas cercanas 1m/S, para evitar fluctuaciones de caudal.

**Ecuación n°1**, cálculo para el diámetro de tuberías circulares.

$$Q=0,009\text{m}^3/\text{s} \quad V=1,5\text{m}/\text{s} \quad D=0,087\text{m}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,009}{3,14 * 1,5}}$$

$$D = \sqrt{\frac{0,036}{4,71}}$$

$$D = \sqrt{0,00764}$$

$$D = 0,087\text{m}$$

Diametros comerciales: 90 mm

**Ecuación n°2**, calculo para la velocidad en tuberías circulares.

Q=0,009m<sup>3</sup>/s V=1,5m/s D=0,087m

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

$$V = \frac{4 * 0,009}{3,14 * 0,087^2}$$

$$V = \frac{4 * 0,009}{3,14 * 0,007569}$$

$$V = \frac{0,036}{0,02376}$$

$$V = 1,51 \text{ m/s}$$

Velocidades recomendadas para evitar fluctuaciones de caudal, tomando en cuenta que la tubería es circular y va a trabajar llenas.

Perdidas por fricción

En tuberías ocurren pérdidas de energía provocada por obstrucciones, cambios locales de la sección o cambios abruptos de dirección en la trayectoria del flujo. En los sistemas de riego estas obstrucciones pueden ser accesorios propios de la red, como: filtros, válvulas, medidores, tees, codos, accesorios de cruceros o cualquier obstrucción que encuentre el agua que le impida seguir circulando en línea recta. Así como otros parámetros adicionales como el número de

Reynolds, rugosidad relativa, relaciones geométricas y del tipo de singularidad o accesorio hidráulico que se esté analizando.

En la práctica, es común considerar a las pérdidas de carga localizadas como un porcentaje de la suma total de las pérdidas de carga por fricción. Este porcentaje varía en proporción al número de obstrucciones o cambios de dirección significativos en la ruta de conducción, y se considera de un 5 a un 10% dependiendo del tipo de sistema y de las velocidades de diseño. Si el promedio de la velocidad es cercano a 2 m/s se considera el 10% y si es menor de 1 m/s se considera un 5 por ciento. (CONAGUA. 2002.)

Para efecto del diseño se consideró dos líneas de tuberías de 90 mm con caudal de 32.4m<sup>3</sup>/h y un porcentaje de pérdidas que no son parte del análisis del proyecto, por distancia y accesorios se considera una pérdida de un -10%, para este proyecto.

Cálculos:  $(32.4\text{m}^3/\text{h} - 10\%) = \mathbf{29.16\text{m}^3/\text{h}}$

Quedando con una capacidad de conducción desde la caseta al cultivo de:  $(29.16\text{m}^3/\text{h} * 2) = 58.32\text{m}^3/\text{h}$ , para el riego en paralelo

Factibilidad del riego en paralelo

Con lo indicado, se demuestra que es factible usar 2 válvulas de manera simultánea, dividiendo a la finca en dos zonas mediante la redistribución de un tramo de la tubería de goteo; de esta manera, es factible regar en paralelo y reducir el tiempo de riego a la mitad con lo que se obtiene 4,5 horas de riego por goteo día. Logrando una eficiencia del -50% del tiempo total de riego.

**Punto de operación N°2 = 4bar**

El punto de operación conocido como número dos, parte desde las bombas inoxidables de 7,5 hp, hasta las válvulas de goteo distribuidas en campo, con una presión de 4bar = 58psi.

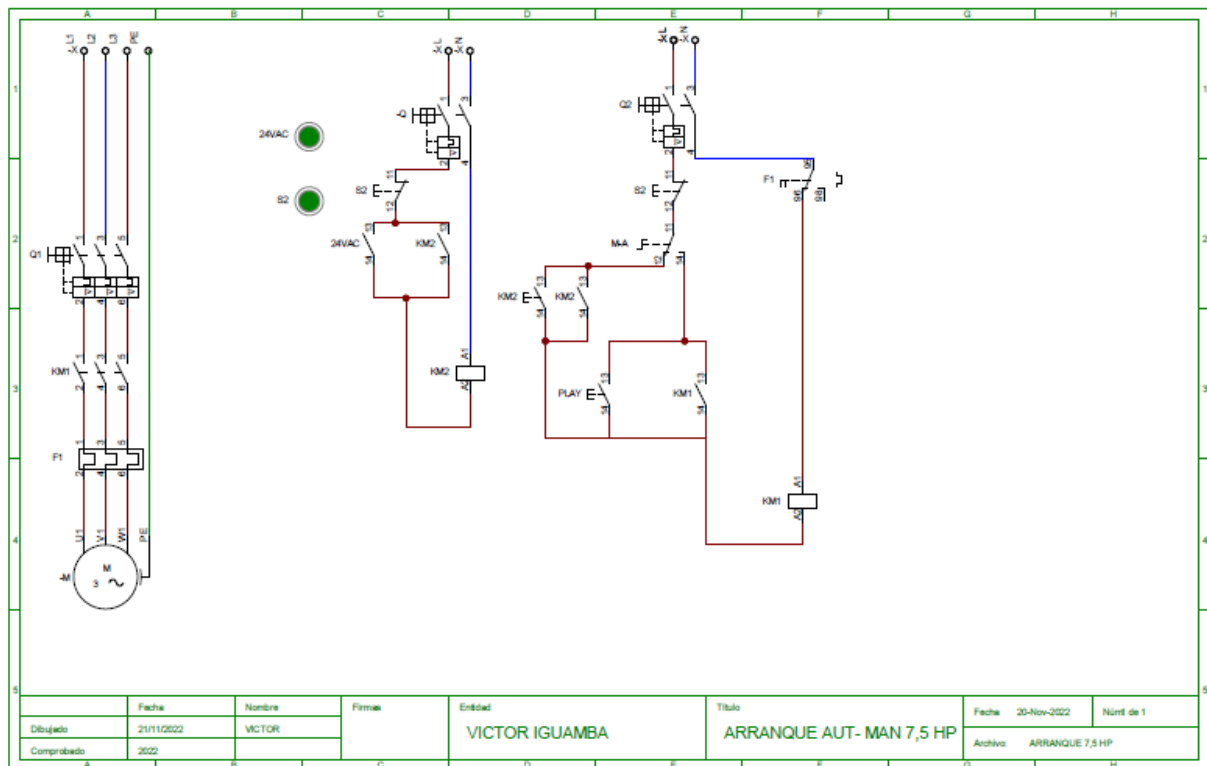
Bombas tablero de arranque

El tablero de arranque de las dos bombas inoxidables determina como potencia los 7,5 HP, 3F 220 VAC, con variadores de frecuencia y mayores protecciones a nivel del cableado, y consumo de corriente.

Circuito eléctrico de control y fuerza bomba uno 7,5 hp.

**Figura 39.**

Bombas tablero de arranque para dos bombas inoxidables de 7.5 hp.



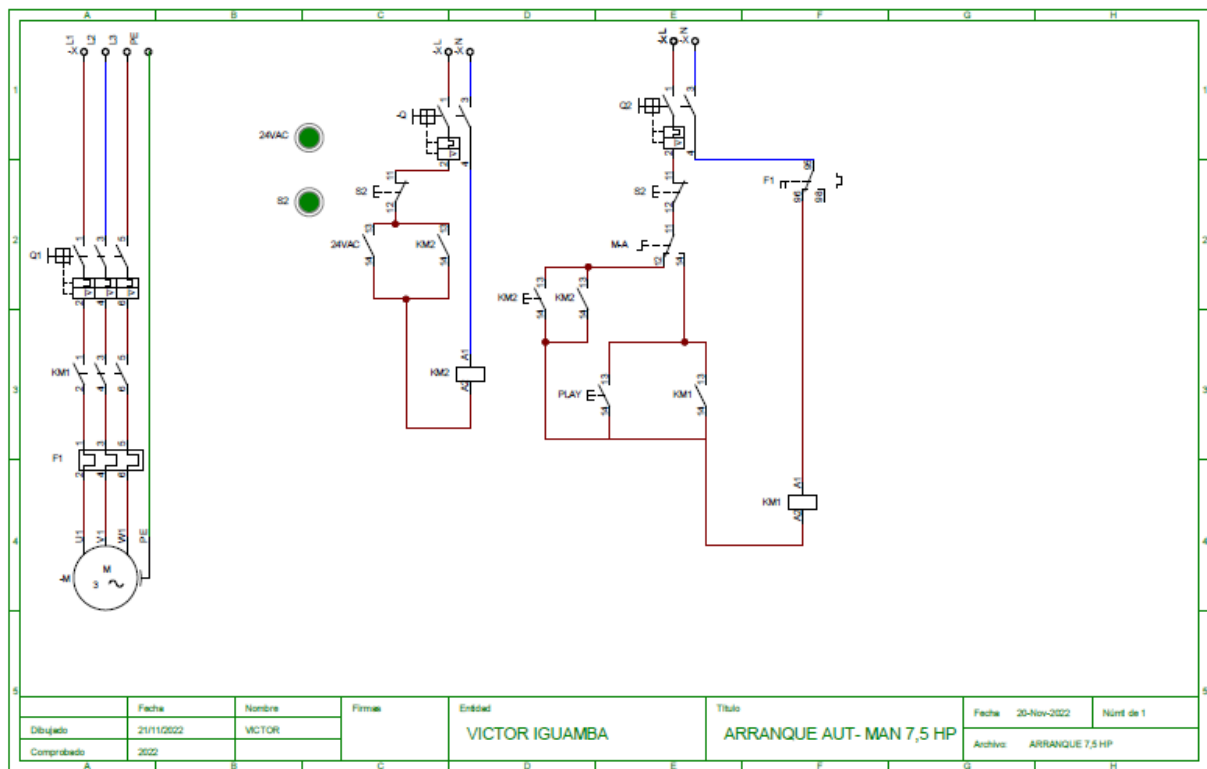
*Nota:* Esta figura establece el contenido del tablero de arranque de las bombas inoxidables de 7,5 hp.

El circuito eléctrico está elaborado en CADE SIMU, para verificar su correcto funcionamiento, los elementos de control y fuerza están seleccionados considerando el consumo nominal del motor en amperaje.

Circuito eléctrico de control y fuerza bomba dos 7,5 hp.

**Figura 40.**

*Circuito eléctrico de la bomba inoxidable número dos.*



*Nota:* Esta figura define al circuito eléctrico de la bomba inoxidable.

### **Diseño de la unidad de fertilización automática**

Se selecciona cada sensor y elemento que forman parte de sistema lazo cerrado, con un control PID del sistema en línea: se considera el punto de operación N°2, lugar y ubicación de la instalación (antes del tanque de homogenización), un caudalímetro y su transmisor analógico modelo KF510JA-100, 15 A 150m<sup>3</sup>/h, señal 4 a 20 mA, sensor de pH, sensor de EC con su transmisor Galcon 3050 señal analógica 4 a 20 mA, PLC+HMI integrado energizado 24 Vdc, con tres entradas Analógicas para los sensores (A0=EC), (A1=pH), (A2=Q) y 4 salidas digitales 24 Vdc, conectado a un relé 24 Vdc para el encendido bomba de fertilización, electroválvula

pH, dos electroválvulas para EC, (OUT00-B.F.), (OUT01-PH), (OUT02-ECb), (OUT03-ECa). Se selecciona el equipo por la facilidad de compra local, y su costo accesible, facilidad de manejo e interfaz.

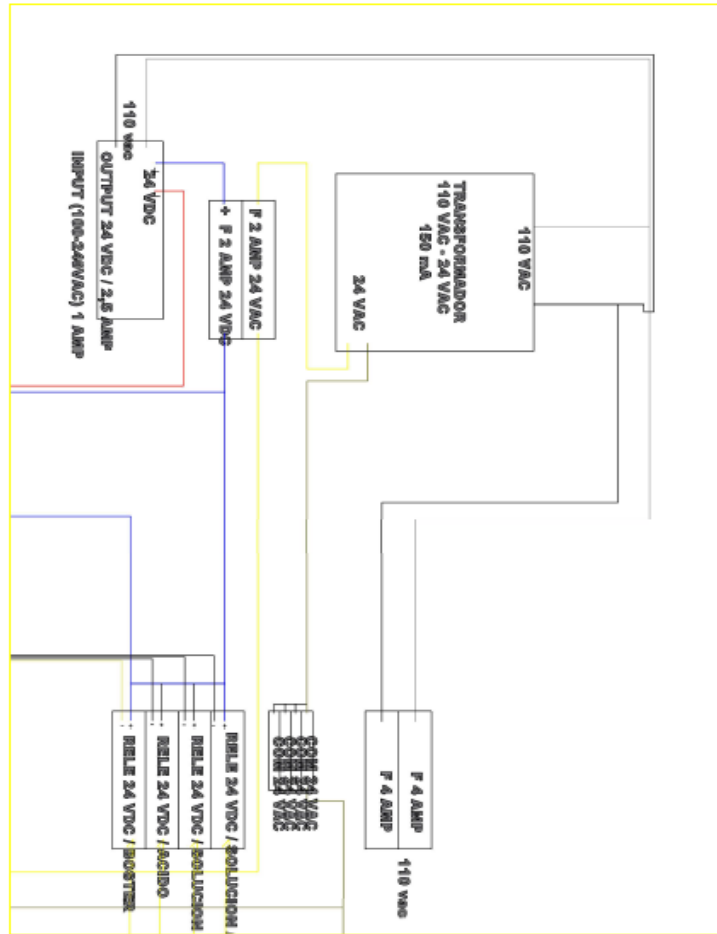
#### Diseño Electrónico

El diseño realizado en AutoCAD se ha efectuado siguiendo el requerimiento de simplicidad y se dispone en la Figura 66. La Figura 66 energizando el equipo en 110 vac, de una fuente UPS de 500 va. Para el equipo electrónico y para la bomba de un tablero de control y fuerza energizado 220 vac bifásico, activado por una señal 24 vac.

Transformados 110 vac 24 vac.

#### **Figura 66.**

*Circuito electrónico: Transformador 110vac-24vac, fuente 2,5amp 24vdc.*



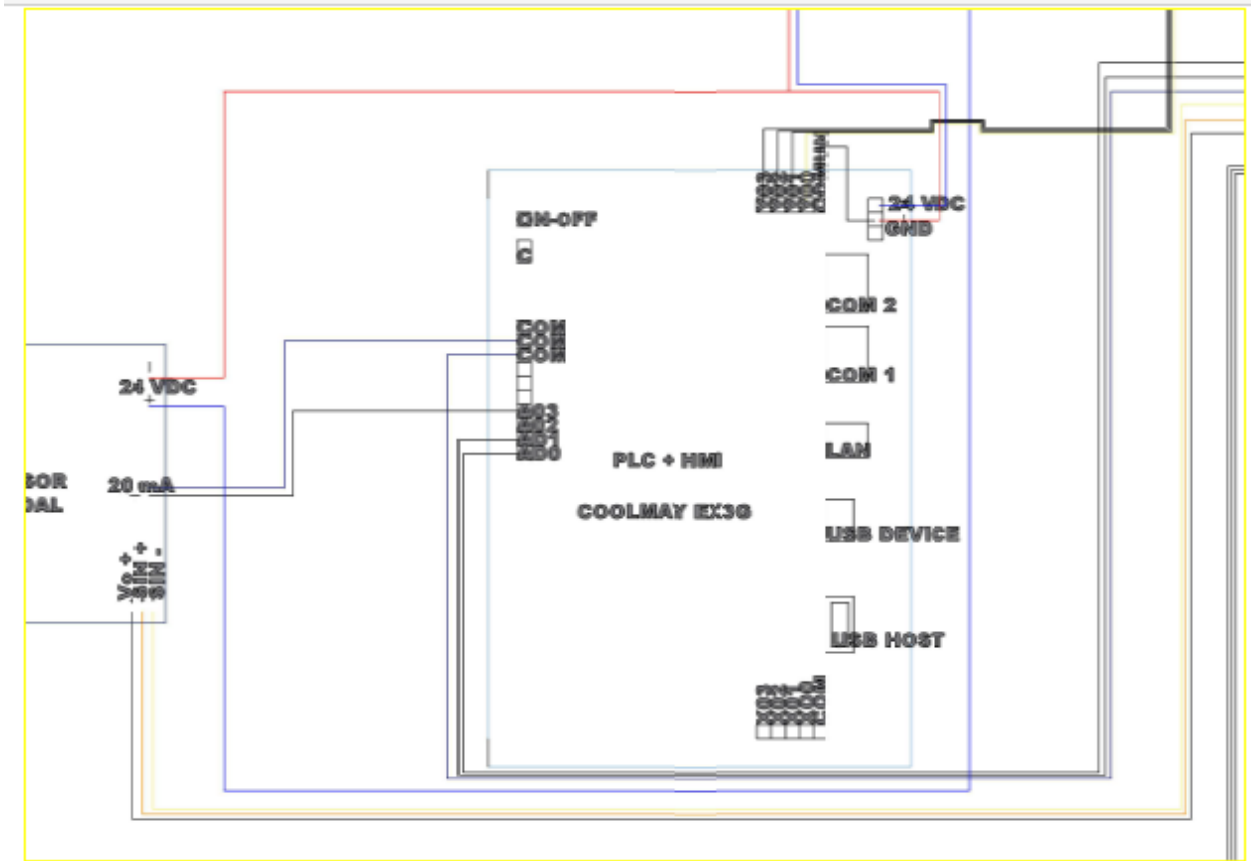
*Nota:* Esta figura muestra las conexiones de entrada 110vac, para energizar el transformador, la fuente, así como las entradas y salidas en 24 vac y 24 Vdc.

Entradas analógicas y salidas digitales PLC.

**Figura 41.**

*Circuito electrónico: plc+hmi, alimentación, entradas, salidas.*



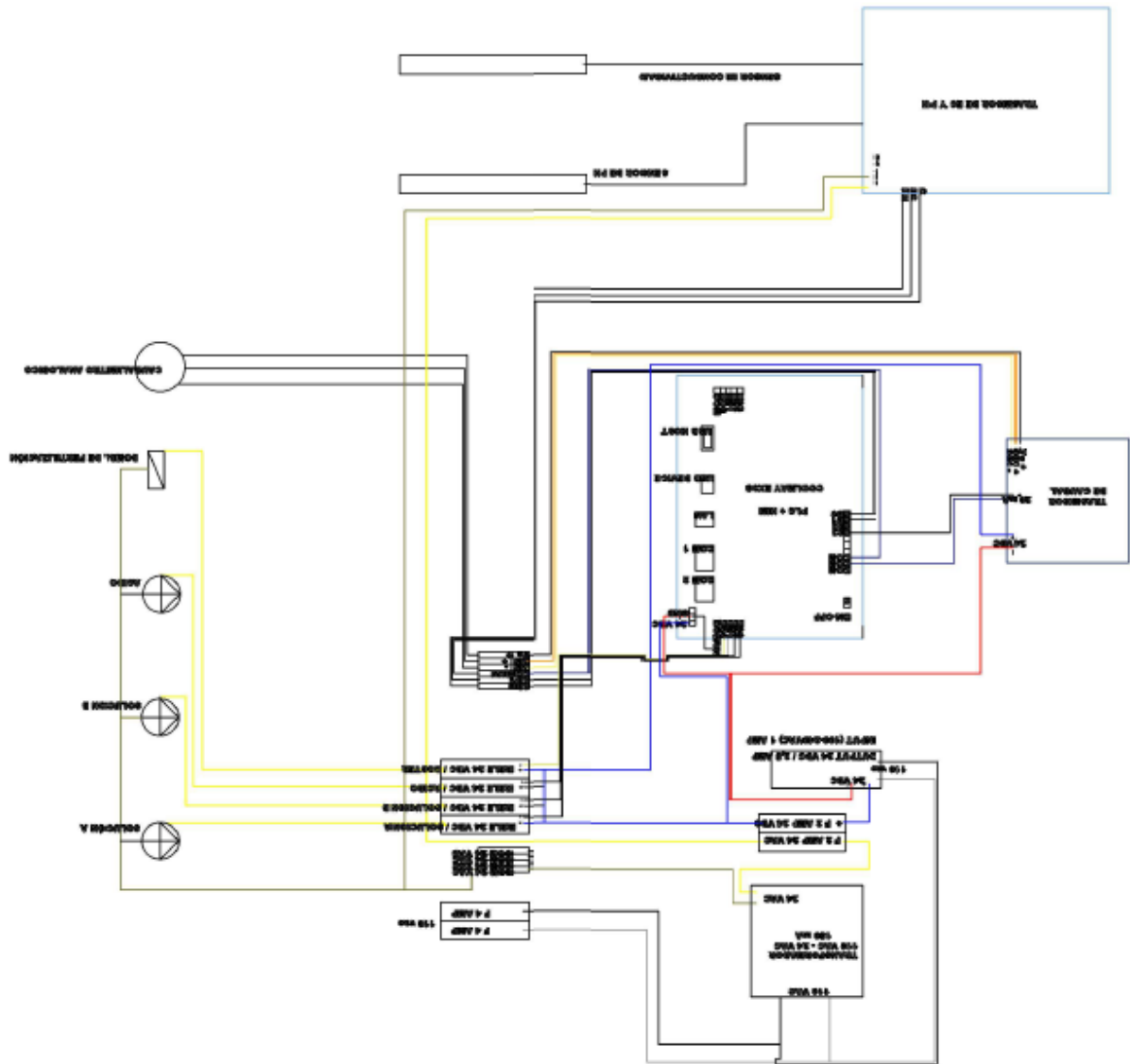


*Nota:* Esta figura muestra la conexión del circuito electrónico para el PLC, alimentación 24 Vdc, salidas digitales 24vdc, entradas Analógicas 4 a 20 mA de los sensores de caudal, EC, pH.

Diagrama de general de conexiones en AutoCAD.

**Figura 42.**

*Circuito electrónico plc+hm completo: sensores, trasmisor, electroválvulas, relé bomba.*



*Nota:* Esta figura muestra el circuito electrónico completo: transformador, fuente, fusibles de protección, transmisores de caudal y transmisor de EC y PH. Relé 24 Vdc.

El circuito electrónico, está elaborado en el software AutoCAD y consta de: PLC, transmisor de caudal, transmisor de EC Y pH, sensor de pH, sensor de electro conductividad, relés, transformador, salidas al relé para electro válvulas, y borneros.

### Lista de materiales eléctricos

**Tabla 5.***Lista de materiales del circuito electrónico*

<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
Tablero plástico 40 x 60 x 20	Unidad	1
Transformador 220 vac x 24 vac	Unidad	1
Fuente 24 vac x 24 vdc x 2,5 amp	Unidad	1
Porta fusibles para riel 4 amp	Unidad	4
Fusibles de cerámica 2 amp	Unidad	4
Riel din	Metros	1
Canaleta plástica 25 x 25	Metros	2
Relé más base 24 vdc 2p	Unidad	4
Bornero para riel din 2.5 mm	Unidad	10
Cable flexible N°18	Metros	50
Controlador PLC touchScreen + HMI Coolmay	Unidad	1
Monitor EC Y PH – galcom	Unidad	1
Monitor caudal – flowtec	Unidad	1
Sensor de pH	Unidad	1
Sensor de EC	Unidad	1
Medidor de caudal 4-20 mA - 4”	Unidad	1
Alojamiento sensor EC y pH	Unidad	1

*Nota:* Esta tabla indica los materiales a ser parte del circuito electrónico donde está ubicado el PLC + HMI.

El diseño del circuito eléctrico de control y fuerza de arranque directo requiere de tres posiciones: manual, apagado y automático; se debe considerar la corriente nominal de cada elemento de control, así como la corriente nominal de fuerza, en este caso el motor de 3 hp, el tipo de material conductor, calibre, capacidad de amperaje y tipo de aislamiento; el cableado del tablero requiere de los siguientes cables:

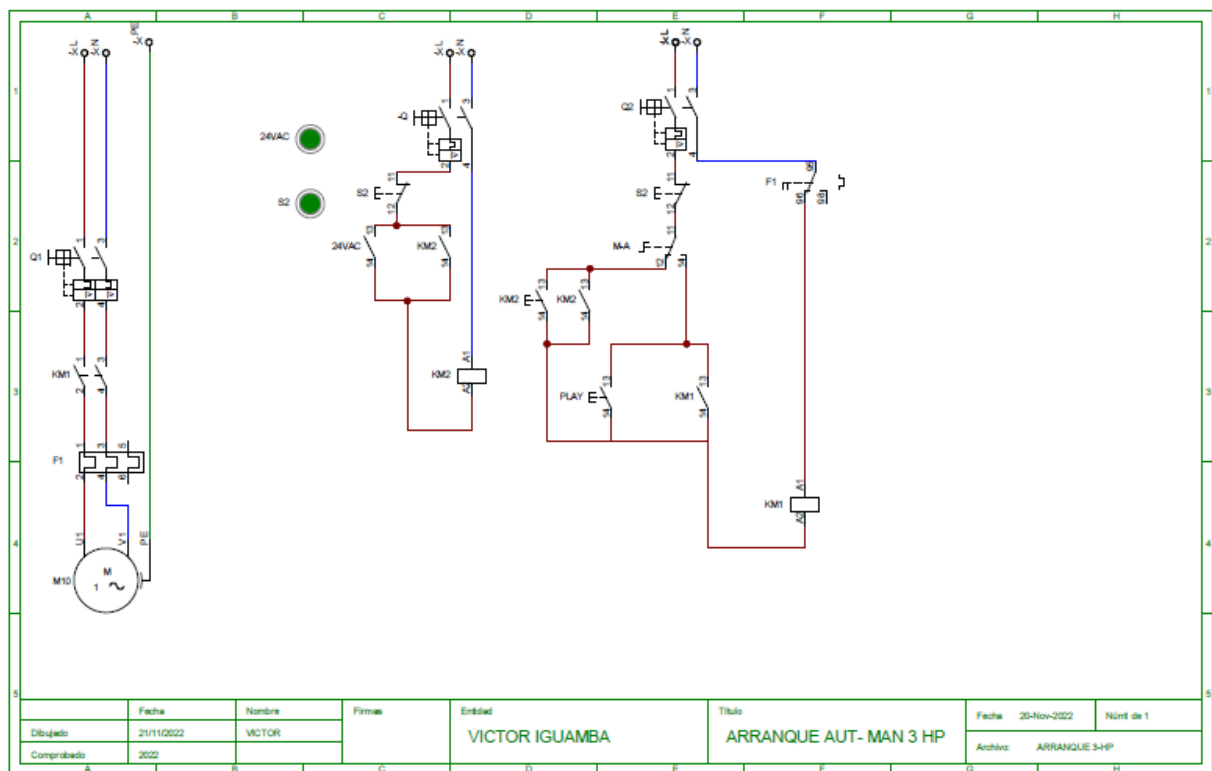
Para control: Calibre del cable 18 AWG, amperaje que soporta 10 amp, THW 75°C

Para fuerza: Calibre del cable 12 AWG, amperaje que soporta 20 amp, THW 75°C

Arranque directo motor de 3 hp.

**Figura 43.**

*Plano electrico, bomba de 3 hp*



*Nota:* Esta figura determina el contenido del plano eléctrico de la bomba de 3 hp.

El circuito eléctrico para el arranque de la bomba de fertilización de 3 hp, elaborado en CADE SIMU, requiere para la selección de los elementos de fuerza y control conocer la corriente

nominal del motor y los elementos de control. Los elementos de control y fuerza fueron seleccionados según la corriente nominal, y para los elementos eléctricos como el contactor, relé térmico, breakers, relé auxiliar, se debe considerar de la corriente nominal un 10% adicional. Este particular con el fin de proteger los contactos; en el caso de arranque directo, se requiere de un motor que consume más corriente hasta romper la inercia, además, se debe considerar la ficha técnica de cada elemento. También se debe analizar el tipo de material de los conductos y contactos, siendo el mejor el oro, el cobre, aluminio, entre otros.

Lista de materiales para el arranque directo motor de 3 hp

**Tabla 16.**

*Lista de materiales del circuito eléctrico.*

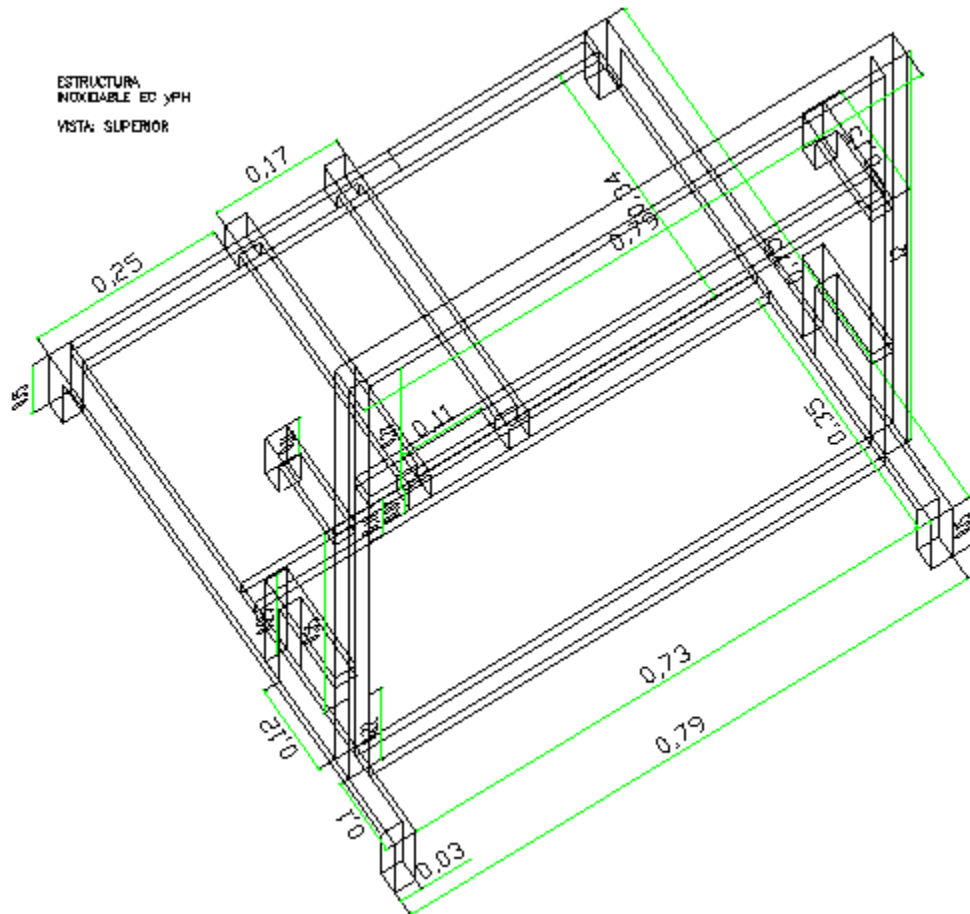
<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
Tablero plástico 17 x 22 x 8	Unidad	1
Riel din	Metros	0.15
Contactador LS 32 amp bobina 220 vac	Unidad	1
Relé térmico LS 12 a 25 amp	Unidad	1
Breker 32 amp 3p	Unidad	1
Relé más base 24 vac	Unidad	1
Selector 3p 22 mm	Unidad	1
Luz piloto 22mm 220 vac	Unidad	2
Cable flexible N°18	Metros	5
Cable sucre 3 x 12	Metros	15
Canaleta plástica 25 x 25 x 2 mts.	Unidad	1
Tornillos de 1/8" x 1"	Unidad	8
Pernos más tuerca de 1/4" x 2" inoxidable	Unidad	4

*Nota:* Esta tabla indica los materiales que han sido considerados dentro del circuito eléctrico.

Planos en AutoCAD, de la estructura inoxidable para la unidad de fertilización.

**Figura 44.**

*Diseño de la estructura para la unidad de fertilización.*



*Nota:* Esta figura define la estructura de la unidad de fertilización, de acuerdo a los tamaños de los accesorios y bomba para la fertilización.

Lista de materiales para la estructura inoxidable

**Tabla 17.**

*Lista de materiales de la estructura de fertilización*

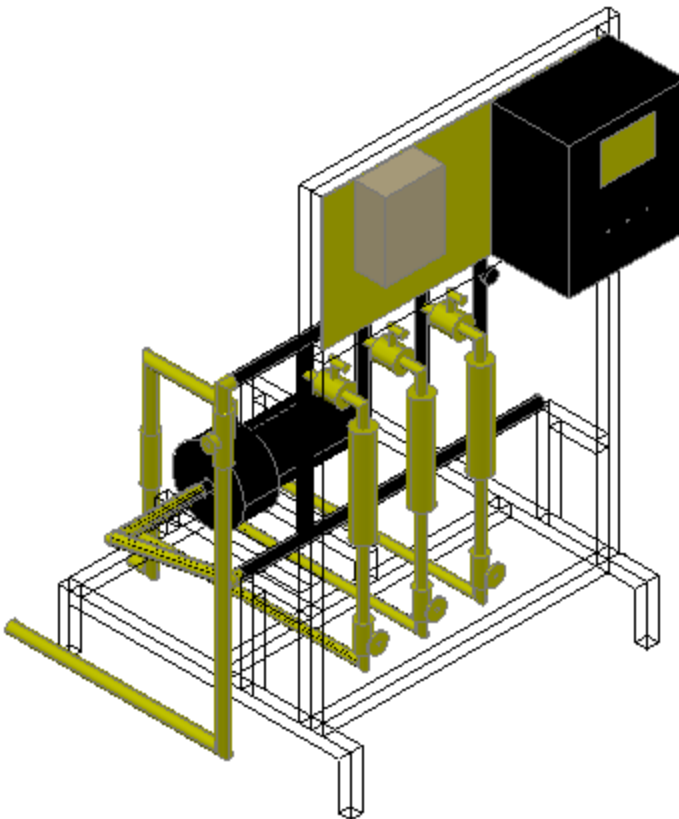
<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
Tubo cuadrado inox 25 mm x 25 mm x 1.5mm	Unidad	2
Electrodos	Kg	0.3

*Nota:* Esta tabla define los materiales que son parte de la estructura de fertilización.

Ensamble de accesorios PVC, bomba y elementos de control.

**Figura 45.**

*Tuberías y Accesorios unidad de fertilización 3 canales.*



*Nota:* Esta figura identifica la estructura de tuberías y accesorios del sistema de fertilización.

Los elementos seleccionados para esta lista, son previamente seleccionados en base a criterios técnicos, con personal capacitado en aplicaciones similares, y con el fin de lograr u ofertar productos ligeramente más económicos y accesibles para el sector agrícola.

### Lista de materiales ensamble hidráulico

**Tabla 18**

*Lista de materiales de la unidad de fertilización*

<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
Bomba inoxidable 3 hp 220 vac	Unidad	1
Adaptador pvc macho 40 mm x 1 1/4"	Unidad	1
Adaptador pvc macho 32 mm x 1"	Unidad	1
Universal pvc 32 mm	Unidad	2
Válvula pvc 32 mm media universal	Unidad	2
Válvula chek 32 mm	Unidad	1
Collarin 32 mm x 1/2"	Unidad	1
Bushing 1/2" x 1/4"	Unidad	1
Manometro glicerina 100 psi	Unidad	1
Codo pvc 32 mm x 90 gr	Unidad	10
Adaptador pvc macho 32 mm x 1"	Unidad	2
Tee pvc reductora 32 mm x 25 mm	Unidad	8
Ventury pvc 25 mm x 20 mm x 25 mm	Unidad	3
Flujometro pvc 25 mm 0-500 l/h	Unidad	3
Codo pvc 25 mm x 90 gr	Unidad	6
Codo pvc 25 mm x 45 gr	Unidad	3
Reductor pvc 25 mm x 20 mm	Unidad	3
Válvula chek pvc 25 mm	Unidad	3



Válvula dos vias plasson ¾"	Unidad	4
Adaptador pvc macho 25 mm x ¾"	Unidad	8
Tapon pvc 32 mm	Unidad	2
Abrazadera para tubo de 32 mm	Unidad	4
Abrazadera para tubo de 25 mm	Unidad	6
Tornillos de 1/8" x 1"	Unidad	10
Adaptador pvc hembra 25 mm x ¾"	Unidad	3
Adaptador flex 25 mm x ¾"	Unidad	3
Tubo pvc 32 mm x 1.25 mpa x 6 mts	Unidad	1
Tubo pvc 25 mm x 2 mpa x 6 mts	Unidad	1
Medio litro de Limpia Weldon C-65	Unidad	1
Medio litro de pega weldon 705	Unidad	1
Teflón alemán	Unidad	10
Sella rosca 85 gr.	Unidad	1
Wype bola	Unidad	1
Pernos más tuerca de ¼" x 2" inoxidable	Unidad	2

---

*Nota:* Esta tabla establece los materiales que son parte de la unidad de fertilización.

#### Bombas centrifugas inoxidables de 7,5 hp

Se requiere de dos bombas inoxidables con una potencia de 7,5 hp, trifásica, de 220 VAC y de caudal que asciende a los 32 M<sup>3</sup>/hora y de un punto de operación que se ubica en las 4 atm.

**Tabla 19.***Lista de materiales para dos tableros eléctricos de 7,5 hp.*

<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
Tablero metálico 80 x 60 x 25	Unidad	1
Riel din	Metros	0.15
Contactador LS 63 amp bobina 220 vac	Unidad	2
Relé térmico LS 40 a 63 amp	Unidad	2
Breker 63 amp 3p	Unidad	2
Relé más base 24 vac	Unidad	2
Selector 3p 22 mm	Unidad	2
Luz piloto 22mm 220 vac	Unidad	4
Cable flexible N°18	Metros	30
Cable sucre 3 x 8	Metros	15
Canaleta plástica 60 x 40 x 2 metros	Unidad	1
Tornillos de 1/8" x 1"	Unidad	8
Pernos más tuerca de 1/4" x 2" inoxidable	Unidad	4

*Nota:* Esta tabla indica los materiales que son parte de los tableros eléctricos.

### **Software y programación PLC+HMI**

El software y la programación que se requiere para el funcionamiento del PLC, se ubica dentro de la página web del fabricante del producto, (<https://coolmay.online>), la cual, permite el acceso gratuito para descargar los programas. Es importante tener en cuenta que los elementos necesarios para el arranque de la programación son parte de una PC que permita la descarga

del software asociado al PLC, GX works2; mientras la programación del HMI requiere de mView1.39.02, más el driver del cable serial DB9-USB.

Software para la programación

**Figura 46.**

*Iconos de los programas utilizados para plc y hmi.*



*Nota:* Esta figura indica las aplicaciones o software para iniciar la programación del PLC.

Se determina como relevante que dentro del inicio de la programación del plc + hmi, es necesario descargar los tres programas identificados en la Figura 47 más el correspondiente drive.

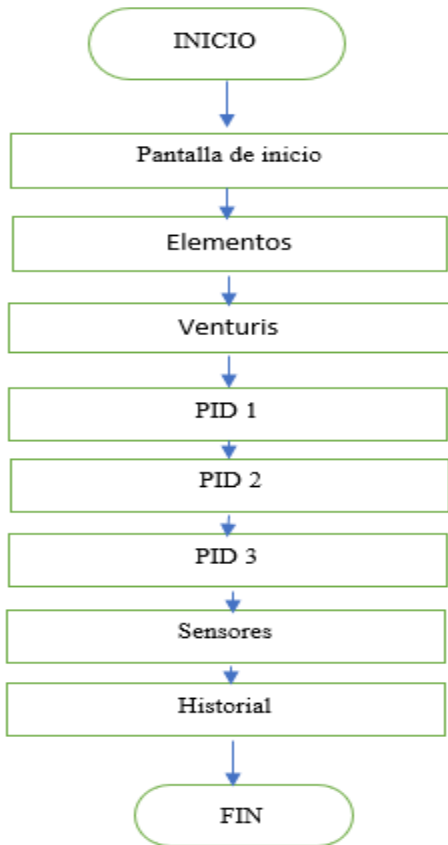
**Configuración HMI**

La configuración de cada uno de los elementos del sistema a controlar aparece de manera visual y son elementos de fácil manipulación.

**Flujo de programación del HMI**

**Figura 47.**

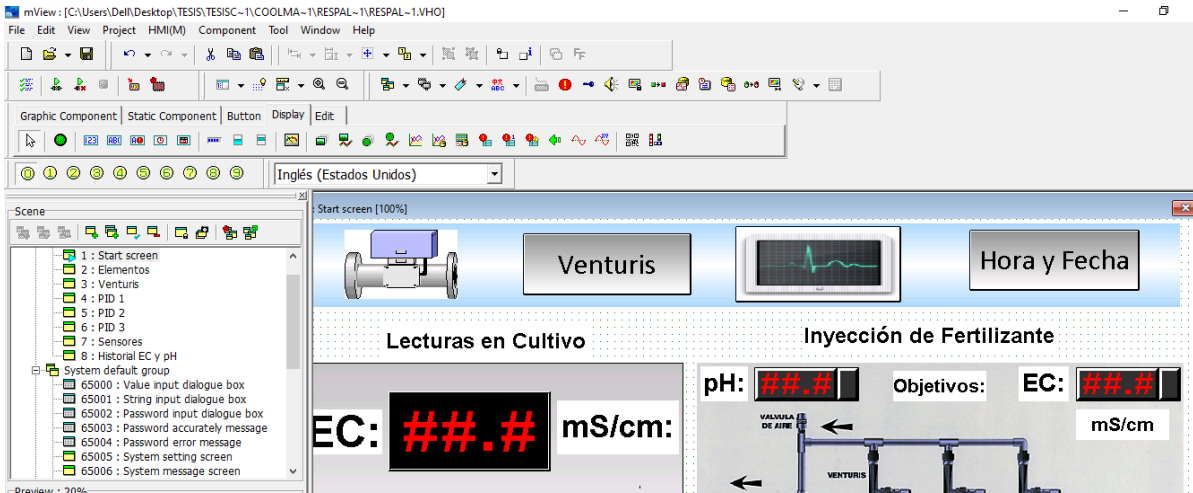
*El flujo de programas utilizados para hmi.*



*Nota:* Esta figura muestra las diferentes etapas de programación del HMI.

**Figura 48.**

*Configuración del HMI, pantalla de inicio.*

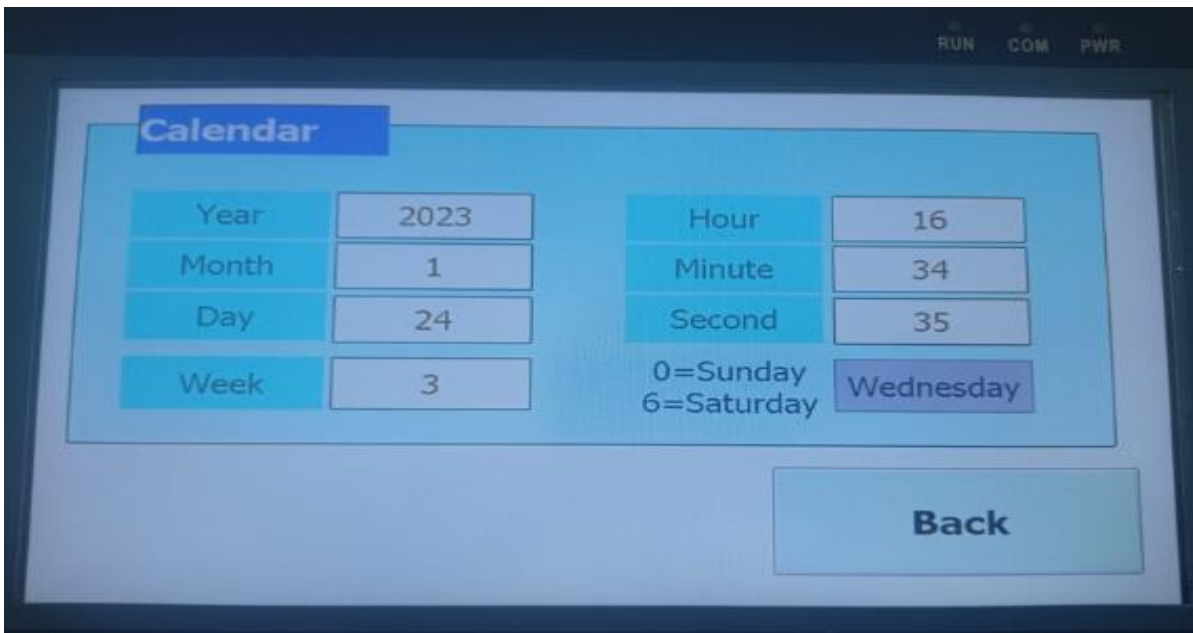


*Nota:* Esta figura muestra las diferentes etapas de programación.

### Configuración del HMI inicial.

**Figura 49.**

*Programación del HMI, configuración fecha y hora.*

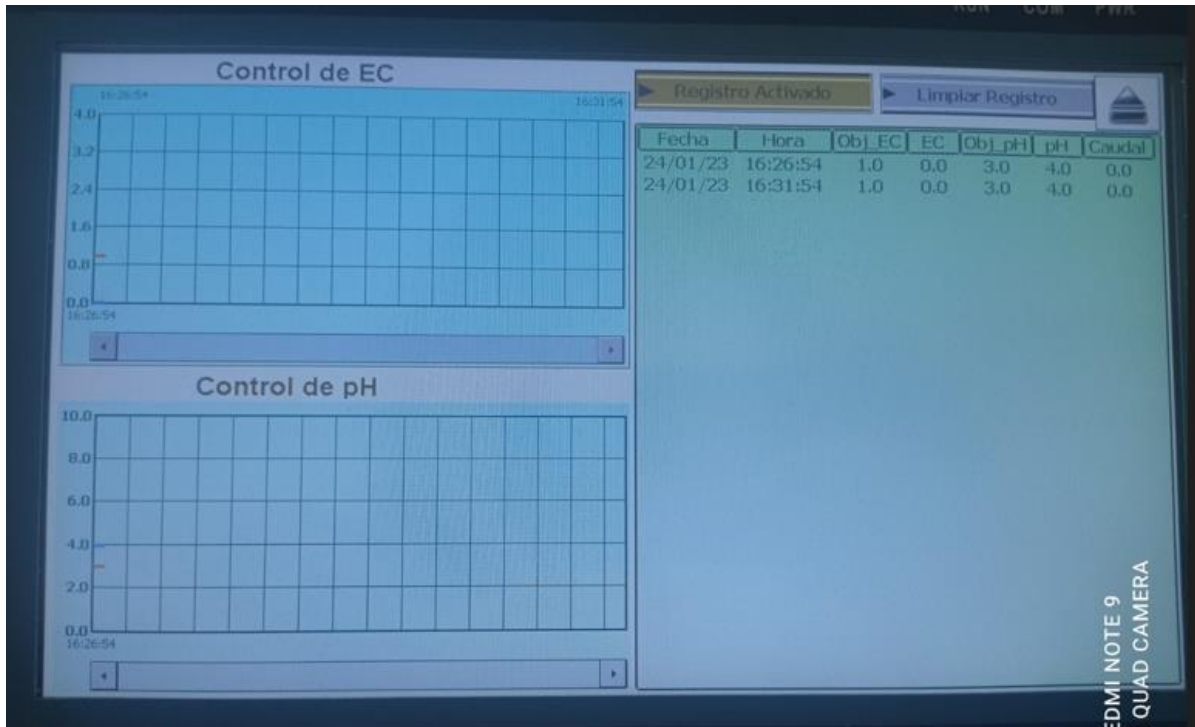


*Nota:* Esta figura muestra las diferentes etapas de programación.

Registro de históricos del control diario.

**Figura 50.**

*Programación del HMI, historial.*



*Nota:* Esta figura muestra las diferentes etapas de programación, historial en presentación grafica cada 5 minutos.

Ajustes del PID, de las tres elementos de control ON-OFF.

**Figura 51.**

*Programación del HMI, venturis.*



*Nota:* Esta figura muestra las diferentes etapas de programación, donde se ajusta el control PID, del proceso sintonizando para obtener errores cercanos a cero.

Ajustes de señales de sensores.

Ajustes de parámetros con señales normalizadas, y calibración de sensores con soluciones búfer para los sensores: pH solución (ph 4), y solución (pH 7), se deberá considera la temperatura al momento de la calibración, y para la conductividad solución 1430 mS/cm, considerando también la temperatura, considerando la ficha técnica de la solución de calibración y del equipo.

**Figura 52.**

*Programación del HMI, elementos.*



*Nota:* Esta figura indica la estructura del HMI, elementos

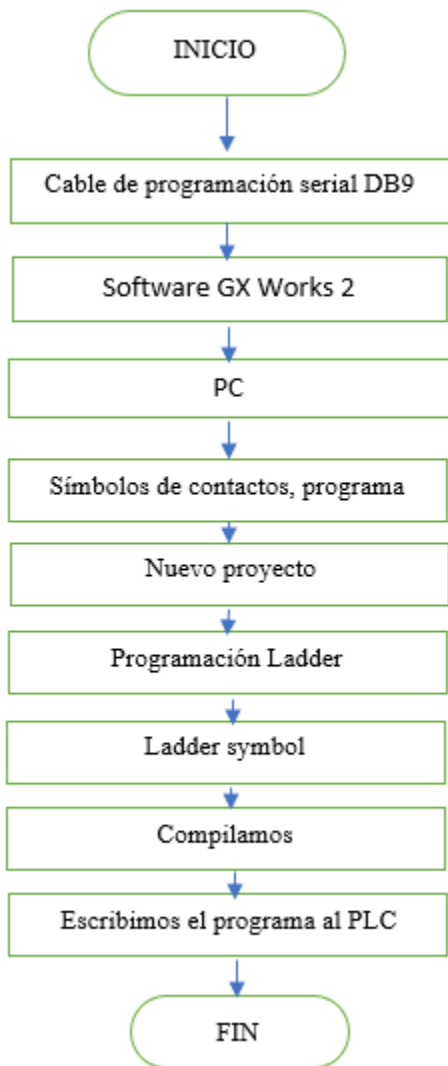
Un punto a considerar como característica del programa es que dispone de un control de lazo cerrado y con la presencia de un control PID que abarca el control de tres variables como es el caso del caudal, el electro conductividad y el pH. En este ámbito, se selecciona el parámetro de EC y pH necesarios para la aplicación del proceso de productivo en base al control estable de las soluciones nutritivas.

Flujo de programación PLC



**Figura 53.**

*Flujo de programas utilizados para plc.*



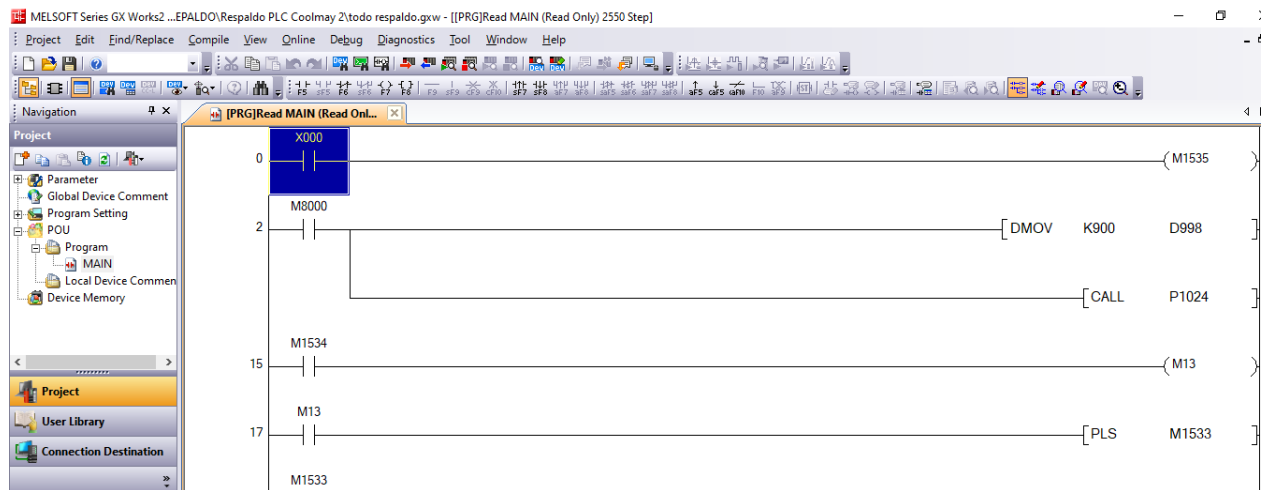
*Nota:* Esta figura muestra las diferentes etapas para la programación del PLC.

Constituye un elemento electrónico que permite el control con exactitud de las dos variables principales que son: el EC y el pH, es decir, se dispone de un sistema de riego preciso con la presencia de un programa LADER que facilita el acceso de los valores de entradas y salidas del sistema.

Programación lade.

**Figura 54.**

*Programación en Ladder del sistema lazo cerrado, control PID.*



*Nota:* Esta figura indica la configuración del Programación del PLC.

El programa GX Works es compatible con otros plc. Adicionalmente, una vez que han sido identificadas las entradas, salidas y las variables a controlar, es factible el inicio de la programación.

Pruebas de conexión hardware

En esta última parte del proyecto se realiza las pruebas de conexión de los equipos de control, como los sensores y electroválvulas.

Estructura final

**Figura 55.**

*Instalación del equipo de control y sensores.*



*Nota:* Esta figura muestra el PLC instalado en el tablero.

**Verificación conexiones**

**Figura 56.**

*Verificación de configuración y conexiones eléctricas y electrónicas.*



*Nota:* Esta figura muestra las conexiones internas del plc.

Conexión y pruebas iniciales de configuración de los elementos de control y automatización.

### **Resultados esperados**

Los resultados esperados se establecen en el ámbito de los siguientes puntos:

Selección de los elementos electrónicos e hidráulicos para la automatización requerida en los procesos de dosificación de fertilizantes que son parte de un sistema de riego de precisión. Una vez analizadas las principales variables de un sistema de riego, el pH inicial presenta un error del + 100% sobre el valor ideal de 5,5 pH y sobre el límite superior un +69%, en cuanto al EC del valor ideal de 1,8 mS/cm presenta un error de un +50%, y -50%, además tiene un porcentajes de error críticos sobre los límites superior +39% y en el límite inferior de un -33%, estableciendo estos porcentajes de errores en la dosificación de fertilizantes al sistema, se identifica los factores que originan estos errores siendo el caudal m<sup>3</sup>/h diferenciado entre válvulas y el llenado de las mangueras de goteo, este tiempo es de 90 segundos, se propone el uso del software HMI: MView / PLC: GX Works 2 o GX Developer, el cual, es útil para la corrección inmediata de las variable, en un sistema lazo cerrado con un control PID, para logra una estabilidad de la CE y pH, considerando los 90 segundos como el 100% donde ocurre el

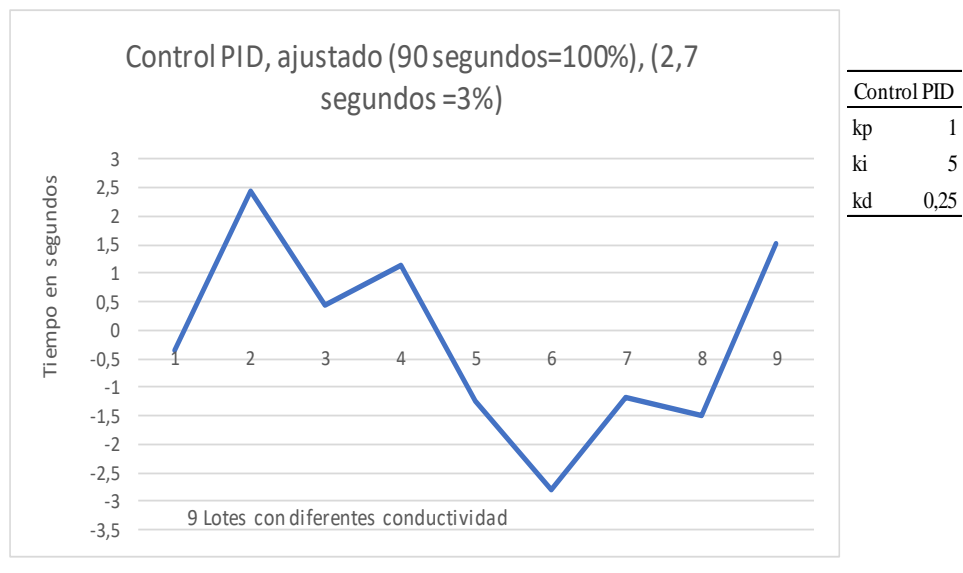
error, se estableció el control PID, como la mejor opción para corregir este error en 2,7 segundos que corresponde al 3% del tiempo que ocurre el error, logrando así errores del pH un 3% (+, -), sobre el valor deseado, y la CE del 3% (+,-), programados como lo sugerido por el Agrónomo, más la estabilización de la mezcla en un tanque de homogeneización, donde se controla el caudal y la presión de la actual bomba principal de goteo, y logrando mejorar su eficiencia del 42% al 61% de su capacidad de bombeo, esta es la encargada del abastecimiento al tanque eliminando así el 100% las caídas de presión en la red de tubería principal por efecto de cambio de válvulas y llenado de tuberías secundarias y mangueras de goteo, más la implementación de dos bombas centrifugas inoxidable 7,5 hp, que se encargan del rebombeo desde el tanque homogeneizador hacia los lotes para el riego en paralelo de 2 válvulas a la vez, sectorizando en dos la finca, reducir el tiempo de riego en un 50%. Logrando así una mezcla estable en un periodo donde las fórmulas de fertilización no se cambien, en caso de cambio de fórmulas y cantidades de fertilización se deberá hacer ajustes en el control, en segundos ajustando los tres parámetros, y capacitando al personal operativo estimamos lograr a una efectividad del 97% de estabilidad.

### **Control PID, propuesto**

#### **Tabla 20.**

*Control PID, sugerido para el control del 3% del error.*

Control PID, en segundos							
PID	N	Tiempo segundos	Salida deseada	Salida medida	$e(t)$	$e'(t)$	$\int e(t) dt$
-0,35	1	0,7	1,8	2	-0,2	-0,2	-0,02
2,45	2	1	1,8	1,3	0,5	7	0,04
0,43	3	1,3	1,8	1,4	0,4	-1	0,056
1,14	4	1,6	1,8	1,3	0,5	1	0,078
-1,25	5	1,9	1,8	1,8	0	-5	0
-2,8	6	2,2	1,8	2,5	-0,7	-7	-0,07
-1,17	7	2,5	1,8	2,6	-0,8	-1	-0,024
-1,492	8	2,8	1,8	2,7	-0,9	-1	-0,0684
1,5184	9	3,1	1,8	2	-0,2	7	-0,00632



*Nota:* Esta tabla muestra el control sugerido en 2,7 segundos de un tiempo de 3,1 segundos.

Conocido el tiempo del erro se puede decidir en qué porcentaje de este tiempo error, se desea controlar o sintonizar el error a cero, para la presente propuesta será el 3% de los 90 segundos.

### ***Expectativas de la empresa***

La expectativa fundamental de la empresa es disponer de un modelo de monitoreo de las principales variables de riego, este particular con el fin de disponer de una estabilidad en sus aplicaciones diarias de fertilizantes y soluciones nutritivas, con lo cual, se viabiliza el análisis de datos y la consecuente toma de decisiones gerenciales. Un aspecto fundamental que

persigue “Quimbiamba Roses” es impulsar la motivación de los trabajadores dentro de sus labores operativas y administrativas al ser parte de un ciclo de producción debidamente controlado y que dispone de los recursos apropiados para los fines empresariales. Por otra parte, el compromiso de los responsables de los procesos es un factor a tomar en cuenta dentro de la evolución del desempeño de la planta.

En el aspecto económico, es relevante como fin el uso y aprovechamiento adecuado de los recursos que dispone el establecimiento, pues a medida que existe una optimización de los mismos es factible la disposición de un margen de utilidad para los participantes de la actividad económica. En el ámbito de la comercialización es importante notar la generación de un producto que cumpla los requerimientos del mercado y que en base a la respuesta que se ofrece a las expectativas de los clientes, se induzca un posicionamiento en el medio externo. En el enfoque de la producción es relevante disponer de un ámbito de producción sujeto de control de las distintas variables que inciden en las características del producto y que se desarrollan en función de los requerimientos del medio.

### ***Cronograma de actividades sobre la propuesta***

#### **Tabla 21.**

*Cronograma de implementación.*

Actividades	Semana 1			Semana 2					Semana 3							
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Compra de materiales y elementos	1															
Instalación ensamble de elementos				1	1	1	1									
<i>Estructura</i>				1												
<i>Elementos hidráulicos</i>					1											
<i>Elementos eléctricos</i>							1	1								
Pruebas iniciales de software, hardware									1							
Instalación campo										1	1					
Pruebas de funcionamiento y												1				
Capacitación													1			
Seguimiento cliente, retroalimentación														1		
<b>Total, Proyecto en días</b>																<b>11</b>

*Nota:* Esta tabla define la secuencia de acciones dentro del proyecto, para la implementación del sistema automático.

En la Tabla 13, se determina el contenido de las actividades previas y relevantes para el desarrollo de la presente propuesta, en este caso, se establece un estimado de duración de las semanas identificadas como “S”. De manera complementaria, se identifica como responsable de la ejecución de las actividades a los procesos afines al ámbito de cada uno de los planes de acción. Una vez acordado la mejora el técnico responsable procede al pre ensamble, considerando no afectar la producción y con una paralización máxima permitida de 2 días.

### ***Costos de Proyecto***

Dentro de los costos asociados al desarrollo del presente proyecto se considera el proceso de fertilización, elementos electrónicos y de control, bomba inoxidable y un tanque de 5000 litros de capacidad. A continuación, el detalle de cada uno de los valores:



**Tabla 22.**

*Costos del proceso de fertilización considerando la estructura y la bomba de 3 HP.*

<b>IVA</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unit</b>	<b>V. Total</b>
12%	UNIVERSAL PVC 32 MM X 1"	2	\$ 5,66	\$ 11,32
0%	MONTURA 110 MM X 2"	2	\$ 3,93	\$ 7,86
12%	ADAPTADOR PVC MACHO 50 MM X 2"	2	\$ 2,87	\$ 5,74
12%	REDUCTOR PVC 50 MM X 32 MM	2	\$ 0,50	\$ 1,00
12%	TUBO PVC 32 MM X 1.25 MPA	1	\$ 3,90	\$ 3,90
12%	TUBO PVC 25 MM X 1.25 MPA	1	\$ 2,22	\$ 2,22
12%	TUBO PVC 20 MM X 1.25 MPA	1	\$ 2,14	\$ 2,14
12%	TEE PVC 32 MM X 25 MM	8	\$ 1,85	\$ 14,80
0%	VENTURY PVC 25 MM	3	\$ 80,00	\$ 240,00
12%	ESTRUCTURA INOX PARA BUSTER	1	\$ 260,00	\$ 260,00
12%	ADAPTADOR PVC MACHO 32 MM X 1"	1	\$ 0,98	\$ 0,98
12%	UNIVERSAL PVC 32 MM X 1"	1	\$ 5,66	\$ 5,66
0%	VALVULA PLASSON 1" DOS VIAS	1	\$ 11,00	\$ 11,00
12%	VALVULA CHEK 20 MM VDL	3	\$ 19,98	\$ 59,94
0%	CODO PVC 20 MM X 90 GR	16	\$ 0,31	\$ 4,96
12%	CODO PVC 20 MM X 45 GR	9	\$ 0,35	\$ 3,15
0%	FLUJOMETRO 500 LITROS	3	\$ 177,76	\$ 533,28
0%	ADAPTADOR PVC MACHO 20 MM X 1/2"	9	\$ 0,35	\$ 3,15
0%	BUSHING 3/4" X 1/2"	6	\$ 0,26	\$ 1,56
0%	VALVULA PLASSON 3/4" DOS VIAS	6	\$ 13,65	\$ 81,90
0%	REDUCTOR PVC 25 MM X 20 MM	6	\$ 0,18	\$ 1,08
12%	ABRAZADERA DE TUBO 32 MM	10	\$ 1,88	\$ 18,80
12%	ABRAZADERA DE TUBO 20 MM	6	\$ 0,98	\$ 5,88
0%	CODO PVC 32 MM X 90 GR	12	\$ 0,54	\$ 6,48
12%	CODO PVC 32 MM X 45 GR	6	\$ 0,51	\$ 3,06
0%	VALVULA PVC 32 MM MEDIA UNIVERZAL	2	\$ 5,18	\$ 10,36
0%	ADAPTADOR PVC H 20 MM X 1/2"	3	\$ 0,32	\$ 0,96
12%	PEGA WELDON 705 1/32	2	\$ 3,17	\$ 6,34
12%	TEFLON ALEMAN	20	\$ 0,18	\$ 3,60
12%	LIMPIA WELDON 1/2 LITRO	1	\$ 5,22	\$ 5,22
12%	GUYPES BOLA	2	\$ 0,20	\$ 0,40
12%	BOMBA 3 HP INOX "BUSTER"	1	\$ 1.292,50	\$ 1.292,50
12%	CAJA DE CONTROL PARA MOTOR 3 HP	1	\$ 240,00	\$ 240,00
	MANUAL Y AUTOMATICO MAS CABLE			\$ -
12%	SERVICIO TECNICO	1	\$ 300,00	\$ 300,00
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 3.149,24
<b>IVA 12 %</b>				\$ 269,60
<b>TOTAL</b>				\$ 3.418,84

*Nota:* Esta tabla determina los costos asociados a los materiales dentro del proceso de fertilización.

**Tabla 6.***Costos de los elementos electrónicos y de control.*

<b>IVA</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unit</b>	<b>V. Total</b>
12%	CONTROLADOR PLC TOUCHSCREEN TH	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
12%	FUENTE, SWITCHING, RELES Y TRANSFO	1	\$ 500,00	\$ 500,00
12%	CAUDALIMETRO ANALOGICO 140MM	1	\$ 830,00	\$ 830,00
12%	ENSAMBLADO DE CONTROLADOR CAJA	1	\$ 370,00	\$ 370,00
12%	EC/PH MONITOR - 3060	1	\$ 763,40	\$ 763,40
12%	EC/PH SENSOR HOLDER	1	\$ 235,40	\$ 235,40
12%	EC ELECTRODO + CONECTOR	1	\$ 170,00	\$ 170,00
12%	PH ELECTRODO + CONECTOR	1	\$ 115,00	\$ 115,00
12%	SENSOR DE NIVEL TRASMISOR DE 4- 20 M	1	\$ 350,00	\$ 350,00
12%	MEDIDOR DE CAUDAL SENSOR TRASMIS	1	\$ 830,00	\$ 830,00
12%	VALVULA DOSIFICADORA 1/2"	3	\$ 140,00	\$ 420,00
12%	SERVICIO DE TÉCNICO	1	\$ 300,00	\$ 300,00
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 6.383,80
<b>IVA 12 %</b>				\$ 766,06
<b>TOTAL</b>				\$ 7.149,86

*Nota:* Esta tabla establece los costos de los elementos electrónicos y de control.

**Tabla 7.***Costos de bomba inoxidable de 7,5 HP y tablero eléctrico.*

<b>IVA</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unit</b>	<b>V. Total</b>
0%	GUAYPES BOLA	5	\$ 0,20	\$ 1,00
12%	METROS DE CABLE SUCRE DE 2 X 18	30	\$ 0,69	\$ 20,70
12%	RADAR TIPO PERA	1	\$ 19,53	\$ 19,53
12%	TAYPE	1	\$ 0,89	\$ 0,89
12%	CAJA PLASTICA 10 X 10	1	\$ 12,00	\$ 12,00
12%	CODOS PVC 140 X 90	6	\$ 28,91	\$ 173,46
12%	TUBOS PVC 140MM X 0,8MPA X 6MTRS	2	\$ 58,14	\$ 116,28
12%	LITRO DE PEGA	1	\$ 17,36	\$ 17,36
12%	LITRO DE LIMPIA	1	\$ 12,44	\$ 12,44
0%	UNION PVC 140MM	1	\$ 19,78	\$ 19,78
12%	BOMBAS DE 7,5HP TRIFASICA	2	\$ 1.980,00	\$ 3.960,00
12%	ARRANCA PARA BOMBA DE 7.5 HP CON VARIADOR DE FRECUENCIA	2	\$ 790,00	\$ 1.580,00
12%	METROS DE CABLE SUCRE 3 X 10	50	\$ 3,90	\$ 195,00
12%	TAYPES	5	\$ 0,89	\$ 4,45
12%	CANALETA METALICA 10 X 10 X 3 MAS T	6	\$ 4,00	\$ 24,00
12%	METROS DE MANGUERA METALICA DE 3	5	\$ 1,90	\$ 9,50
12%	BRIDAS PVC 110	2	\$ 18,02	\$ 36,04
0%	ADAPADOR M. PVC 110 X 4	2	\$ 14,15	\$ 28,30
12%	EMPAQUES PVC 90MM	2	\$ 3,03	\$ 6,06
12%	TUBO PVC 110 X 0,8MPA X 6MPA	1	\$ 34,54	\$ 34,54
0%	CODO PVC 110 X 90	2	\$ 5,88	\$ 11,76
12%	BRIDAS PVC 110	4	\$ 18,02	\$ 72,08
12%	PERNOS 5/8 X 4	8	\$ 3,28	\$ 26,24
12%	UNION PVC 110	4	\$ 7,78	\$ 31,12
0%	REDUCTOR PVC 110 X 75	4	\$ 2,42	\$ 9,68
12%	EMPAQUES PARA BRIDA 90MM	2	\$ 3,03	\$ 6,06
12%	TAPON PVC 140	1	\$ 14,86	\$ 14,86
0%	TEE PVC 140	3	\$ 41,65	\$ 124,95
0%	REDUCTRO PVC 110 X 75	3	\$ 2,45	\$ 7,35
12%	VALVULA DE ALIVIO DE PRESION	1	\$ 245,00	\$ 245,00
12%	ADAPTADOR M. PVC 63 X 2	2	\$ 2,20	\$ 4,40
12%	TUBO PVC 63 MM X 1,00MPA X 6MTRS	1	\$ 14,35	\$ 14,35
12%	LITRO DE PEGA	1	\$ 17,36	\$ 17,36
12%	LITRO DE LIMPIA	1	\$ 12,44	\$ 12,44
12%	TEFLON ROJO	60	\$ 0,18	\$ 10,80
12%	SELLADOR 100CC	2	\$ 10,13	\$ 20,26
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 6.900,04
<b>IVA 12 %</b>				\$ 828,00
<b>TOTAL</b>				\$ 7.728,04

*Nota:* Esta tabla establece los costos de la bomba inoxidable y sus accesorios.

**Tabla 25.***Costos de tanque de 5000 lts.*

<b>IVA</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unit</b>	<b>V. Total</b>
12%	CODOS PVC 140 X 90	6	\$ 28,91	\$ 173,46
12%	TUBOS PVC 140 X 0,8MPA X 6MTRS	15	\$ 58,14	\$ 872,10
12%	UNION PVC 140	1	\$ 19,78	\$ 19,78
12%	REDUCTOR PVC 140 X 110	5	\$ 11,57	\$ 57,85
0%	REDUCTOR PVC 110 X 90	5	\$ 2,98	\$ 14,90
12%	TEE PVC 140	4	\$ 41,65	\$ 166,60
0%	REDUCTOR PVC 90 X 75	4	\$ 1,62	\$ 6,48
12%	TANQUE DE 5000L.	1	\$ 817,88	\$ 817,88
12%	SERVICIO TECNICO	1	\$ 450,00	\$ 450,00
0%	GUAYPES BOLA	5	\$ 0,20	\$ 1,00
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 2.580,05
<b>IVA 12 %</b>				\$ 309,61
<b>TOTAL</b>				\$ 2.889,66

*Nota:* Esta tabla establece los costos del funcionamiento del tanque de 5000 litros.

El costo total se determina por la suma de cada uno de los totales que son parte del desarrollo de la infraestructura, la instalación o servicio técnico se consideró por los dos días que se tomarían dos técnicos en realizar las mejoras con un costo diario de 525 USD, con lo cual, se tiene:

**Tabla 26.***Costo total, implementación.*

<i>Costos</i>	
Compra de materiales y elementos	20139,37
Instalación ensamble de elementos	1050
Estructura	100
Elementos hidráulicos	450
Elementos eléctricos	500
Pruebas iniciales de software, hardware	100
Instalación campo	400
Pruebas de funcionamiento y calibración	100
Capacitación	100
Seguimiento cliente, retroalimentación	10
<b>Costo global proyecto</b>	<b>21899,37</b>

*Nota:* Esta tabla indica el costo total de la automatización del proyecto de riego.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

En lo relacionado al objetivo específico 1, que se orientó al diagnóstico del establecimiento y posterior aplicación del Diagrama de Ishikawa, mediante la revisión y análisis de los datos históricos del riego más fertilizantes de la empresa, fue posible conocer las particularidades del actual sistema de riego y el consecuente desempeño de los niveles de EC y pH, también en base a los estándares establecidos y sugeridos por el Agrónomo de EC 1,8 mS/cm y pH 5,5, mediante un análisis estadístico, se comprobó que el porcentaje de error del pH sobre el valor ideal 5,5 existe un error de +100% de este porcentaje el +69% se encuentra sobre el límite superior, el +31% se encuentra sobre el valor ideal, con una efectividad del 0%, en cuanto a la electro conductividad (EC) se comprobó los errores del -50% bajo el valor ideal, el +39% sobre el valor ideal, con una efectividad del 11%, además se pudo comprobar el porcentajes bajo el límite inferior un -33%, un 8,3% en el límite inferior, y sobre el límite superior +27,8%, un 11,1% en el límite superior, y tan solo un 19% se encuentra dentro de los límites. Con la nueva propuesta el Ph pasara del 0% de efectividad al valor ideal al 97%, la EC de del 11% de efectividad al 97%.

Sobre el objetivo específico 2, Se identificó la demanda hídrica diaria del cultivo en base al diseño agronómico e hidráulico de la finca de 170 m<sup>3</sup>/día, para las 5 Ha, de cultivo de rosas, revisando además los datos técnicos de los elementos principales del actual sistema de riego como: capacidad del reservorio, bomba principal de goteo, bomba de fertilización, puntos de operación del sistema en bares, capacidad de filtrado m<sup>3</sup>/h, capacidad de conducción de la tubería principal en m<sup>3</sup>/h, tiempo de riego diario en horas. Tiempos de llenado de las mangueras de goteo en segundos, tiempo llegada de fertilizantes caseta riego a válvulas campo, estos datos permitieron encontrar el modelo adecuado para el sistema de control con un enfoque a corregir los errores actuales del sistema, considerando el factor crítico a controlar el llenado de las mangueras de goteo en 90 segundos identificando como el 100% donde ocurre el error, según análisis tabla 10, de este error de propone corregir el 97% conociendo así el tiempo 3% que corresponde a 2,7 segundos

donde se propone un control PID según Figura 24. El proyecto mejorara la eficiencia del caudal de la bomba principal del 42% al 61%, y la reducción del -50% del tiempo asignado para el riego por goteo.

En función del objetivo específico No. 3 relacionado diseño y funcionalidad del sistema automático de EC y pH, con un control PID, se seleccionaron los sensores de EC y pH, controlador como el PLC + HMI incorporado, la nueva bomba de fertilización inoxidable, la estructura inoxidable, las dos bombas inoxidables operaran en el punto de operación N2, y el tanque de homogeneización, y elementos PVC, los diagramas de conexión eléctrica tanto como para control y fuerza de las bombas centrifugas considerando su consumo nominal de corriente de cada elemento, el flujo y la programación del PLC en Ladder consta el anexo 7. Con la propuesta del control PID se logrará pasar del 100% errores al 97% de control, en un tiempo de 2,7 segundos.

### **Recomendaciones**

La dosificación de fertilizantes y soluciones nutritivas en el cultivo de rosas bajo invernadero presenta variación en su aplicación diaria, por lo mismo, se recomienda el control permanente de las variables de electro conductividad y pH del agua de riego en la fuente de abastecimiento de agua, y en campo con muestras periódicas, así como también el análisis físico y químico del agua y del suelo, deberá implementar en la caseta de riego informativos de la importancia del control del EC 1,8 mS/cm y pH 5,5 y sus respectivos parámetros ideal.

La infraestructura que es parte del ciclo de producción de Quimbiamba Rosas debe disponer de un efectivo funcionamiento, realizando calibraciones de los sensores de EC y pH, con soluciones búfer certificadas, así como los mantenimientos preventivos de los elementos, es recomendable la calibración y evaluar periódica de los sensores considerando la vida útil y la ficha técnica de cada elemento, con la finalidad de conocer el desempeño del proceso de medición vinculado a la electroconductividad y pH del agua de riego, para lograr las mezclas estable y una distribución homogénea de cada elemento que el Agrónomo decida aportar al suelo para mantener o mejorar la productividad tallos planta, ( normal =1 tallo planta mes) y (optimo >1.2 tallos planta mes). Con esta herramienta se podrá decidir mantener la producción o aumentar la producción. También cabe mencionar el diseño de la presente propuesta permite crecer su área de producción

ya que la demanda hídrica propuesta de 170 m<sup>3</sup>/h se lograra ejecutaren 4,72 horas laborables siendo el 59% de las horas laborables quedado un 41% de tiempo para posible crecimiento de área productiva.

Los factores externos que afectan al sistema automático se deberá tener en cuenta en todo el ciclo productivo, tales como: cambio de fórmulas de fertilización por ajustes según el análisis físico químico del agua por parte del Agrónomo, mantener las concentraciones porcentuales de cada elemento o fertilizante, cambios en el abastecimiento de la fuente de agua, Una vez establecido el set point, el equipo realizara el ajuste en el menor tiempo posible, la gestión de los valores óptimos EC óptimo de 1,8 mS/cm, de pH 5,5. Con errores de +/- 3% Cabe mencionar que esta opción forma parte de una herramienta más para el control, el nivel de eficiencia del equipo dependerá del personal operativo.



## Referencias

CORPORATEIT, noticias de tecnología & negocios (junio 16,2020)

América Latina: 64% de las empresas está probando la automatización.<https://corporateit.cl/index.php/2020/06/16/america-latina-64-de-las-empresas-esta-probando-la-automatizacion/>

Cartsten, R. (Agosto de 2017). *Automatización de un cultivo hidropónico NFT para el control de temperatura, riego y mezcla de solución nutritiva, ubicada en la zona urbana de Quito*. (UPS, Ed.) Recuperado el 27 de 02 de 2022, de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14533>

Cid, D. (2016). *Fundamentos de investigación*. Alfa.

Corporate It. (2020). Obtenido de <https://corporateit.cl/>

Cruz, L. (2016). *Diseño e implementación de un control de pH, conductividad y monitoreo del nivel de agua para el cuidado cultivos hidropónicos de uso doméstico*. Recuperado el 26 de 02 de 2022, de <https://www.coursehero.com/file/110513122/CruzVel%C3%A1squezLeonardo2016Paquapdf/>

Diaz, F., & Caldez, J. (2018). *SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL RECONOCIMIENTO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS RECICLABLES (PLÁSTICO, VIDRIO, PAPEL Y*. (U. C. Colombia, Ed.) UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA. Recuperado el 26 de 02 de 2022, de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22412/1/Documento%20Final.pdf>

Expoflores. (2021). *expoflores.com*. (Expoflores, Ed.) Recuperado el 28 de 02 de 2022, de <https://expoflores.com/>

Gómez, M. (2016). *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica*. Brujas.

Granda, W. (11 de 2000). *Control de E. C. y pH utilizando un controlador dedicado*. (EPN, Ed.) EPN. Recuperado el 01 de 03 de 2022, de <https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-MARCdetail.pl?biblionumber=1380>

Greenpeace México. (26 de 12 de 2020). *Huella de carbono: aprende a calcular tu impacto ambiental*. Recuperado el 03 de 11 de 2021, de <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9386/huella-de-carbono/>

Guallasamin, K. (2018). *Huella de carbono del cultivo de rosas en Ecuador comparando dos metodologías: GHG Protocol vs. PAS 2050/ Carbon footprint of the cultivation of roses in Ecuador comparing two methodologies: GHG Protocol vs. PAS 2050*. *Letras verdes*(24). Recuperado el 04 de 11 de 2021, de <https://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/article/view/3091>

Herrera, J. (2017). *Diseño de un sistema de control hidropónico para la Granja Experimental Yuyucocha e implementación de un módulo didáctico*. (UTN, Ed.) UTN. Recuperado el 28 de 02 de 2022, de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7569>

ISO. (2015). *ISO 9000:2005(es)*. (ISO, Ed.) Recuperado el 25 de 02 de 2022, de <https://www.iso.org/obp>

ISO. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario*. (ISO, Ed.) Recuperado el 26 de 02 de 2022, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-3:v1:es>

Lema, I. (2018). *Implementación de un sistema automático de riego por goteo*. (Espoch, Ed.) Recuperado el 28 de 02 de 2022

Merino, D., & Silva, F. (2017). *Implementación de un sistema automático de fertilización en cultivos hidropónicos, para mejorar el proceso de producción del cultivo*. (UTC, Ed.) Recuperado el 26 de 02 de 2022, de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4047>

Moreno, A. (2017). *DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO Y DE CONTROL PARA PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA*. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. Recuperado el 25 de 01 de 2022, de [https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/21456/1/Tesis\\_MorenoSuazo.pdf](https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/21456/1/Tesis_MorenoSuazo.pdf)

Rodriguez, R., & Ulcuango, K. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero "Clara Llumiquinga" sector de Patután provincia de Cotopaxi*. UTC. Recuperado el 26 de 02 de 2022, de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4528>

<https://web.s.ebscohost.com/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzI1MDAwMTZfX0FOO?sid=529d3bcf-ad0a-4401-b4e2-8527a1ffea0c@redis&vid=9&format=EB&rid=8>

MLA, 9.<sup>a</sup> edición (Modern Language Assoc.)  
Felipe Durán Ramírez. *Sistemas de Riego*. Grupo Latino Editores, 2020.

APA, 7.<sup>a</sup> edición (American Psychological Assoc.)  
Felipe Durán Ramírez. (2020). *Sistemas de Riego*. Grupo Latino Editores.

## NUTRICIÓN Y RIEGO

[https://www.researchgate.net/publication/320387356\\_Cultivo\\_de\\_Rosas\\_para\\_Exportacion](https://www.researchgate.net/publication/320387356_Cultivo_de_Rosas_para_Exportacion)

Galcon

<https://es.galconc.com/sensores-y-medidores-2/#>

COOLMAY, manual de programación

[https://www.coolmay.com.ar/descargas/manuales/Manual\\_Completo\\_EX3G.pdf](https://www.coolmay.com.ar/descargas/manuales/Manual_Completo_EX3G.pdf)

Dillenburg, Marcos R. **“Indo Além do Controle P.I.D.”**.

Disponível: <https://www.novus.com.br/downloads/Arquivos/indoalemdocontrolepid.pdf>

## **ANEXOS**

*Anexo 1. Especificaciones de la bomba*

# Technical data

Pump name 2CDX 120/306

Customer	Date 2022 06 24	Company
Contact	Item no.	Issued by
Phone	Project	Phone
E-mail	Project ID	E-mail

## Requested data

1	Pump type	CENTRIFUGAL PUMPS	Fluid	Water
2	Number of pumps / Reserve	1 / 0	Liquid temperature	°C 20
3	Flow	m <sup>3</sup> /h 6	Kin. viscosity	mm <sup>2</sup> /s 1.005
4	Head	m 46.62	Vapour pressure	psi 0.3394
5	Geodetic head	m 0	PH value	
6	Inlet pressure (pin)	psi 0	Density	kg/m <sup>3</sup> 998.3
7	Available system NPSH		Solids	Weight % 0
8	Ambient temperature	°C 20		

## Pump

9	Pump name	2CDX 120/306	Frequency	Hz 60
10	Design	CENTRIFUGAL PUMPS	Installation type	STANDARD
11	Manufacturer	EBARA	Impeller Diameter	Max. mm - Designed mm 132(No.2) Min. mm -
12	Speed	1/min 3400		
13	No. of Stage	2		
14	Connection Suction side	UNI ISO 228	Flow	Operating m <sup>3</sup> /h 6.37 Max- m <sup>3</sup> /h 11.4 Min- m <sup>3</sup> /h 2.4
15	Connection Discharge side	UNI ISO 228		
16	Max. Working Pressure	psi 116.03		
17	Shut-off head	psi 91.60	Head	Operating m 52.6 - (Qmax.) m 41.0 - (Qmin.) m 60.1
18	Total weight	kg See the table of "Dimensions".		
19	Shaft power	kW 1.77		
20			Max. Shaft Power at max. impeller	kW 2.19
21	Required pump NPSH	m 1.8	Efficiency	% 51.6

## Materials

22	Impeller	AISI 304		
23	Casing	AISI 304		
24	Shaft	AISI 304 (wet extension)		
25				
26				
27				

## Motor

28	Manufacturer	EPE Standard	Insulation class	F
29	Type	TEFC_2CDX 120/306_220_Three Phase	Phases	3~
30	Specific design	E2 / 60 Hz / Pole pairs 1	Frame size	
31	Rated power	kW 2.2	Weight	kg
32	Number of poles	2	Electric voltage	V 220
33	Speed	1/min 3400	Electric current	A 7.5
34	Degree of protection	IP 55		
35				

## Remarks



# Performance curve

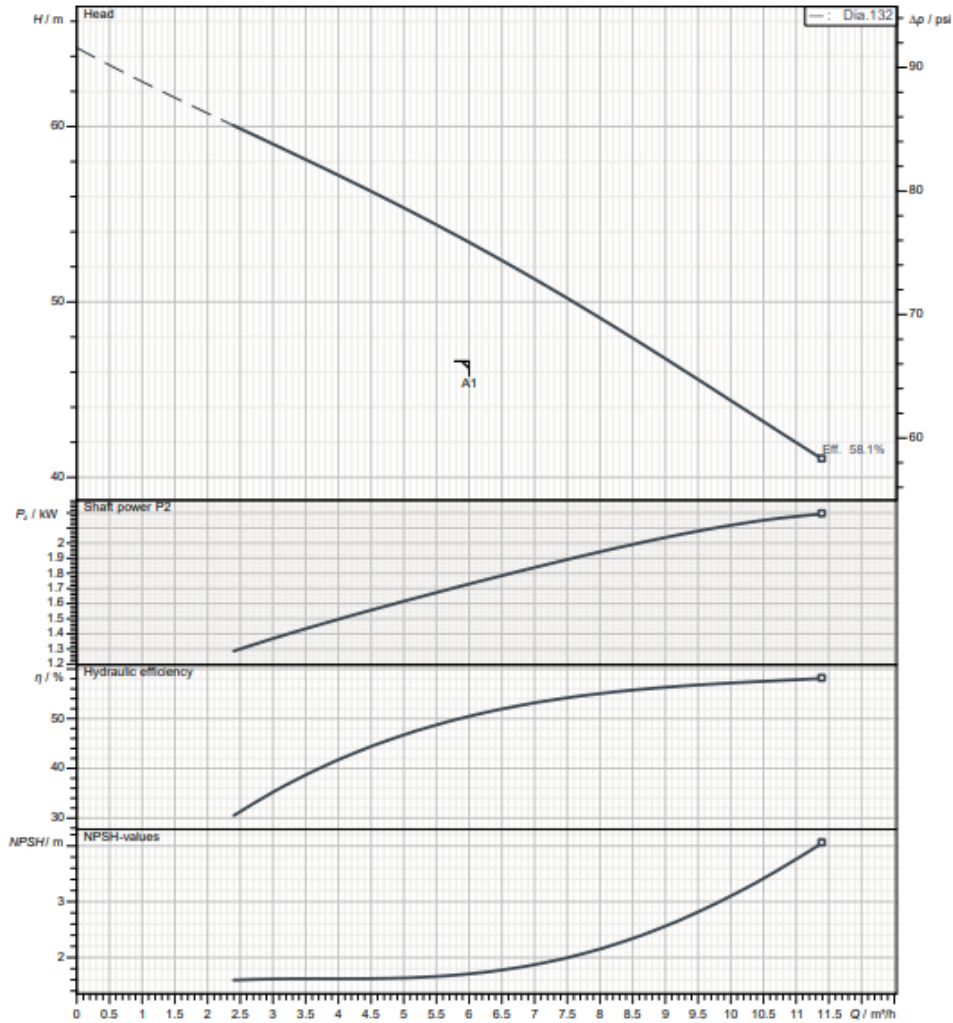
Pump name 2CDX 120/306

Customer	Date	2022-05-24	Company
Contact	Item no.		Issued by
Phone	Project		Phone
E-mail	Project ID		E-mail

Requested data		Pump							
1	Flow	m <sup>3</sup> /h	6	Operating Flow	m <sup>3</sup> /h	6.37	Impeller Diameter Designed	mm	132(No.2)
2	Head	m	46.62	Operating Head	m	52.8	Frequency	Hz	60
3	Geodetic head	m	0				Speed	1/min	3400

Test standard: ISO 9906:2012 - Grade3B

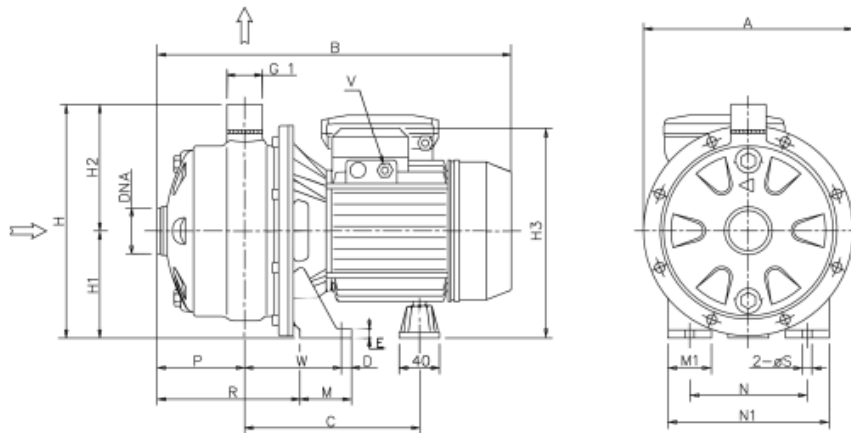
Water; 20°C; 998.3kg/m<sup>3</sup>; 1mm<sup>2</sup>/s



## Dimensions

Pump Name 2CDX 120/306

Customer	Date	2022-05-24	Company
Contact	Item no.		Issued by
Phone	Project		Phone
E-mail	Project ID		E-mail



Dimensions in		mm					
1	A	208	P	89			
2	B	355	R	142			
3	C	199	V	PG 11			
4	D	12.5	W	95			
5	Dia S	9	Weight P&M	[20] 1 kg			
6	DNA	G 1 1/4					
7	E	8					
8	H	229					
9	H1	106					
10	H2	123					
11	H3	225					
12	M	55					
13	M1	40					
14	N	140					
15	N1	180					

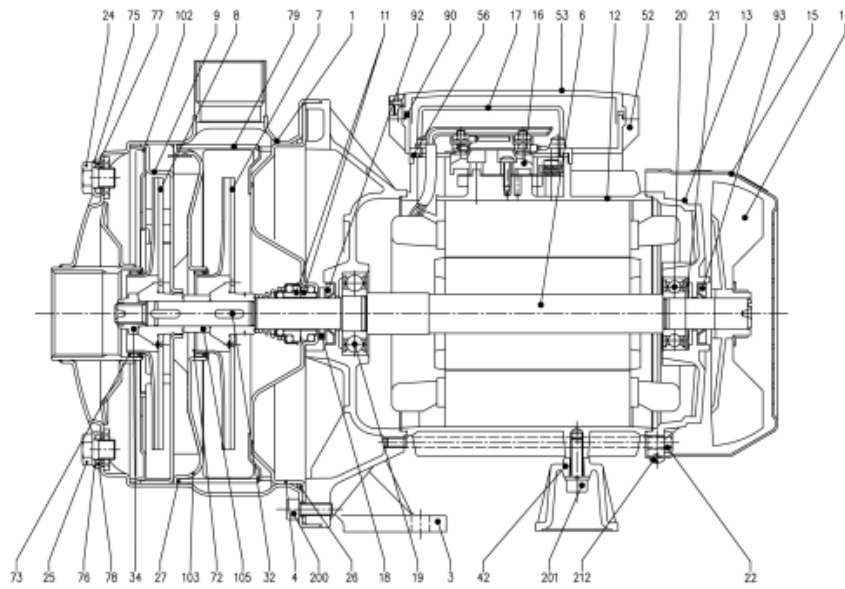




**(1/3)**  
**Construction**

Pump Name 2CDX 120/306

Customer	Date 2022-05-24	Company
Contact	Item no.	Issued by
Phone	Project	Phone
E-mail	Project ID	E-mail



(2/3)

## Construction

Pump Name 2CDX 120/306

Customer	Date	2022-05-24	Company
Contact	Item no.		Issued by
Phone	Project		Phone
E-mail	Project ID		E-mail

N°	PART NAME	MATERIAL	Q.TY
1	Casing	AISI 304	1
3	Motor bracket	[4]	1
4	Casing cover	AISI 304	1
6	Shaft with rotor	AISI 304 (Wet extension)	1
7	Impeller	AISI 304	1
8	Impeller	AISI 304	1
9	Diffuser	AISI 304	1
11	Mechanical seal [6]	Ceramic/Carbon/NBR	1
12	Motor frame with stator	-	1
13	Motor cover	Aluminium	1
14	Fan	PA	1
15	Fan cover	Fe PD4 Zincate	1
16	Terminal board	-	1
17	Terminal box cover [2]	Aluminium	1
18	Splash ring	NBR	1
19	Pump side ball bearing	-	1
20	Fan side ball bearing	-	1
21	Adjusting ring	Steel C70	1
22	Tie rod	Fe 420 Zincate	4
23	Capacitor [1]	-	1
24	Priming plug	AISI 304	1
25	Drain plug	AISI 304	1
26	O-ring [3]	NBR	1
27	O-ring [3]	NBR	1
32	Key	AISI 316	2
34	Impeller nut	AISI 304	1
42	Motor support	Aluminium	1
52	Capacitor box [1]	ABS class V-0	1
53	Capacitor box cover [5]	ABS class V-0	1
56	Box gasket	NBR	1
72	Casing ring [3]	NBR	1
73	Casing ring [3]	NBR	1
75	Washer	AISI 304	1
76	Washer	AISI 304	1
77	O-ring [3]	NBR	1
78	O-ring [3]	NBR	1
79	Space diffuser	AISI 304	1
90	Terminal box cover gasket [7]	NBR	1
92	Lip seal	-	1
93	Lip seal	-	1
102	Suction cover	AISI 304	1
103	Conveyor cover	AISI 304	1
105	Sleeve	AISI 304	1
110	Protector [1]	-	1
200	Screw	Stainless steel A2 UNI7323	8
201	Screw	Zincate Steel	4
212	Screw	Zincate Steel	1

- [1] Only for single phase  
[2] Only for three phase  
[3] FPM for H, HS, HW, HSW  
EPDM for E and Special Mechanical Seals  
[4] Material: Aluminium for version up to 2.2 kW included  
Cast iron for version 3.0 kW and above  
[5] With gasket in NBR only for version single phase 2CDXM 70/106  
[6] See **CONSTRUCTION 3**  
[7] Only for version single phase 2CDXM 70/206; 2CDXM 70/306

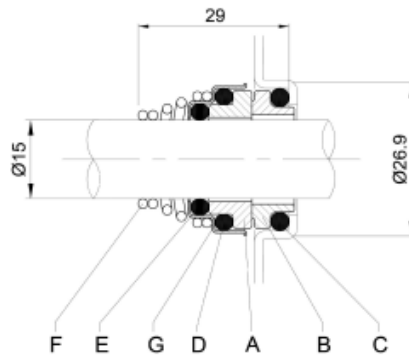


(3/3)

**Construction**

Pump Name 2CDX 120/306

Customer	Date 2022-05-24	Company
Contact	Item no.	Issued by
Phone	Project	Phone
E-mail	Project ID	E-mail



REF	PART NAME	MATERIAL Standard
A	Rotary seal ring	Ceramic
B	Stationary seal ring	Carbon graphite
C	O-Ring	NBR
D	O-Ring	NBR
E	O-Ring	NBR
F	Self-driving spring	AISI 316
G	Frame	AISI 304



Anexo 2. Especificaciones de la bomba Teebe 10 hp, bifásico 220 Vac.

## Performance Curve

Pump Name

3M 50-125/7.56

Customer	Date	2022-07-07	Company
Contact	Item no.		Issued by
Phone	Project		Phone
E-mail	Project ID		E-mail

Requested data

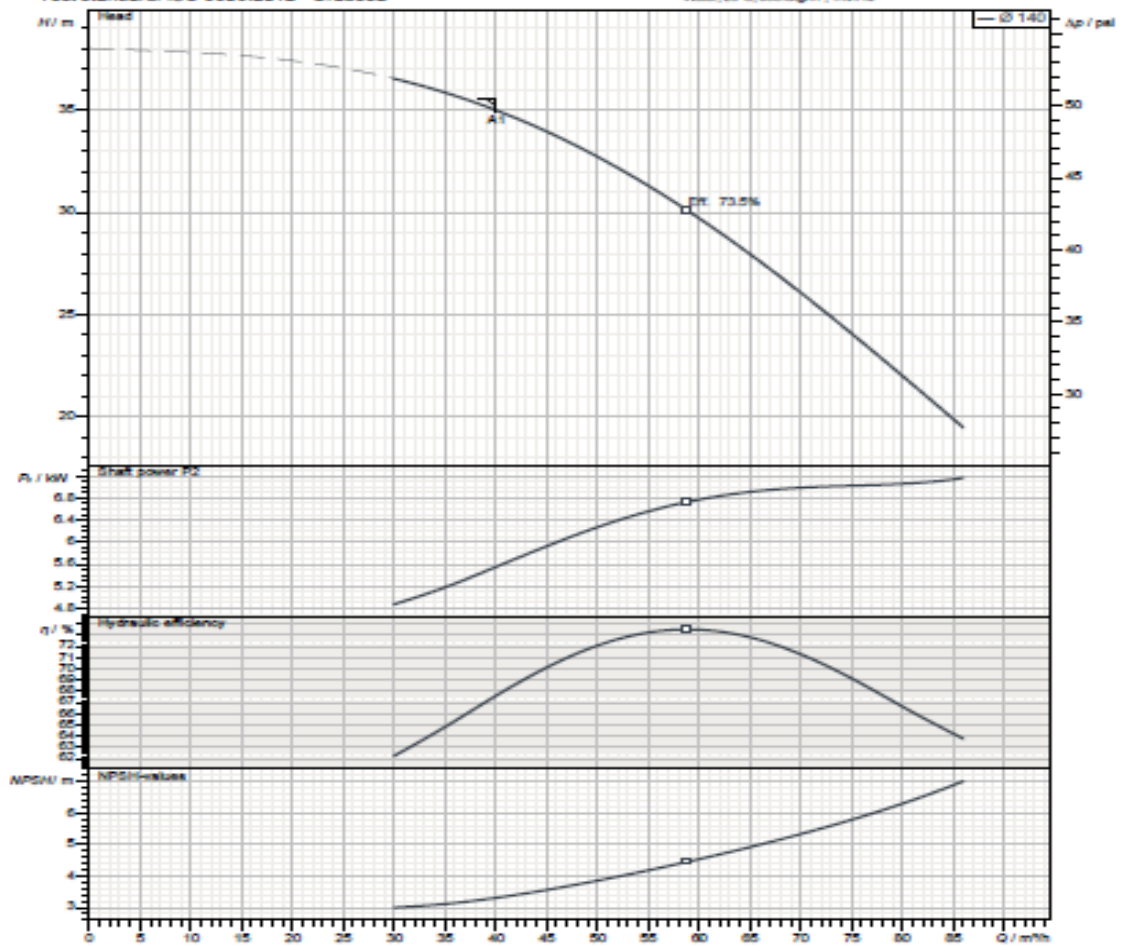
1	Flow	m <sup>3</sup> /h	40
2	Head	m	35.5
3	Geodetic head	m	0

Pump

Operating Flow	m <sup>3</sup> /h	39.7	Frequency	Hz	50
Operating Head	m	35.0	Number of poles		2
Impeller diameter designed	mm	140	Speed	1/min	3480

Test standard: ISO 9906:2012 - Grade 3B

Water: 20°C, 998.2kg/m<sup>3</sup>, 1m<sup>3</sup>/s



Anexo 3. Especificaciones de la bomba Teebe 10 hp, bifásico 220 Vac

MODELO	CV	ESTÁGIO	SUCÇÃO	RECALQUE	ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL - EM METROS (M.C.A.)																									ALTURA MÁXIMA		
					6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54		56	58
					VAZÃO - METROS CÚBICOS POR HORA																											
THB-18	4,0	1	3"	2½"	72.0	66.5	61.0	54.0	47.1	38.2	24.0	0																	19.0			
THB-18	5,0	1	3"	2½"	81.0	77.0	73.1	68.0	62.8	57.5	50.0	40.3	25.2	0															23.0			
THB-18	6,0	1	3"	2½"	87.0	84.6	81.0	76.6	72.2	67.4	61.8	55.0	46.7	35.2	0														25.8			
THB-18	7,5	1	3"	2½"				87.0	84.0	80.5	76.2	71.3	66.6	60.1	53.4	44.7	30.5	0											31.0			
THB-18	10,0	1	3"	2½"						90.0	88.1	85.2	81.8	78.2	74.4	70.0	65.1	58.5	50.3	38.0	0								37.0			
THB-18	12,5	1	3"	2½"								90.0	89.1	86.6	84.0	81.7	78.4	75.2	71.9	67.8	63.0	56.5	48.0	0					45.8			
THB-18	15,0	1	3"	2½"											90.0	88.3	85.0	81.8	78.0	74.0	69.1	64.2	58.1	50.0	39.3	0			51.7			
THB-18	20,0	1	3"	2½"													92.0	89.1	85.2	82.0	78.3	74.0	69.5	64.4	58.9	51.6	38.3	0	56.0			

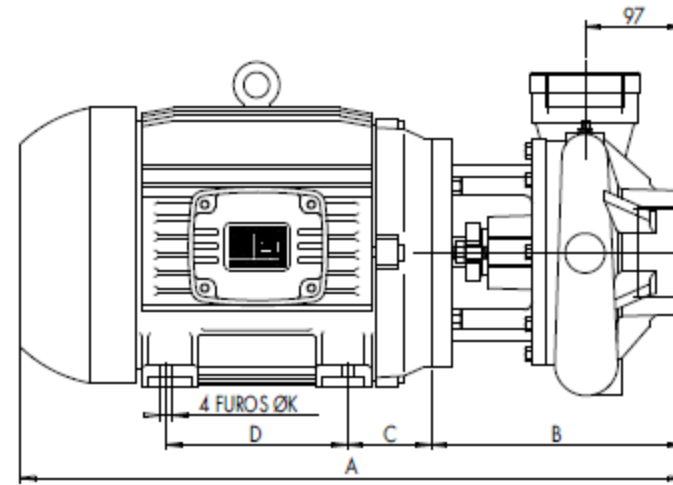
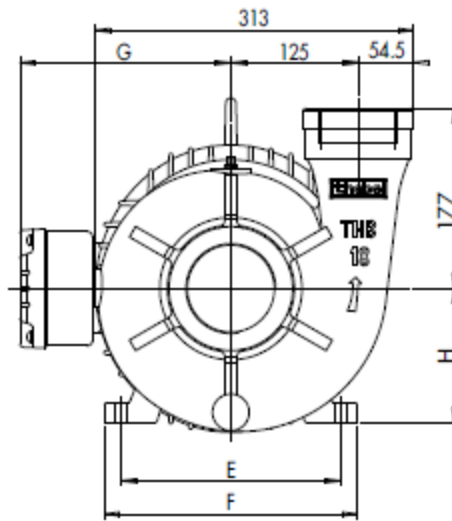
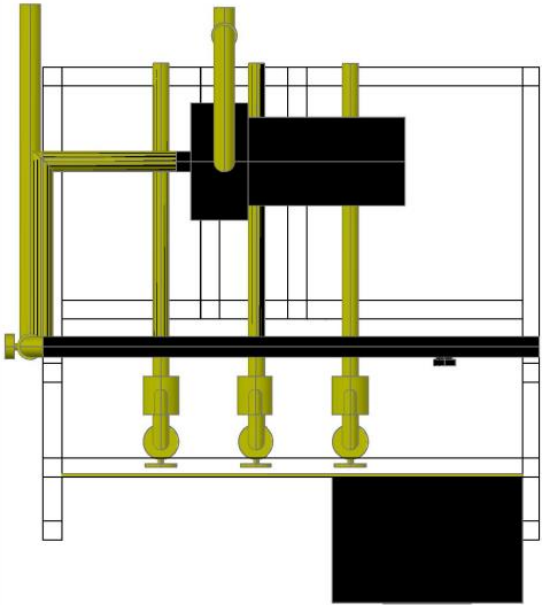
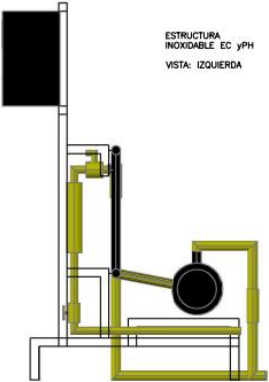
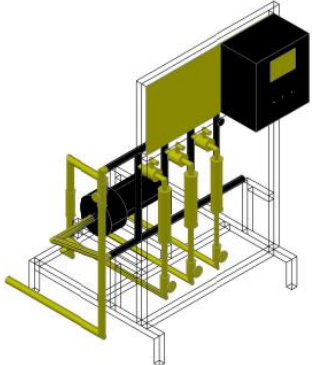


Tabela de Códigos e Medidas THB-18(F) Selo/Gaxeta

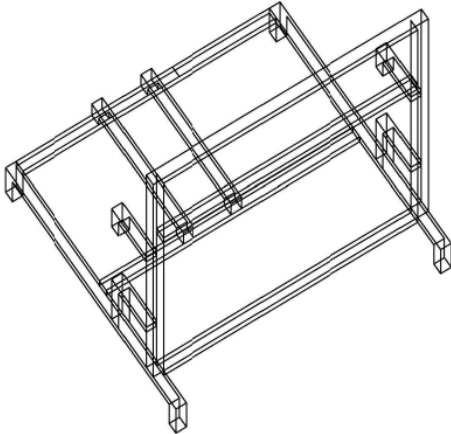
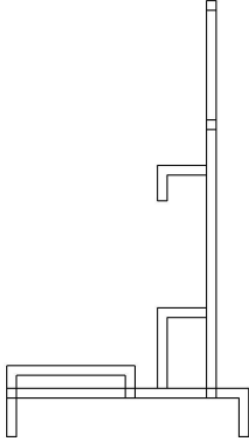
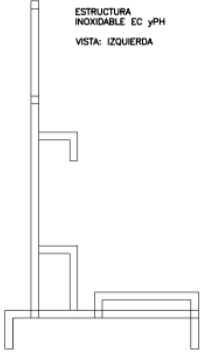
Modelo	CV	THB-18 Selo	THB-18 Gaxeta	A	B	C	D	E	F	G	H	K
		Código	Código									
THB-18(R) Tri	4.0	117.01.215083	117.01.217083	520	243	52	125	140	164	150	90	10
	5.0	117.01.215093	117.01.217093	557		59	140	160	188	160	100	12
	6.0	117.01.215103	117.01.217103	574	66	140	190	220	180	112	12	
	7.5	117.01.215113	117.01.217113	615	248	83	178	216	248	207	132	12
	10.0	117.01.215123	117.01.217123	615								
	12.5	117.01.215133	117.01.217133	653								
	15.0	117.01.215143	117.01.217143	653								
20.0	117.01.215153	117.01.217153	731	102								
THB-18(R) MonoF.	4.0	117.01.215084	117.01.217084	613	243	66	140	190	220	187	112	12
	5.0	117.01.215094	117.01.217094	607								
	7.5	117.01.215114	117.01.217114	658	248	83	178	216	248	199	132	
	10.0	117.01.215124	117.01.217124	653								
	12.5	117.01.215134	117.01.217134	678								
15.0	117.01.215144	117.01.217144	678									

	Projeto	Desenho	Elaborado
	Desenho	Data	Revisão
	A.P. Scarpel	16/02/04	-
	Ver Tabela	%	mm
			3" BSP
			2 1/2" BSP
Bomba THB-18(R)			215186

# Anexo 4. Estructura inoxidable EC y PH

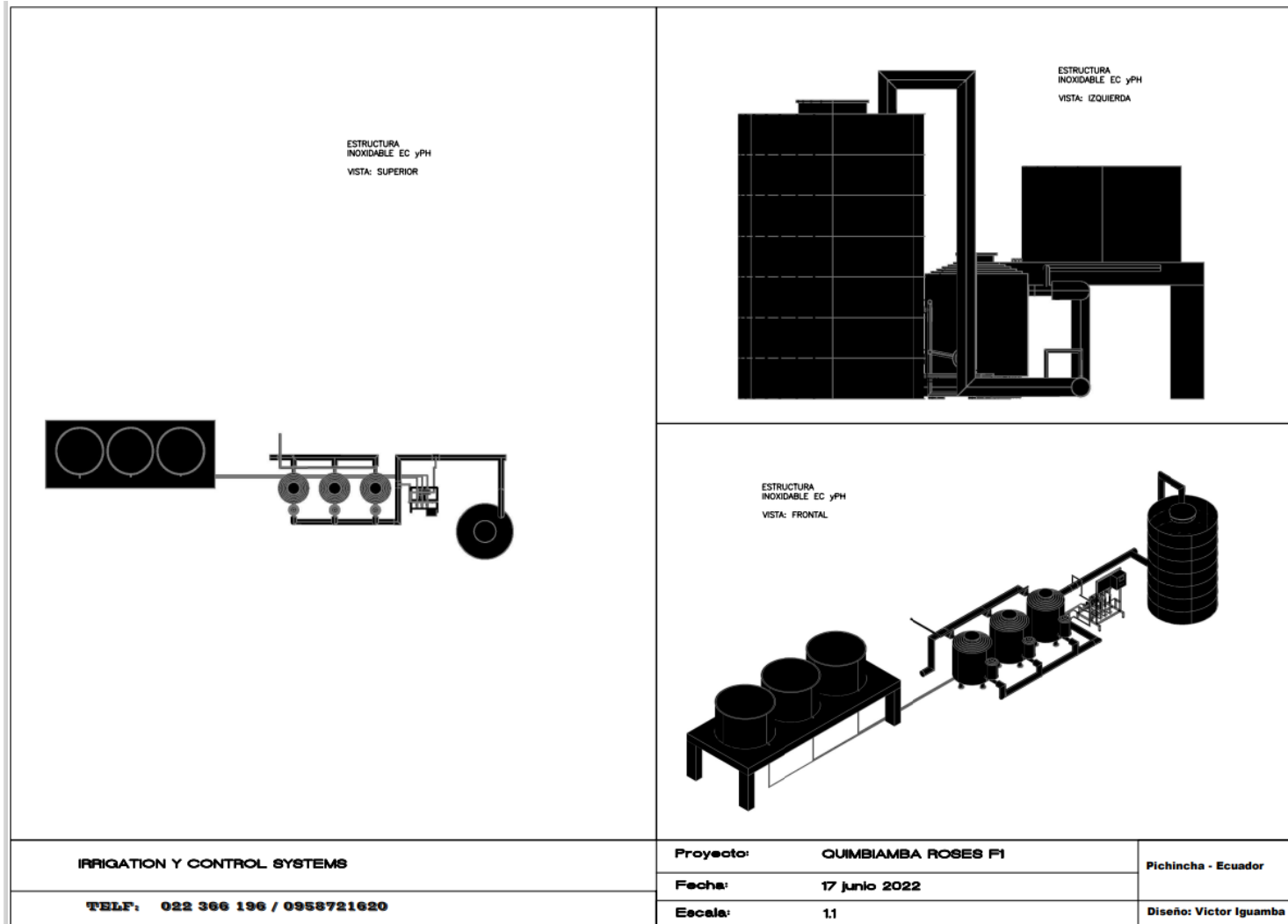
 <p>ESTRUCTURA INOXIDABLE EC yPH VISTA: SUPERIOR</p>	 <p>ESTRUCTURA INOXIDABLE EC yPH VISTA: IZQUIERDA</p>	
	 <p>ESTRUCTURA INOXIDABLE EC yPH VISTA: DERECHA</p>	
<p><b>IRRIGATION Y CONTROL SYSTEMS</b></p> <p><b>TELEF: 022 366 196 / 0958721620</b></p>	<p><b>Proyecto:</b> GUMBIAMBA ROSES F1</p> <p><b>Fecha:</b> 17 Junio 2022</p> <p><b>Escala:</b> 1:1</p>	<p><b>Pichincha - Ecuador</b></p> <p><b>Diseño:</b> Victor Iguamba</p>

Anexo 5. Estructura de EC – PH

<p style="text-align: right;">ESTRUCTURA INOXIDABLE EC yPH VISTA: SUPERIOR</p> 	<p style="text-align: center;">ESTRUCTURA INOXIDABLE EC yPH VISTA: IZQUIERDA</p> 	
	<p style="text-align: center;">ESTRUCTURA INOXIDABLE EC yPH VISTA: IZQUIERDA</p> 	
<p><b>IRRIGATION Y CONTROL SYSTEMS</b></p> <p><b>TELF: 022 366 196 / 0958721620</b></p>	<p><b>Proyecto: QUIMBIAMBA ROSES F1</b></p> <p><b>Fecha: 17 Junio 2022</b></p> <p><b>Escala: 1:1</b></p>	<p><b>Pichincha - Ecuador</b></p> <p><b>Diseño: Victor Iguamba</b></p>



Anexo 6. Caseta de riego



Anexo 7. Programa en Ladder para el control, con un sistema lazo cerrado control PID

Title
Comment
Prepared By
Date

---

PLC Parameter  
Data Name : PLC System  
PLC System

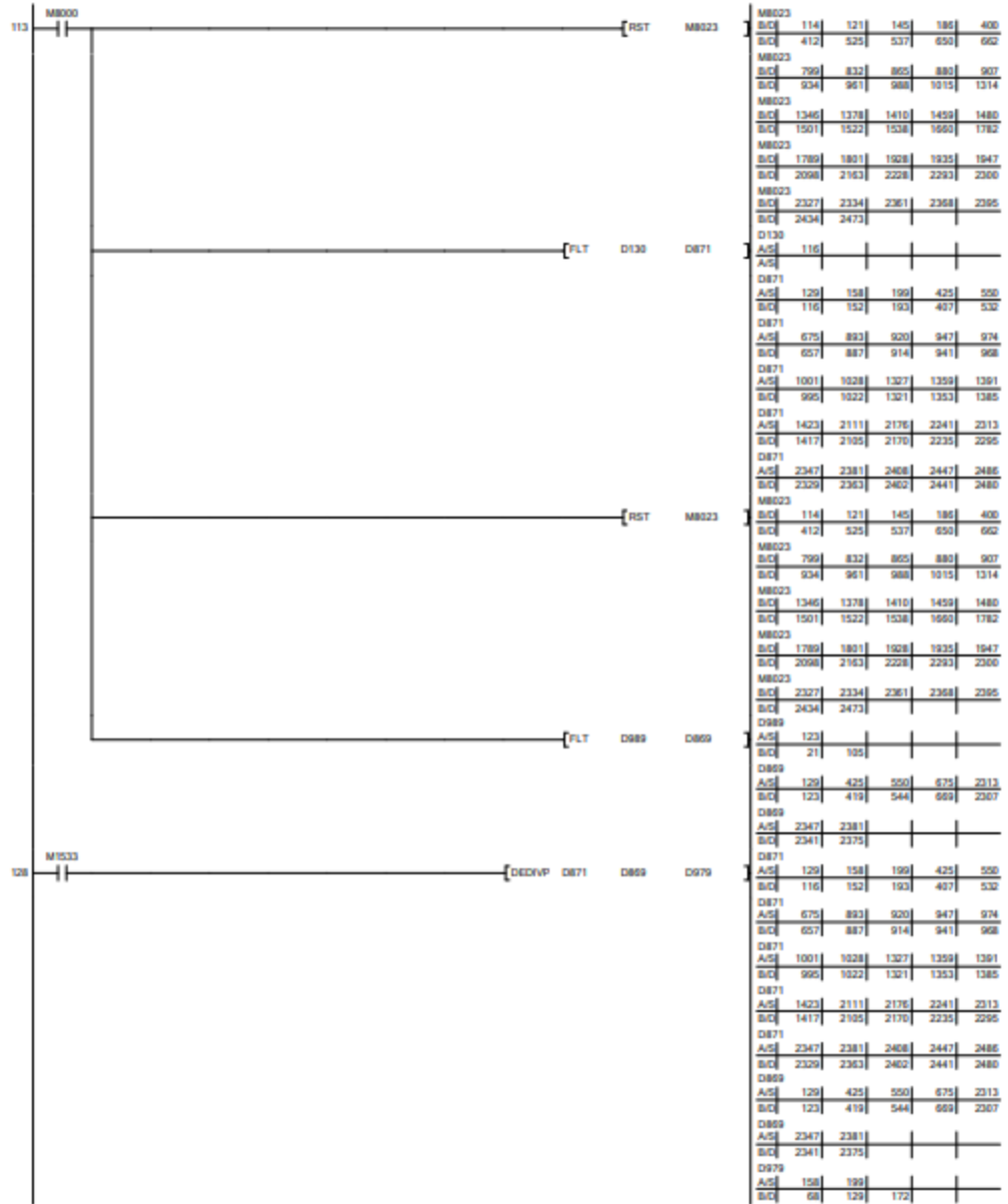
18/11/2022

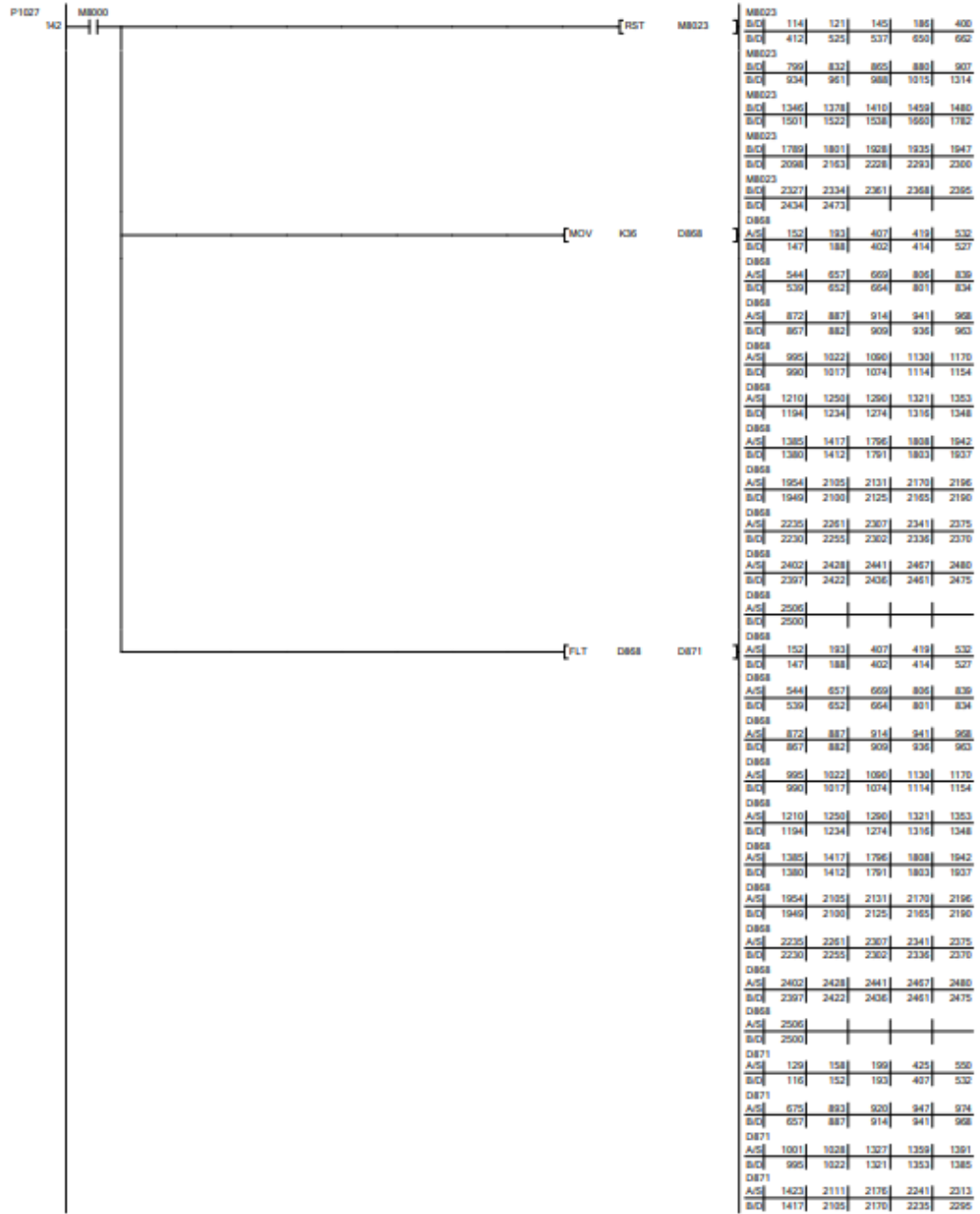
[Battery Mode]  
OFF

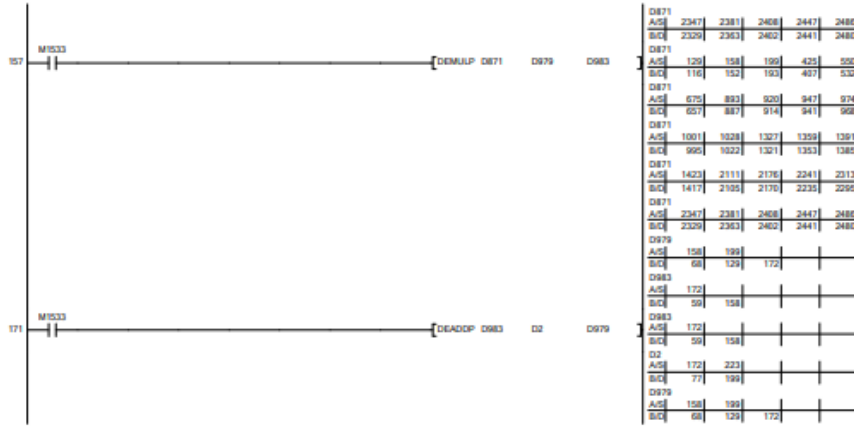
[MODEM Initialized]  
None

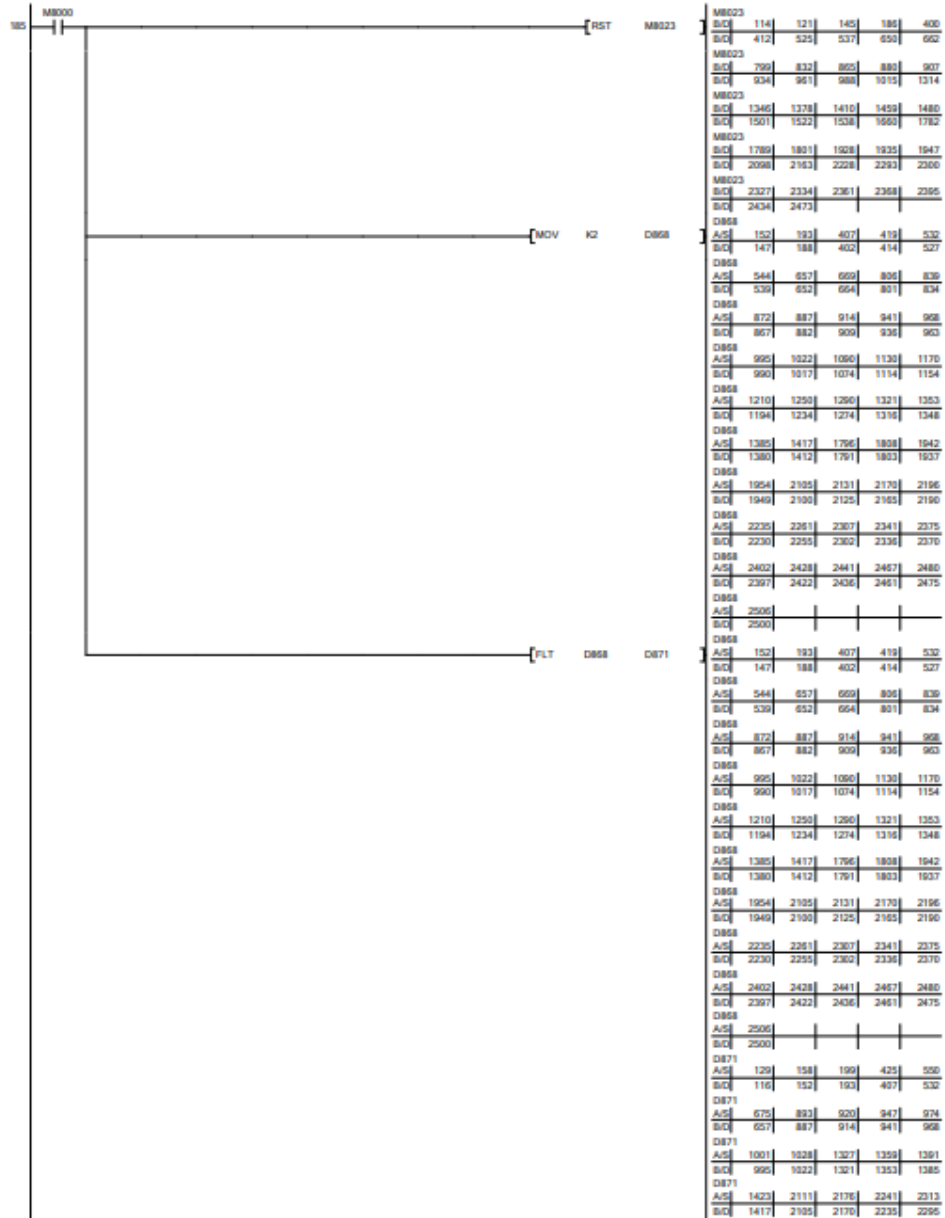
[RUN Terminal Input]  
None



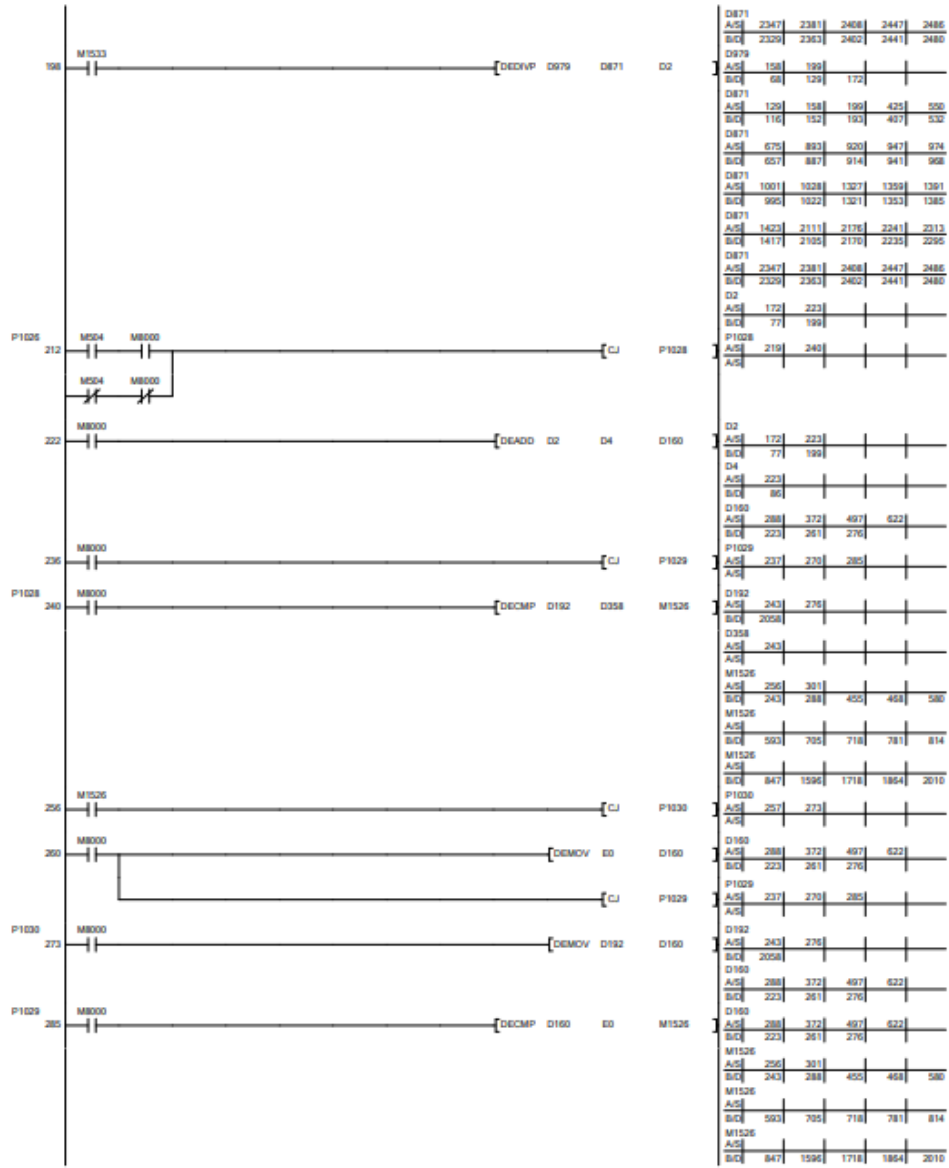


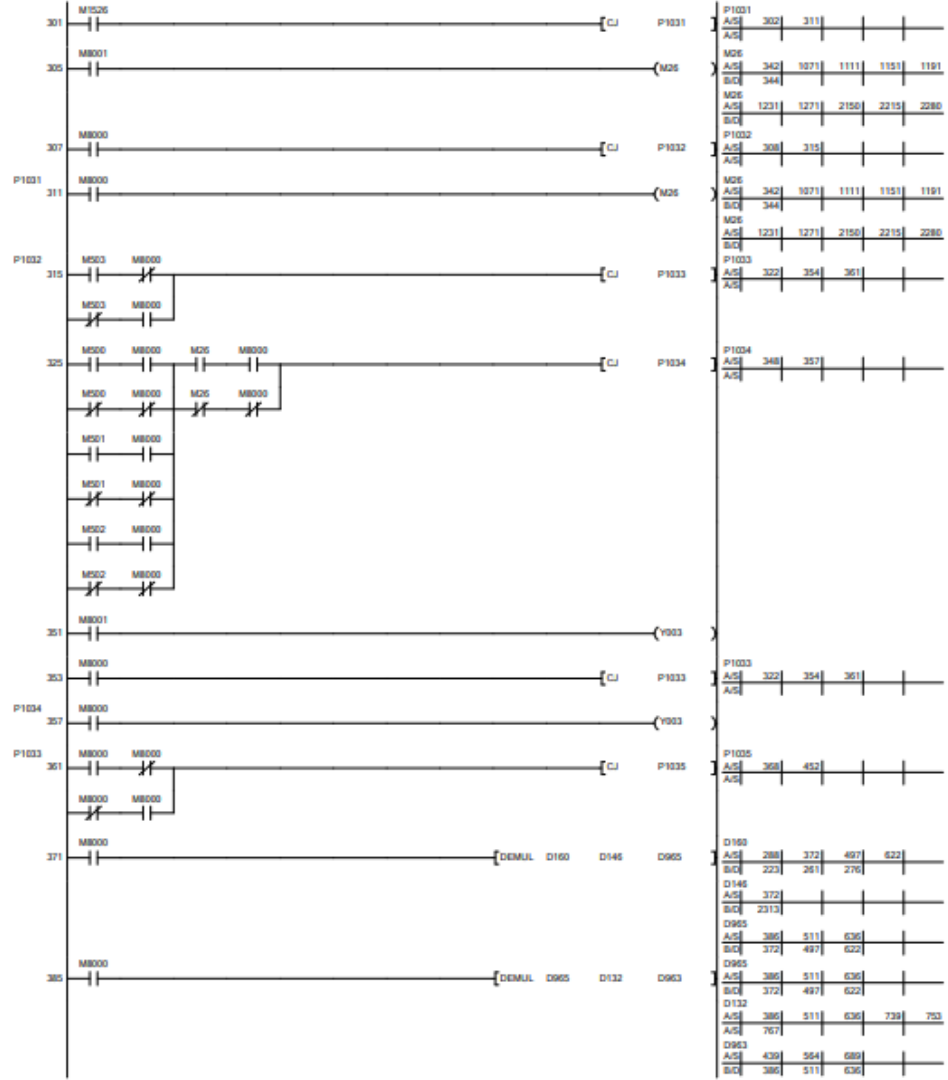


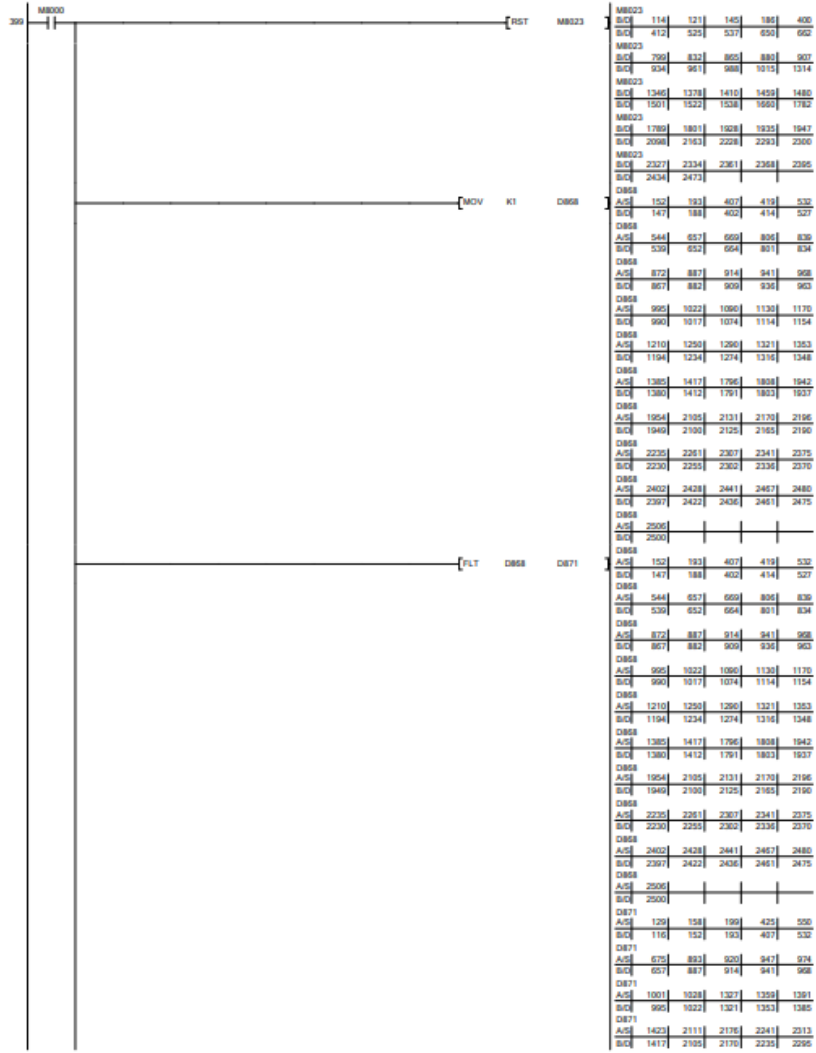


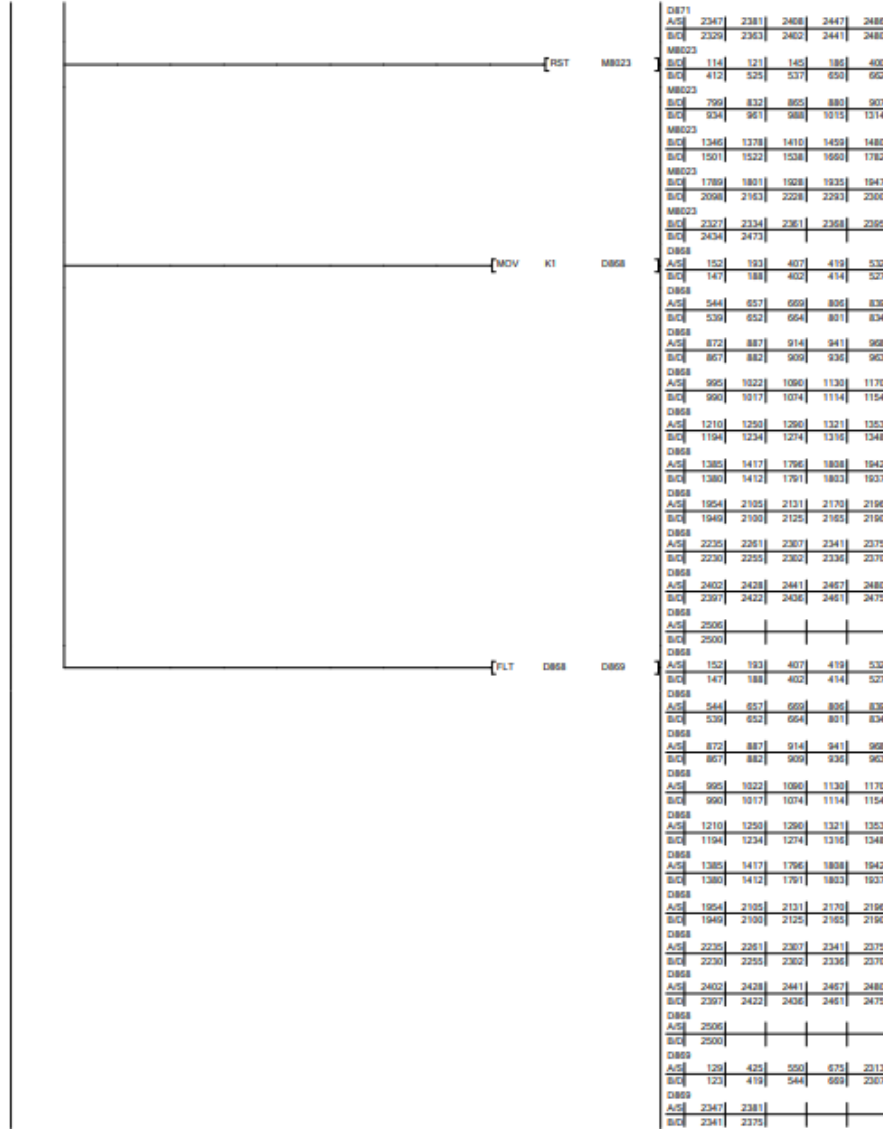


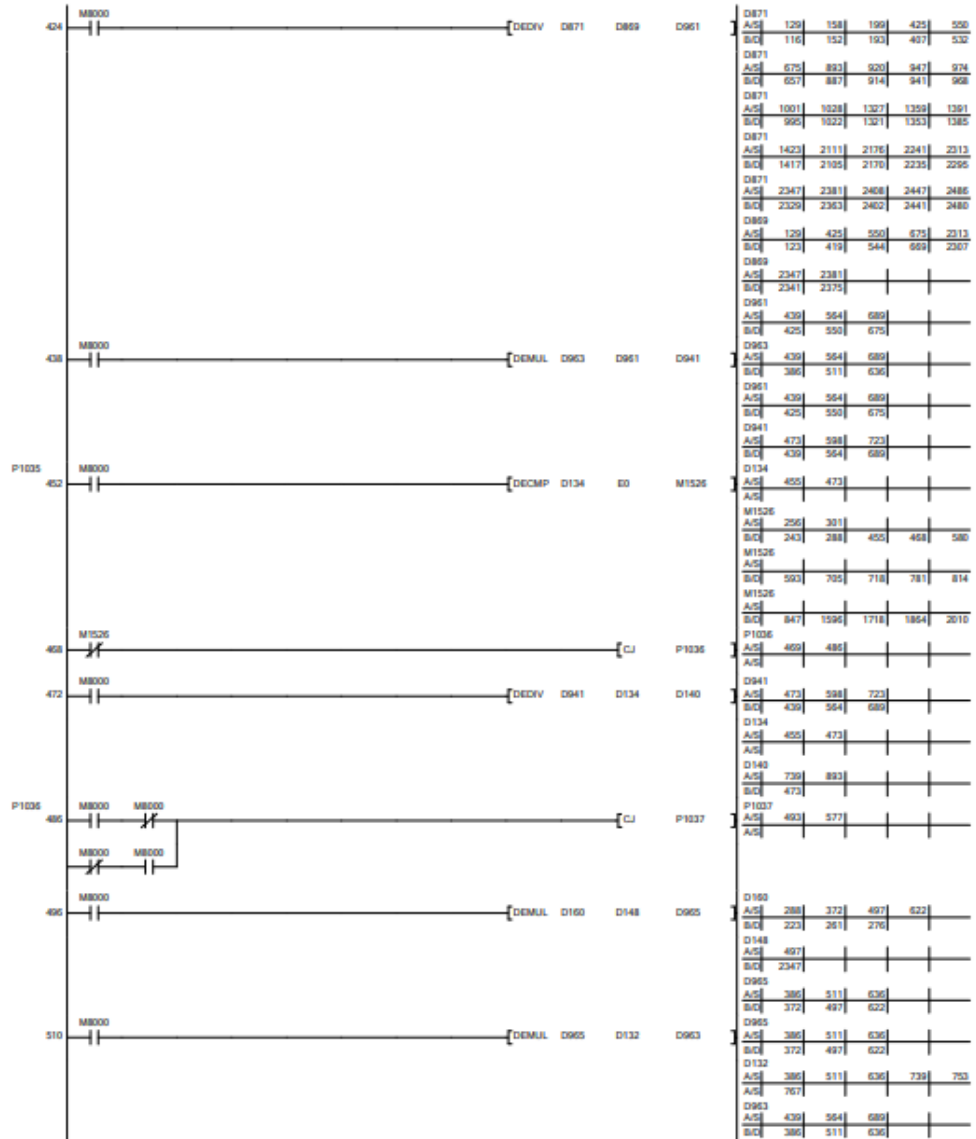


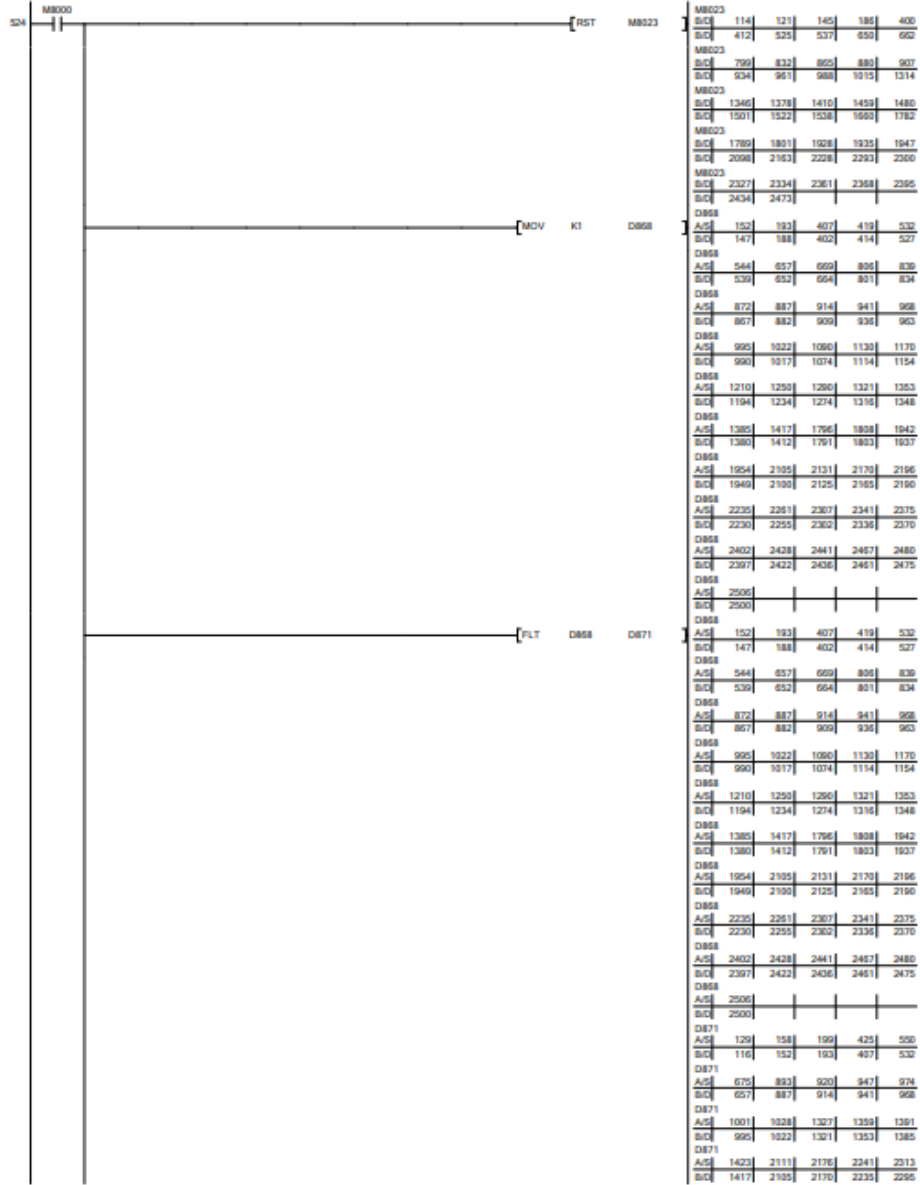


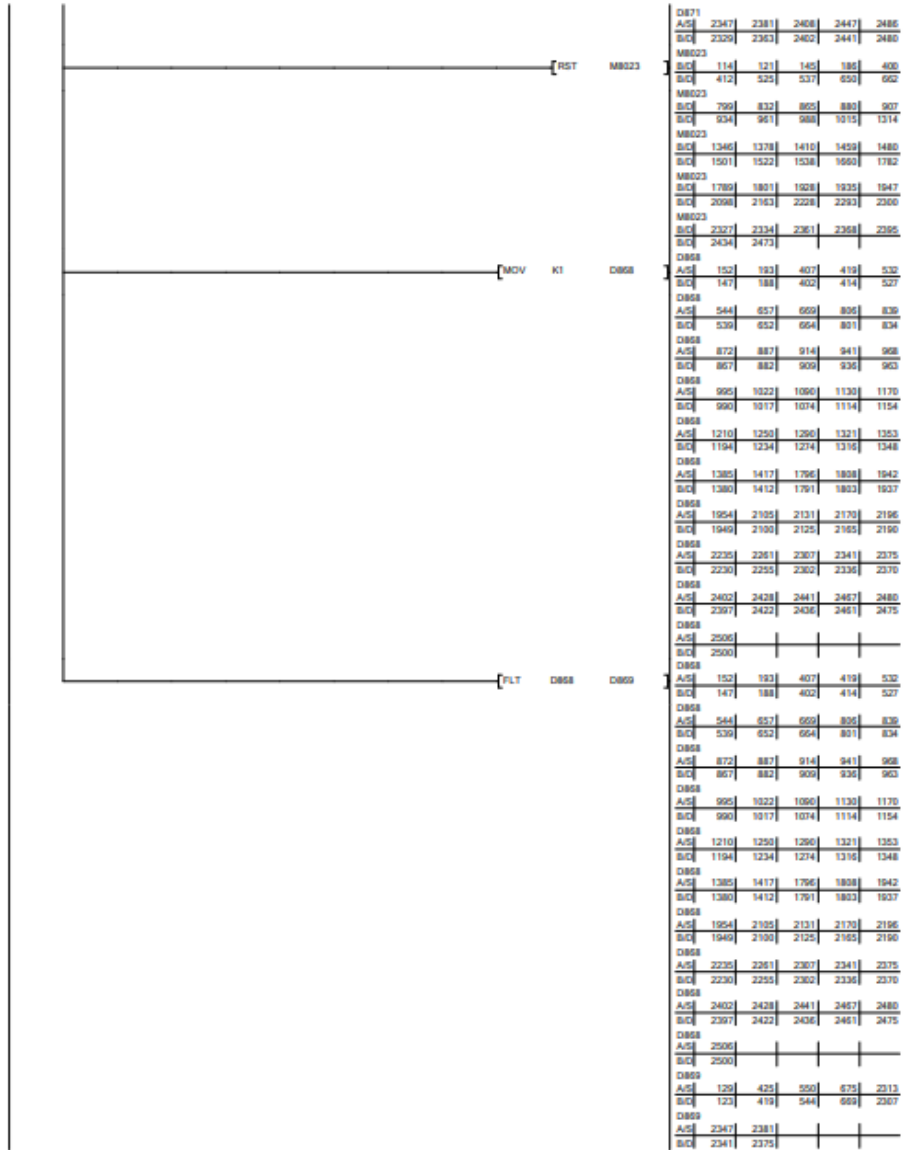


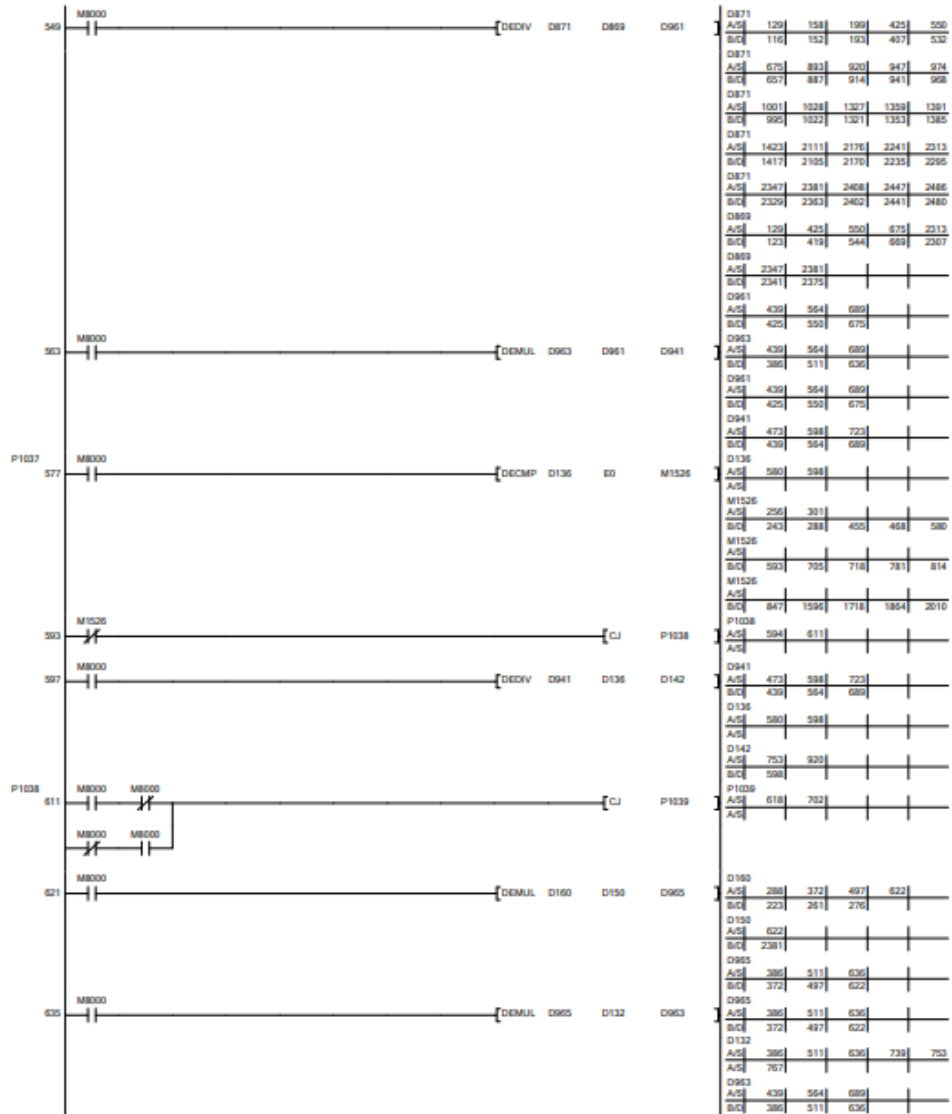






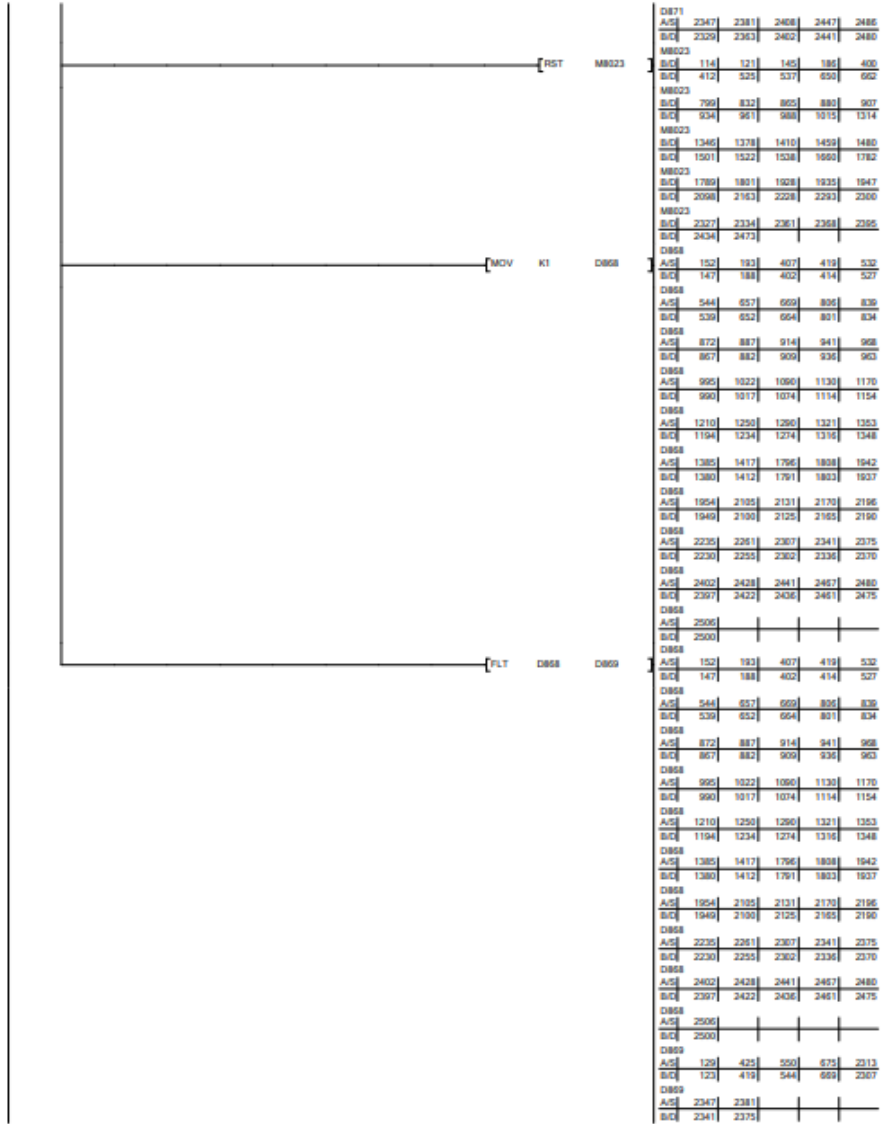


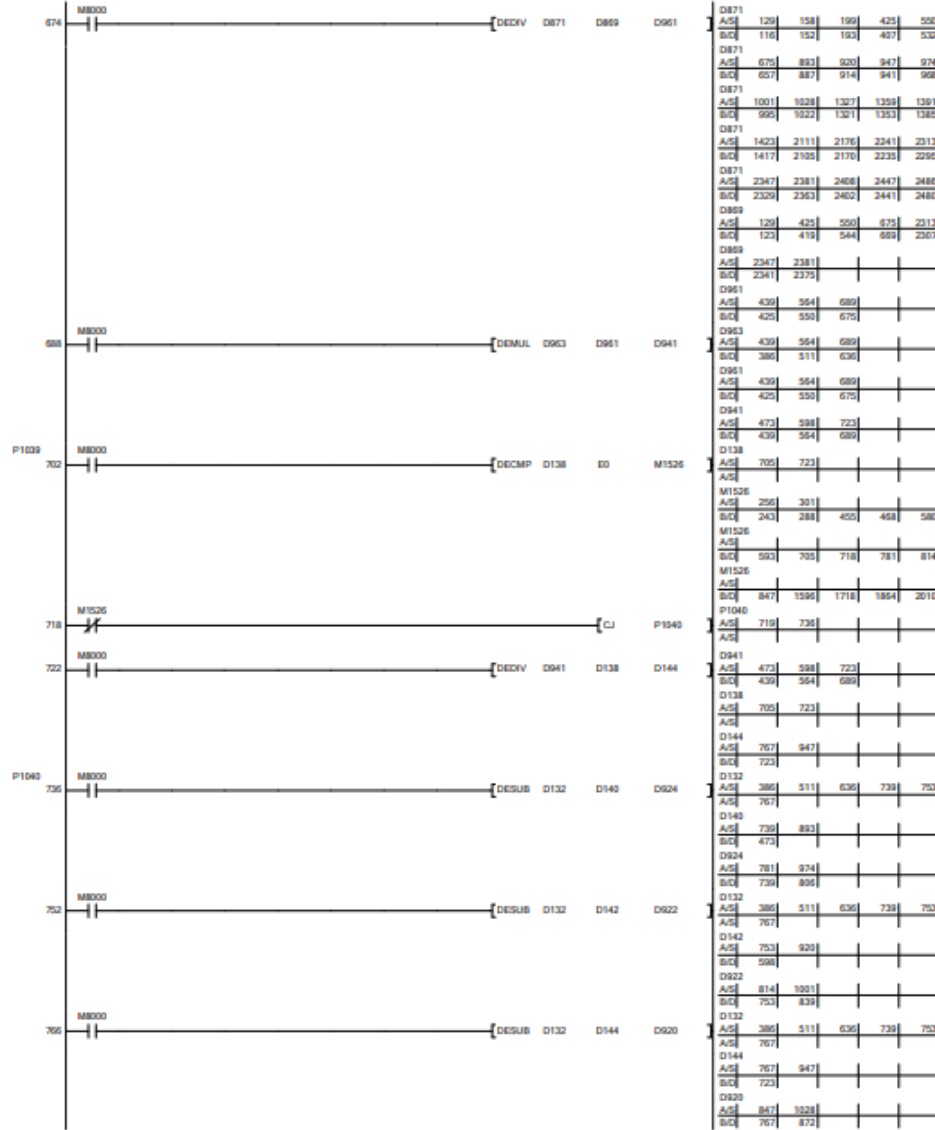






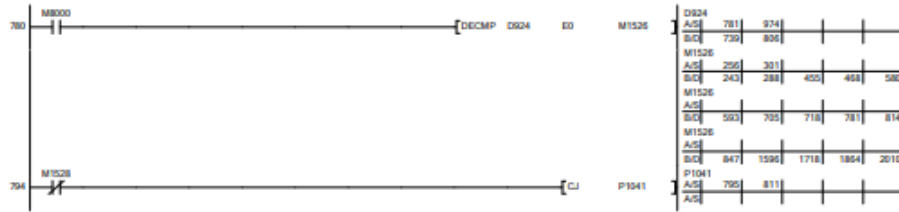
649	M8000	RST	M8023	M8023	S/C	114	121	145	180	400
				S/C	412	525	537	650	662	
				M8023	S/C	799	832	865	880	907
				S/C	934	961	988	1015	1314	
				M8023	S/C	1346	1378	1410	1459	1480
				S/C	1501	1523	1538	1660	1782	
				M8023	S/C	1789	1801	1928	1935	1947
				S/C	2098	2163	2238	2293	2300	
				M8023	S/C	2327	2334	2361	2368	2395
				S/C	2434	2473				
				D868	A/S	152	193	407	419	532
				S/C	147	188	402	414	527	
				D868	A/S	544	657	669	806	839
				S/C	539	652	664	801	834	
				D868	A/S	872	887	914	941	968
				S/C	867	882	909	936	963	
				D868	A/S	995	1022	1086	1130	1170
				S/C	990	1017	1074	1114	1154	
				D868	A/S	1210	1250	1290	1321	1353
				S/C	1194	1234	1274	1316	1348	
				D868	A/S	1385	1417	1796	1808	1942
				S/C	1380	1412	1791	1803	1937	
				D868	A/S	1954	2105	2131	2170	2196
				S/C	1949	2100	2125	2165	2190	
				D868	A/S	2235	2261	2307	2341	2375
				S/C	2230	2255	2302	2336	2370	
				D868	A/S	2402	2428	2441	2467	2480
				S/C	2397	2422	2436	2461	2475	
				D868	A/S	2506				
				S/C	2500					
				D871	A/S	152	193	407	419	532
				S/C	147	188	402	414	527	
				D868	A/S	544	657	669	806	839
				S/C	539	652	664	801	834	
				D868	A/S	872	887	914	941	968
				S/C	867	882	909	936	963	
				D868	A/S	995	1022	1086	1130	1170
				S/C	990	1017	1074	1114	1154	
				D868	A/S	1210	1250	1290	1321	1353
				S/C	1194	1234	1274	1316	1348	
				D868	A/S	1385	1417	1796	1808	1942
				S/C	1380	1412	1791	1803	1937	
				D868	A/S	1954	2105	2131	2170	2196
				S/C	1949	2100	2125	2165	2190	
				D868	A/S	2235	2261	2307	2341	2375
				S/C	2230	2255	2302	2336	2370	
				D868	A/S	2402	2428	2441	2467	2480
				S/C	2397	2422	2436	2461	2475	
				D868	A/S	2506				
				S/C	2500					
				D871	A/S	129	158	199	425	550
				S/C	116	152	193	407	532	
				D871	A/S	675	883	920	947	974
				S/C	657	887	914	941	968	
				D871	A/S	1001	1028	1327	1389	1391
				S/C	995	1022	1321	1353	1385	
				D871	A/S	1423	2111	2176	2241	2213
				S/C	1417	2105	2170	2235	2295	

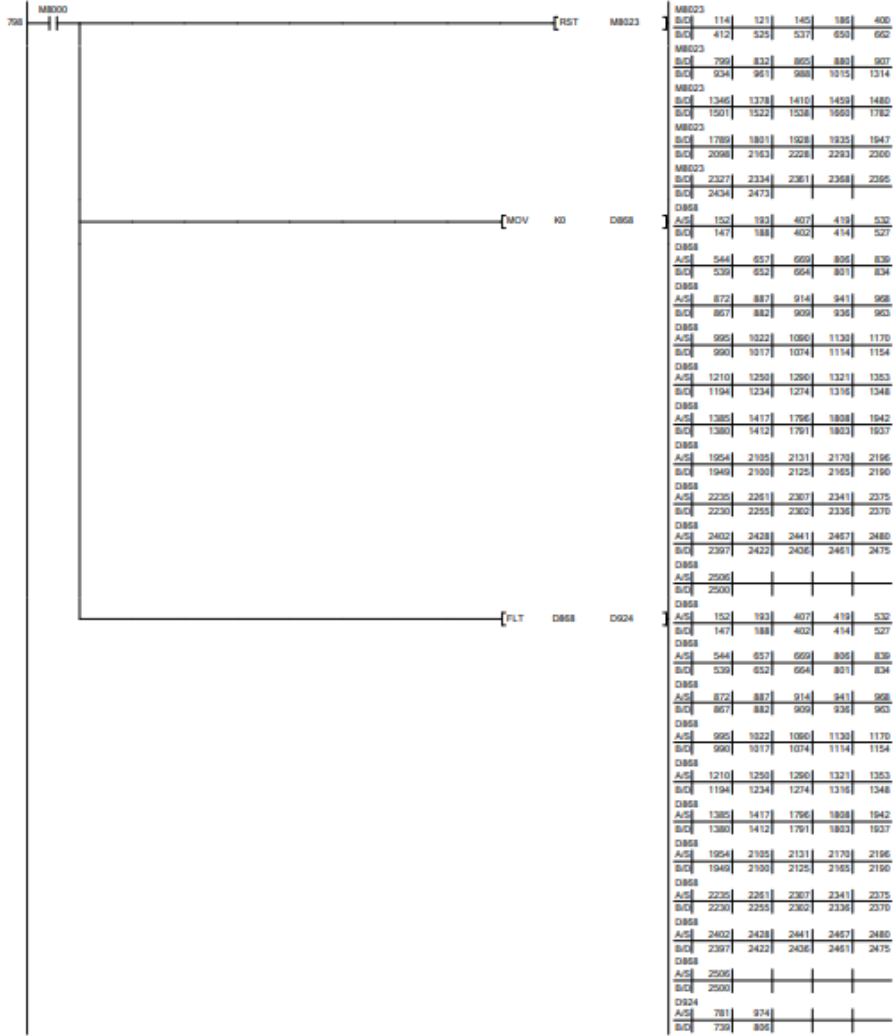




Ladder  
Data Name : MAIN

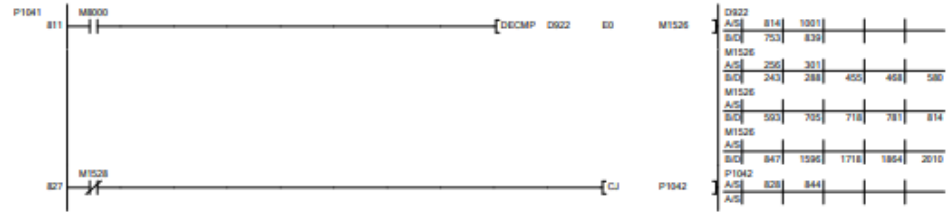
18/11/2022

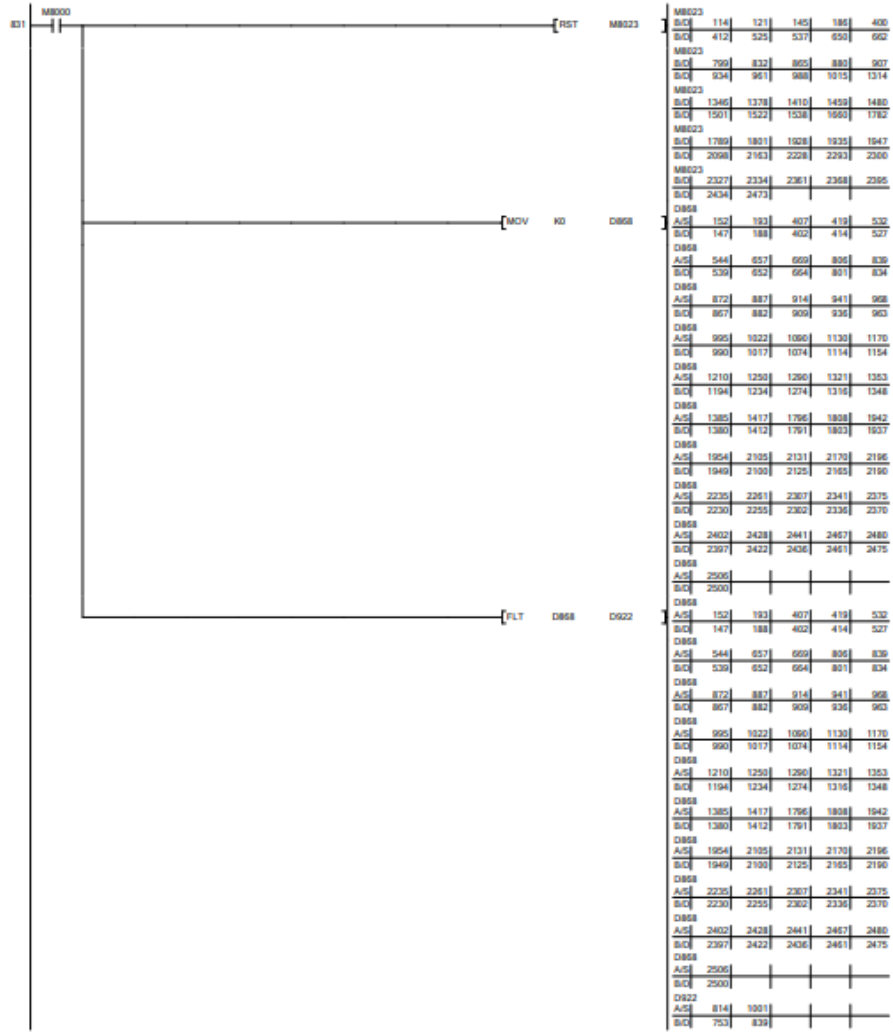




Ladder  
Data Name : MAIN

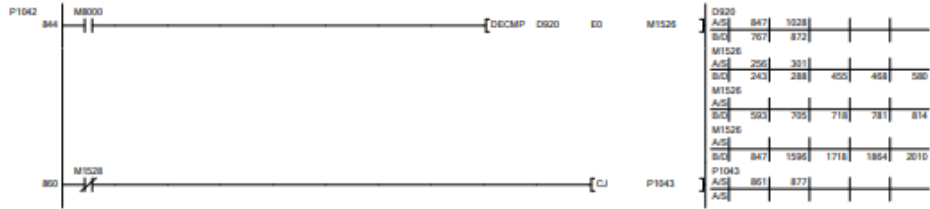
18/11/2022



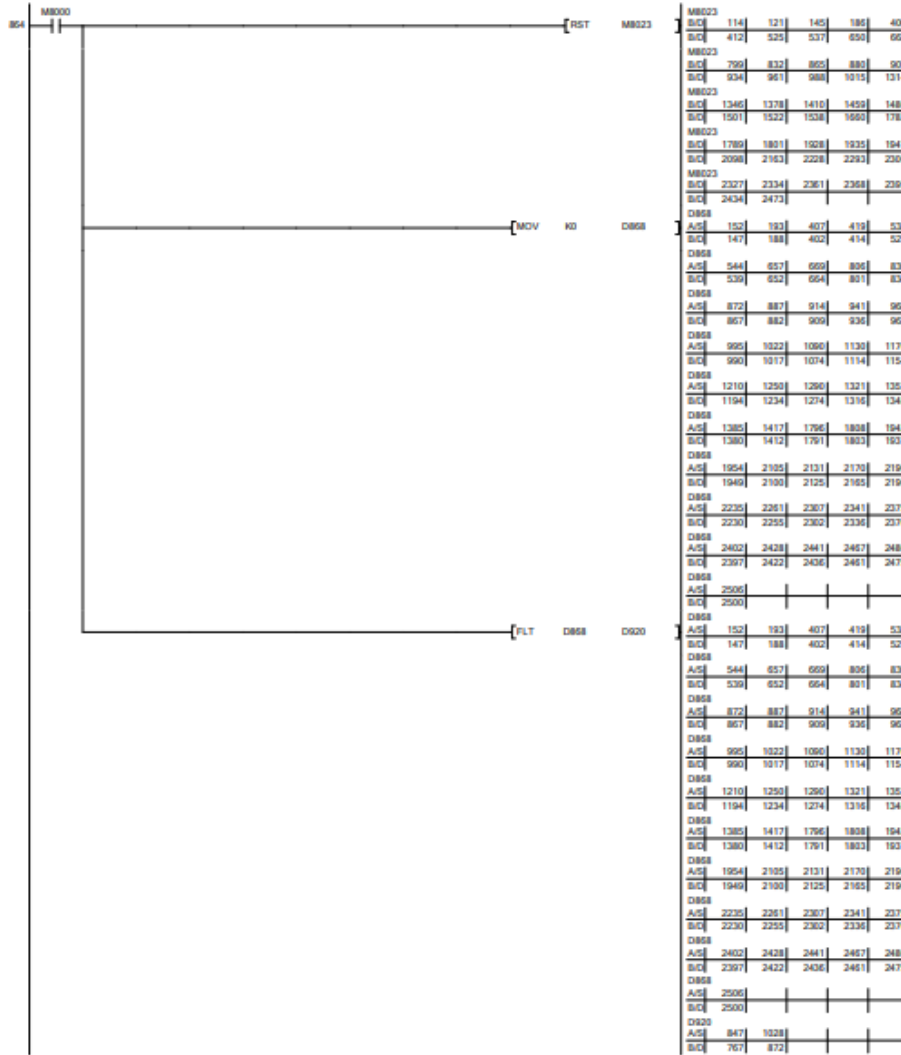


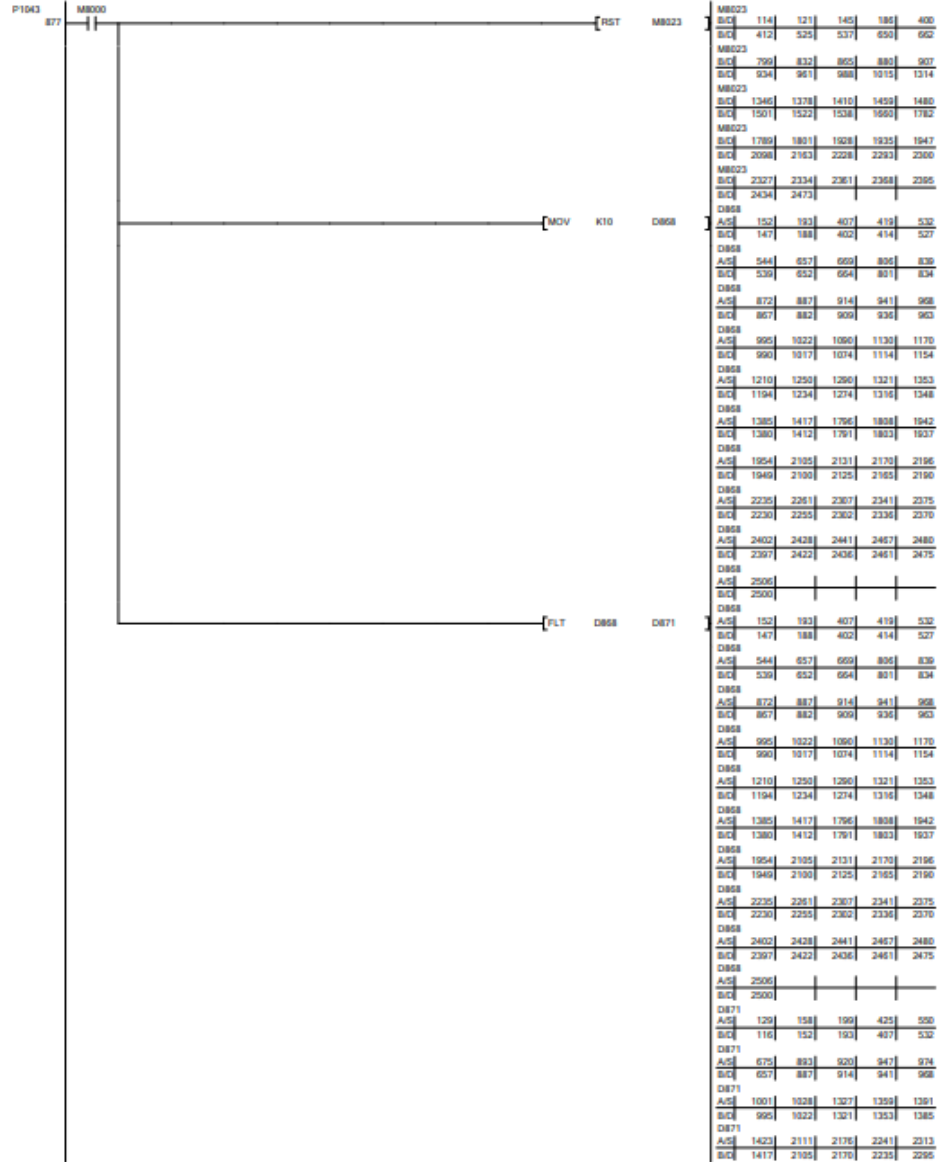
Ladder  
Data Name : MAIN

18/11/2022





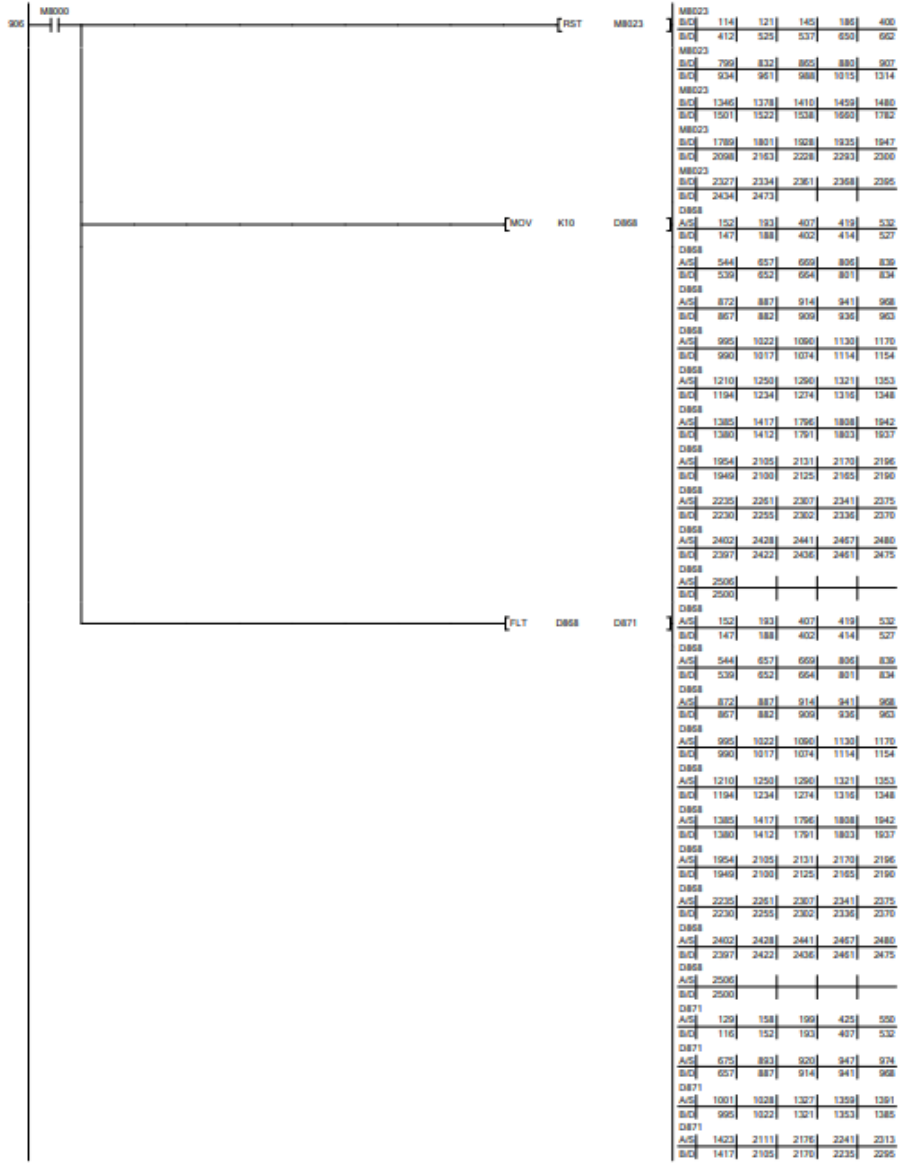




Ladder  
Data Name : MAIN

18/11/2022

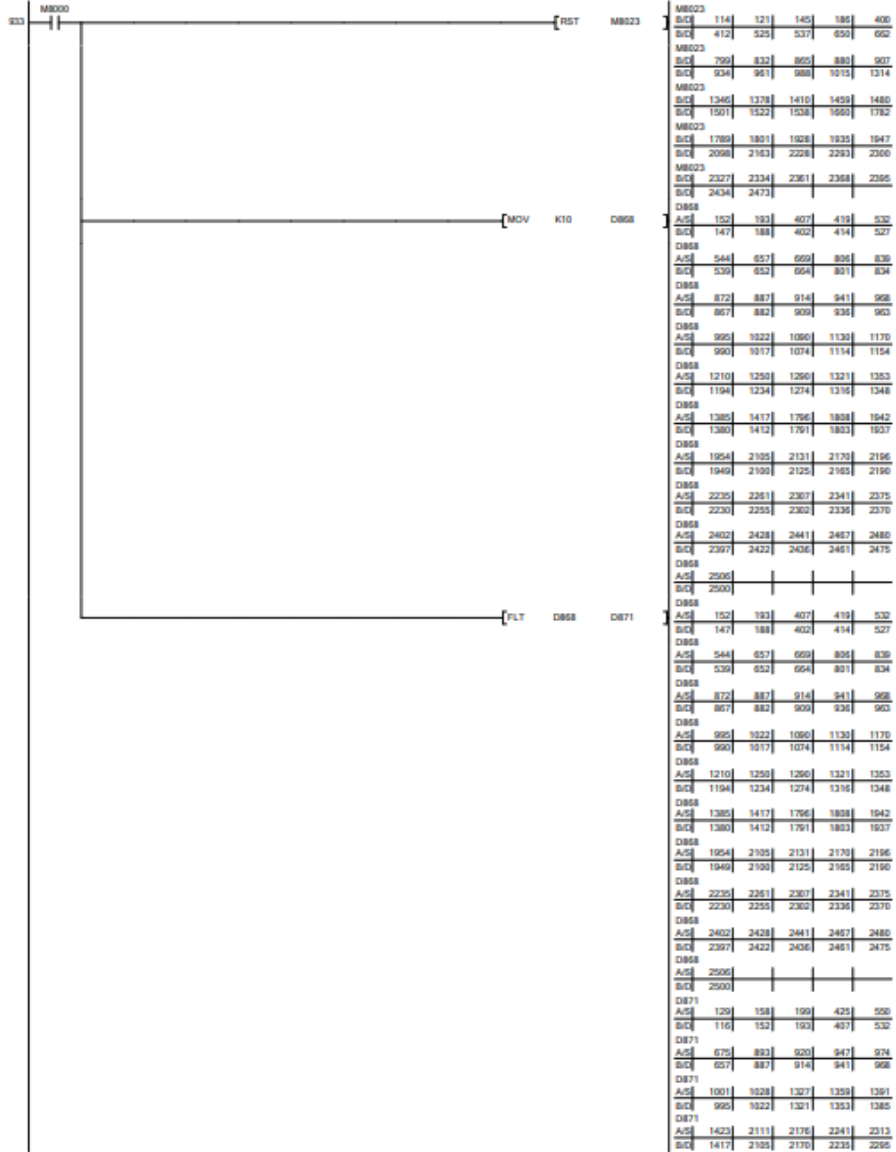




Ladder  
Data Name : MAIN

18/11/2022

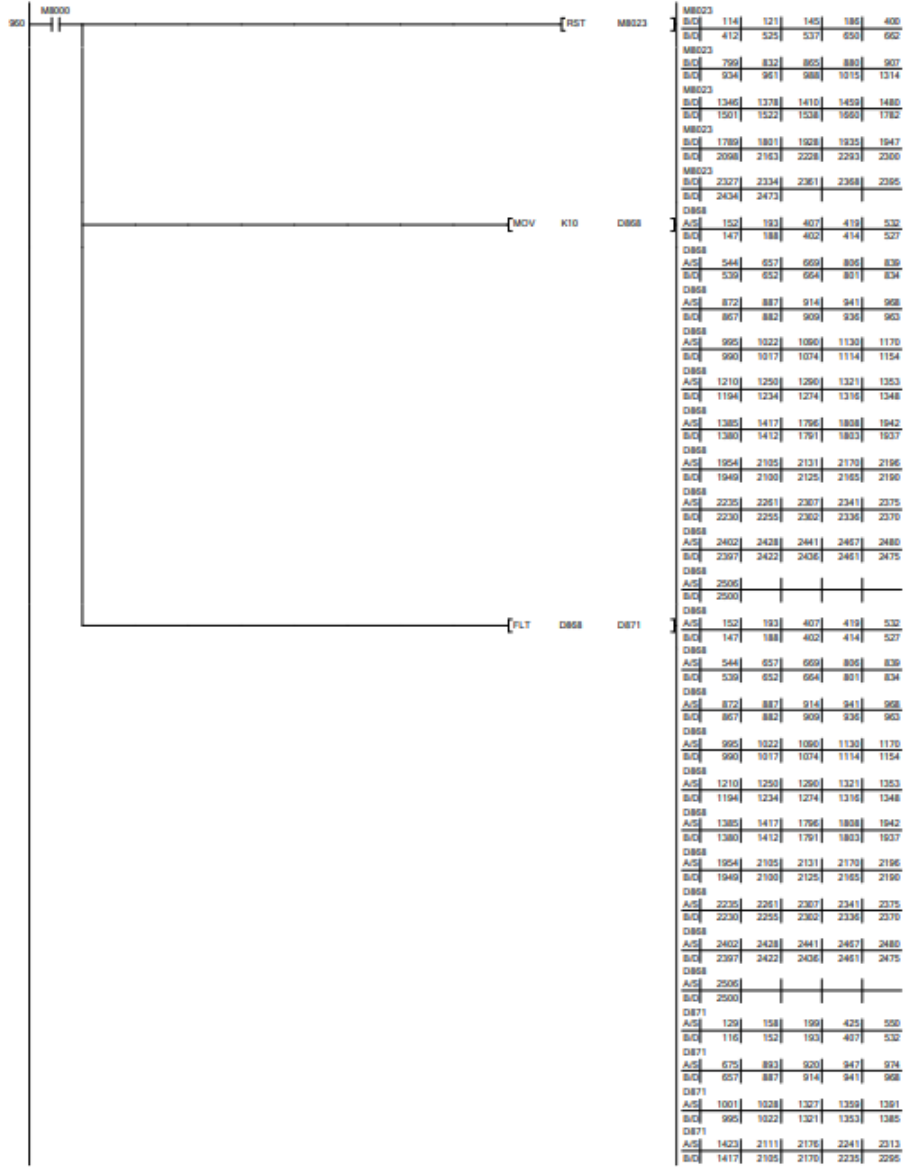




Ladder  
Data Name : MAIN

18/11/2022



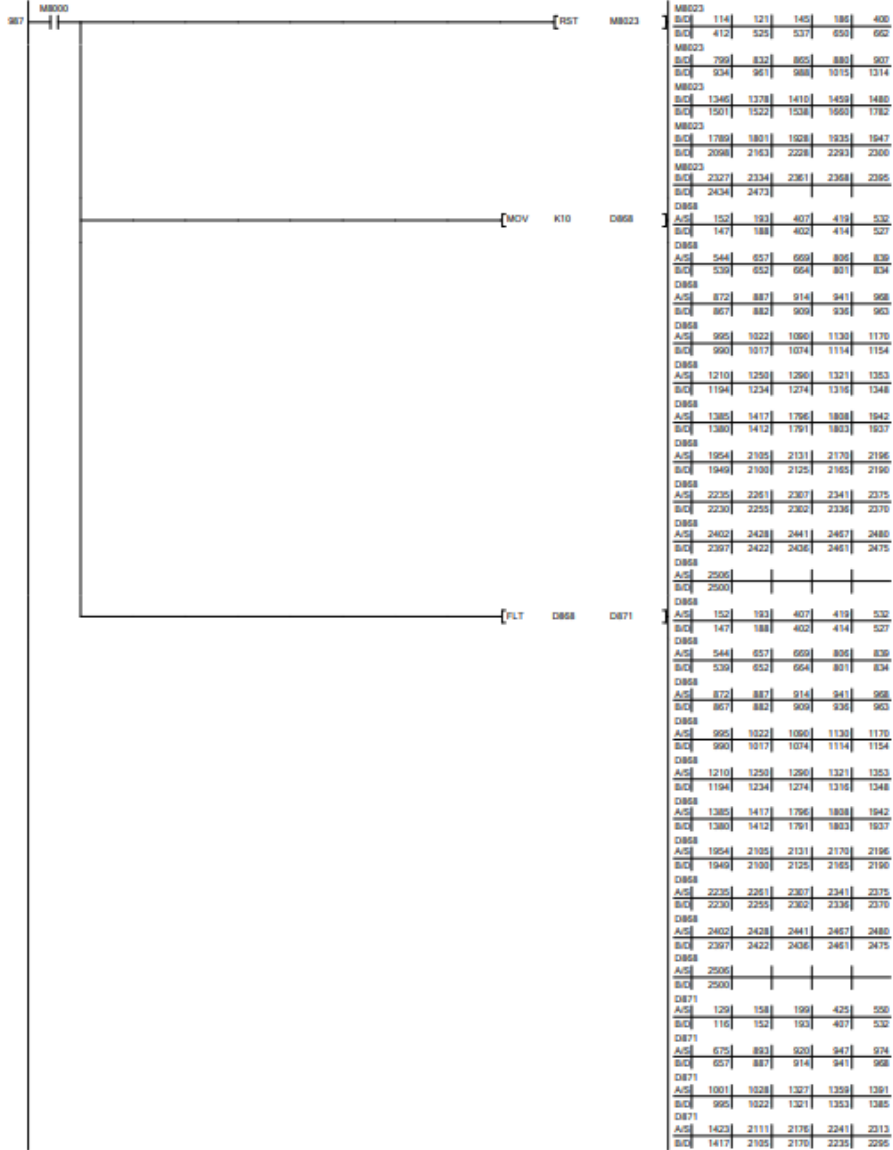




Ladder  
Data Name : MAIN

18/11/2022

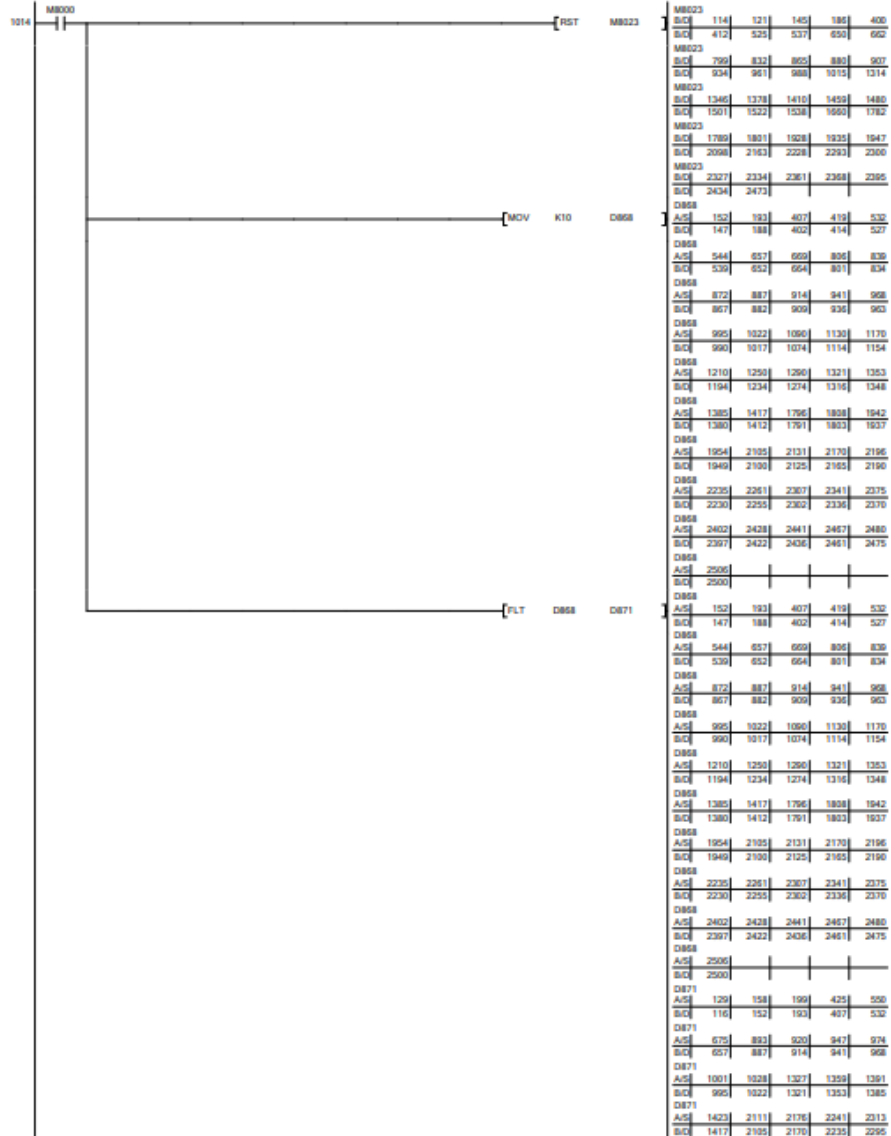


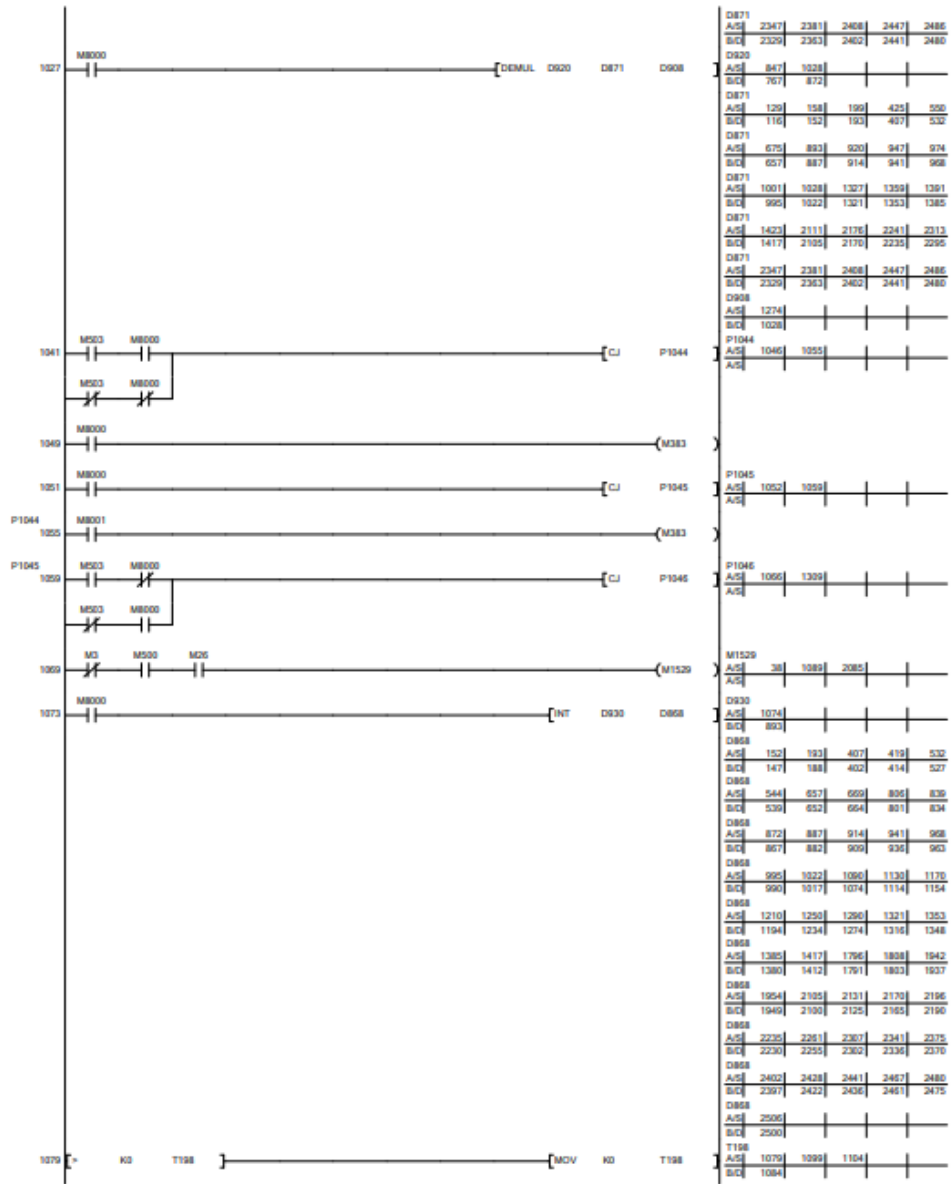


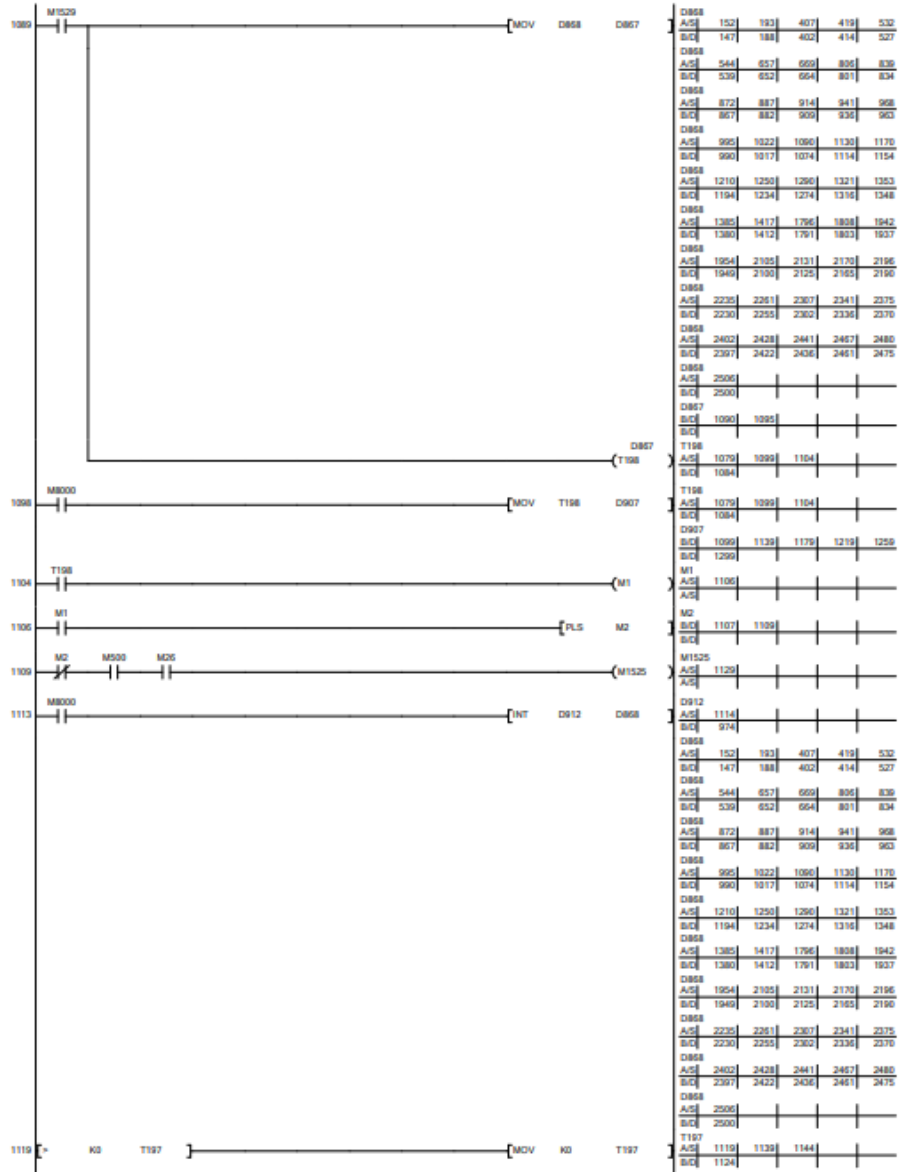
Ladder  
Data Name : MAIN

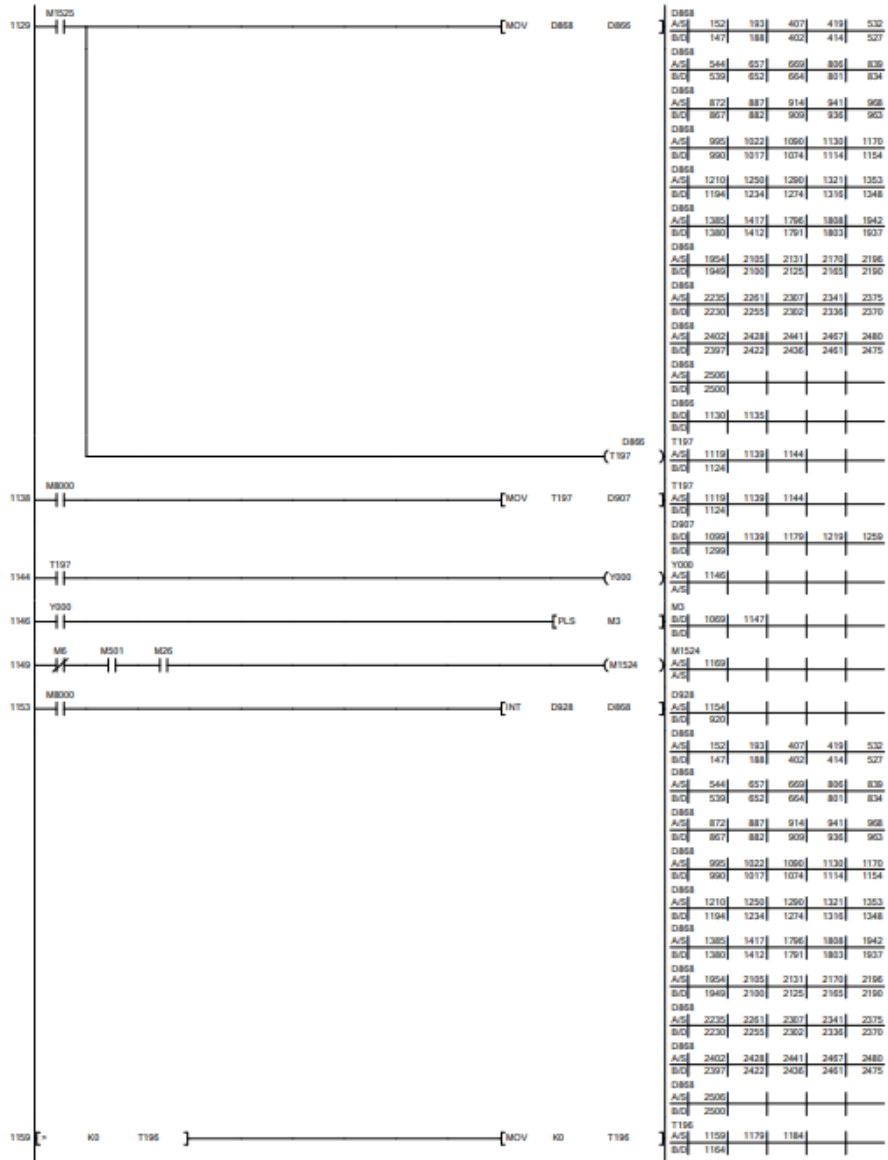
18/11/2022

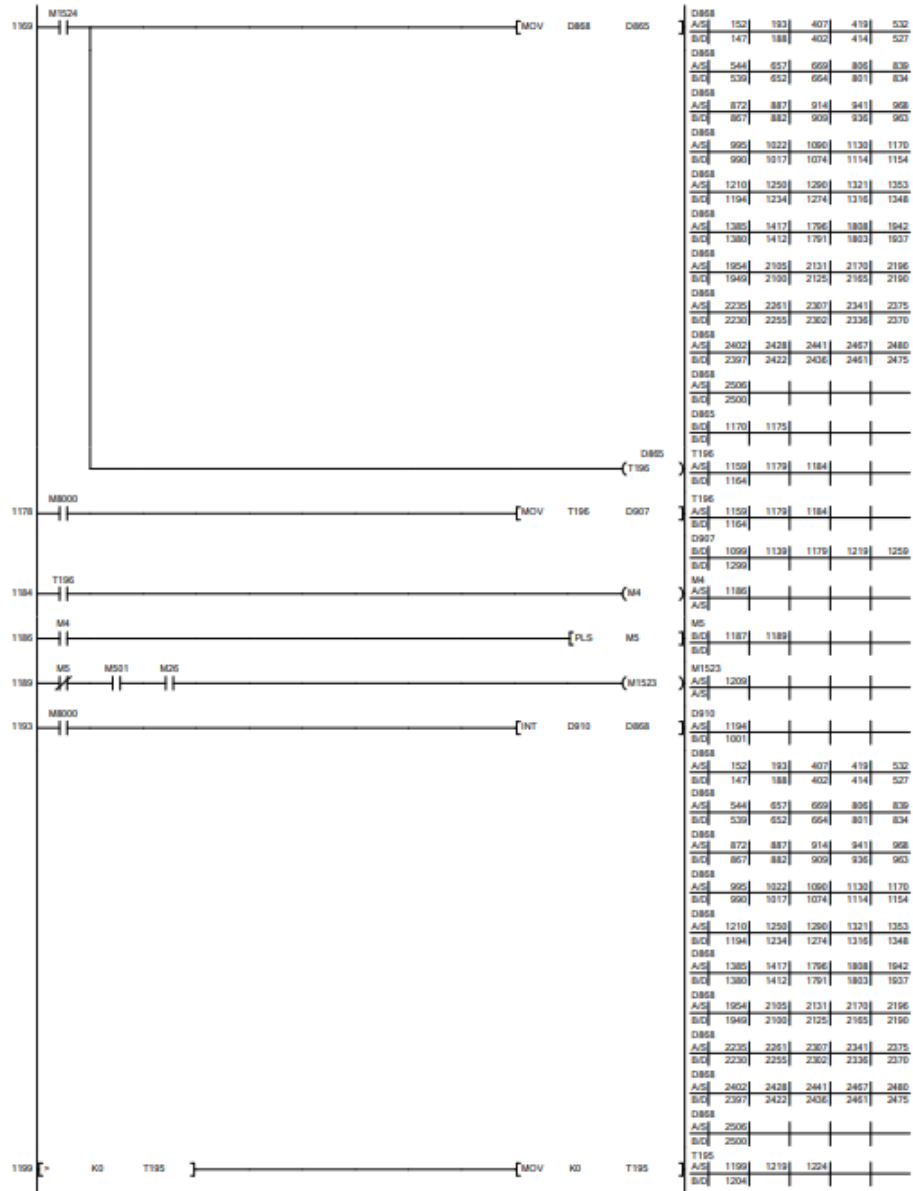




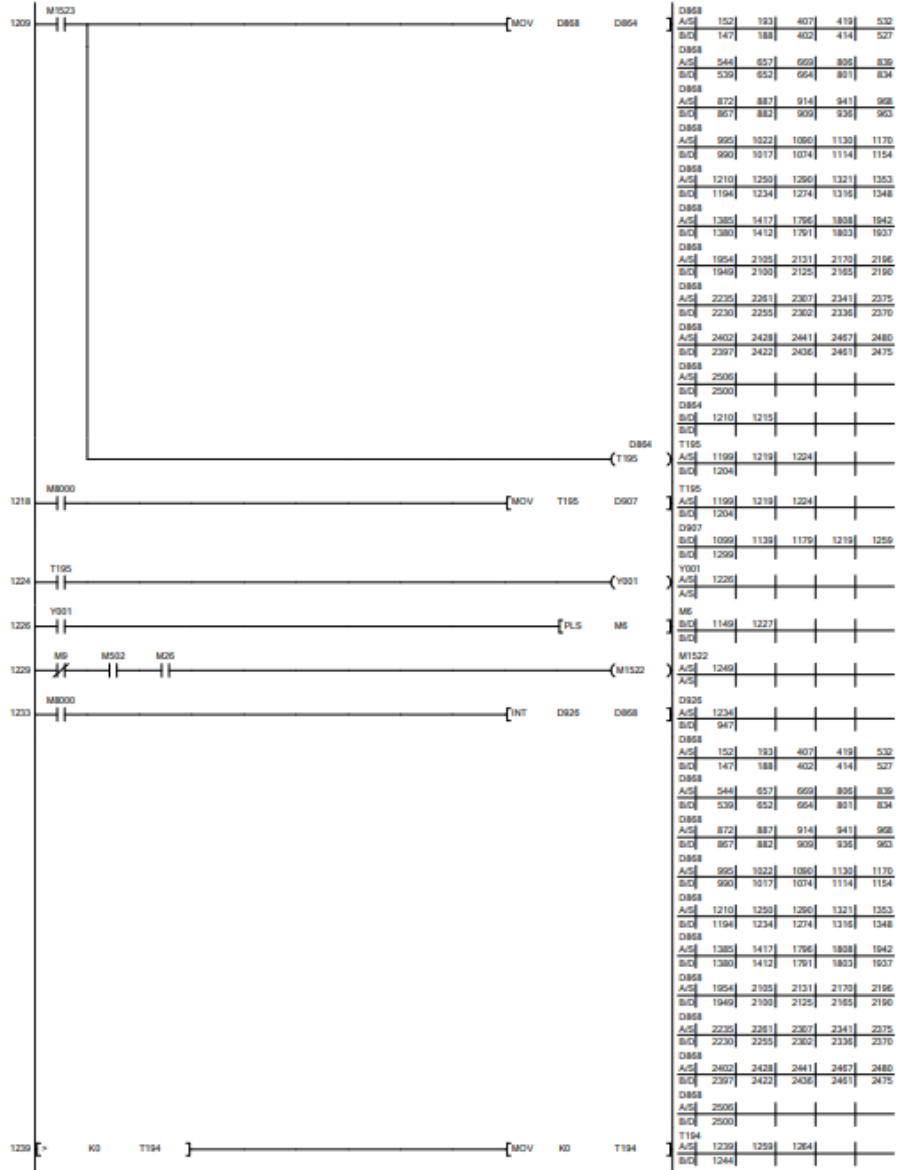


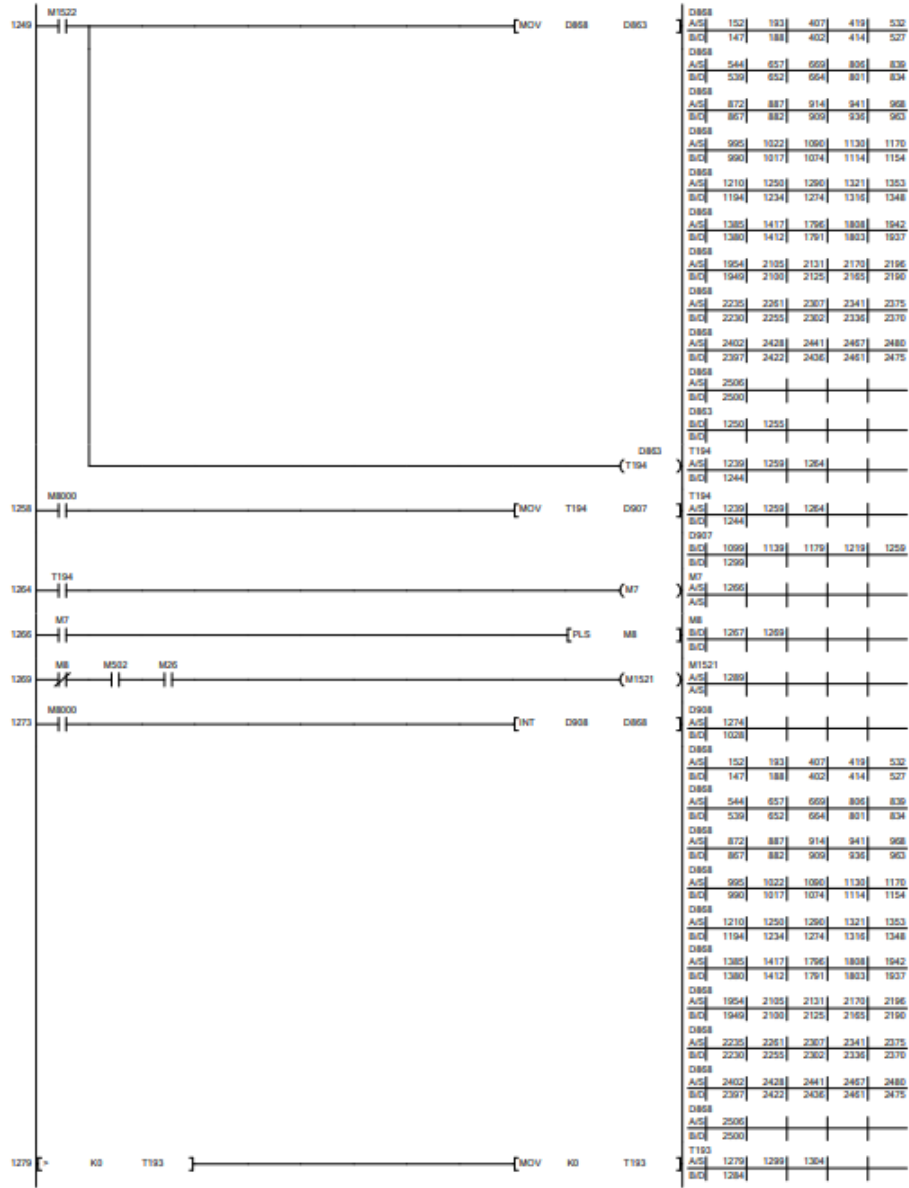


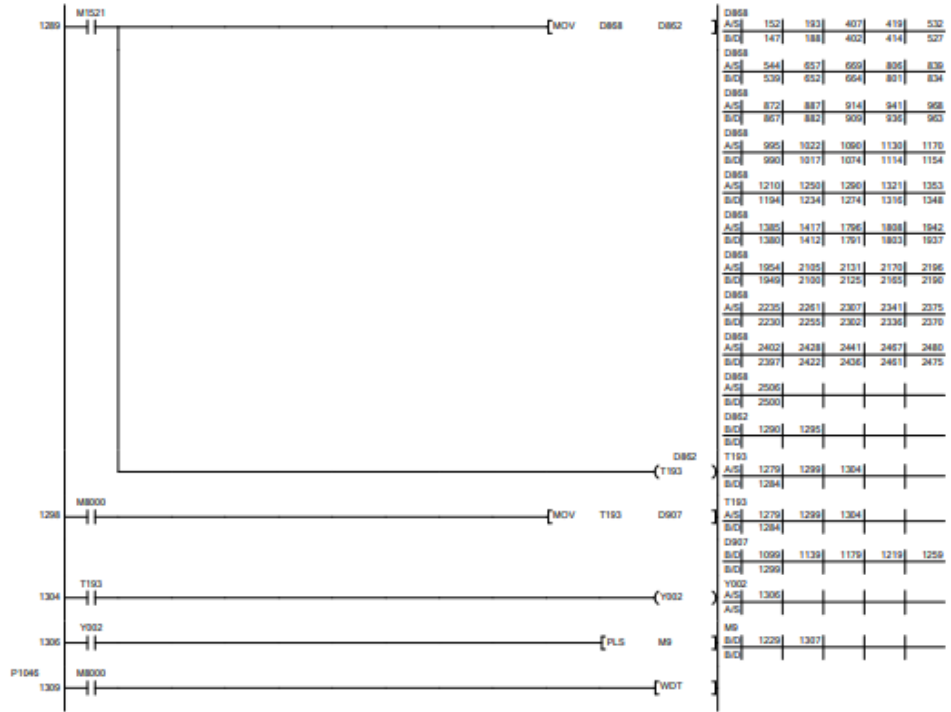


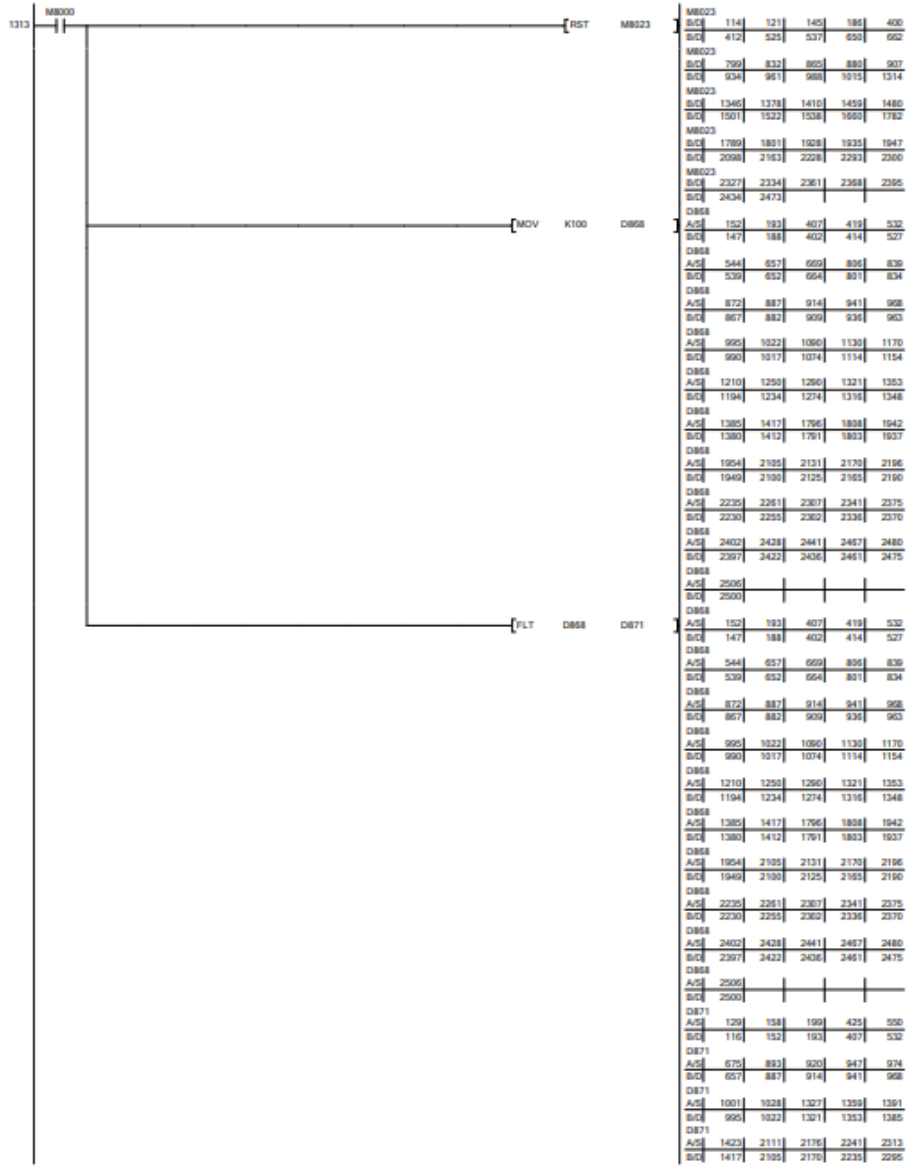


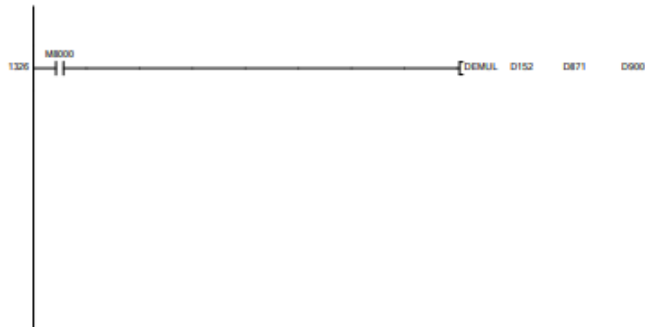




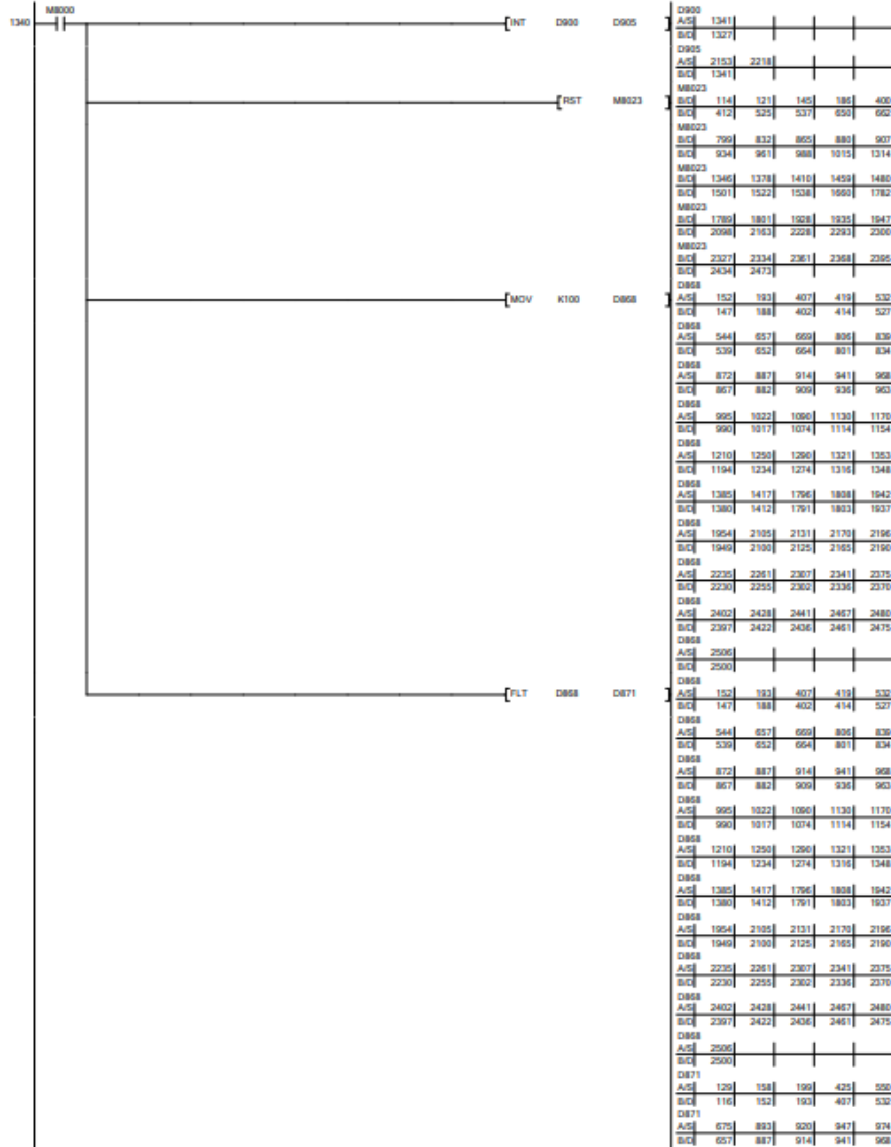








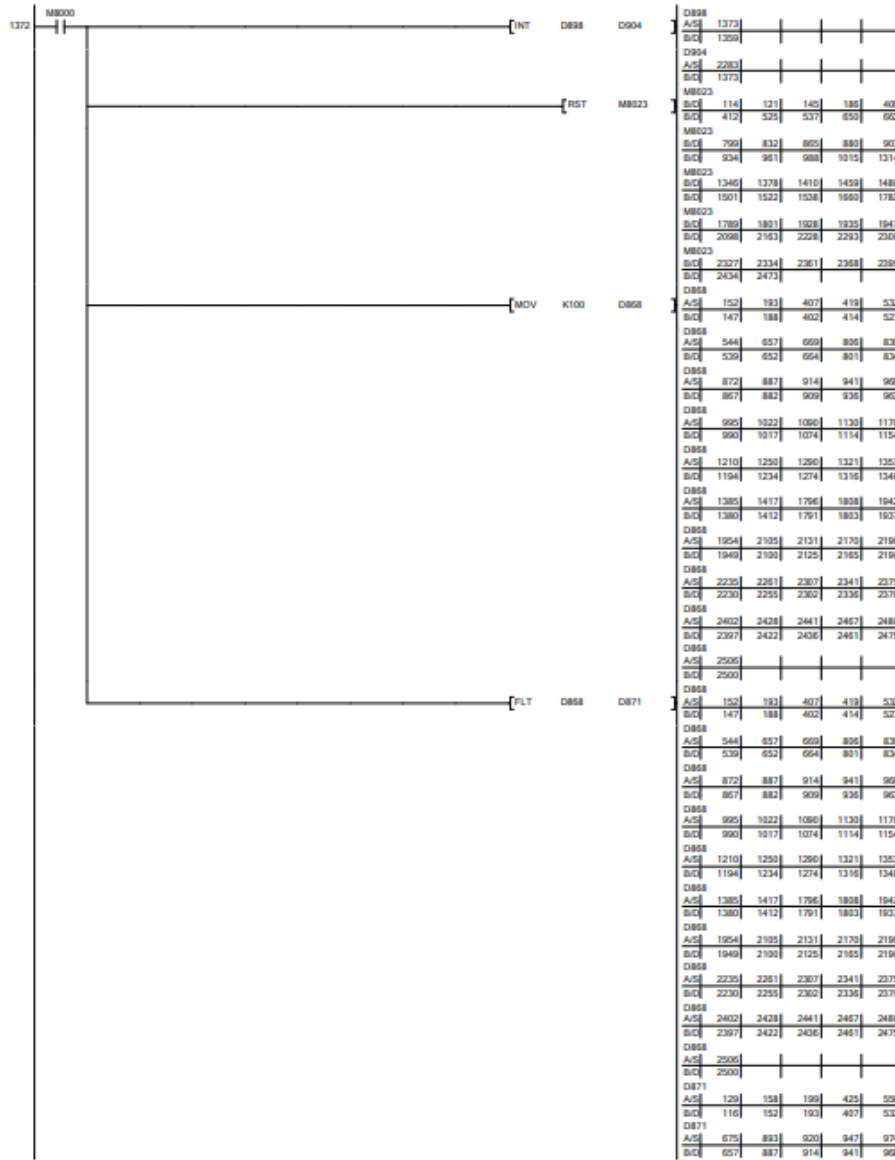
D871					
A/S	2347	2381	2408	2447	2486
S/C	2329	2363	2402	2441	2480
D152					
A/S	1327				
S/C					
D871					
A/S	129	158	199	425	550
S/C	116	152	193	407	532
D871					
A/S	675	893	920	947	974
S/C	657	887	914	941	968
D871					
A/S	1001	1028	1327	1359	1391
S/C	995	1022	1321	1353	1385
D871					
A/S	1423	2111	2176	2241	2313
S/C	1417	2105	2170	2235	2295
D871					
A/S	2347	2381	2408	2447	2486
S/C	2329	2363	2402	2441	2480
D900					
A/S	1341				
S/C	1327				



Ladder  
Data Name : MAIN

18/11/2022





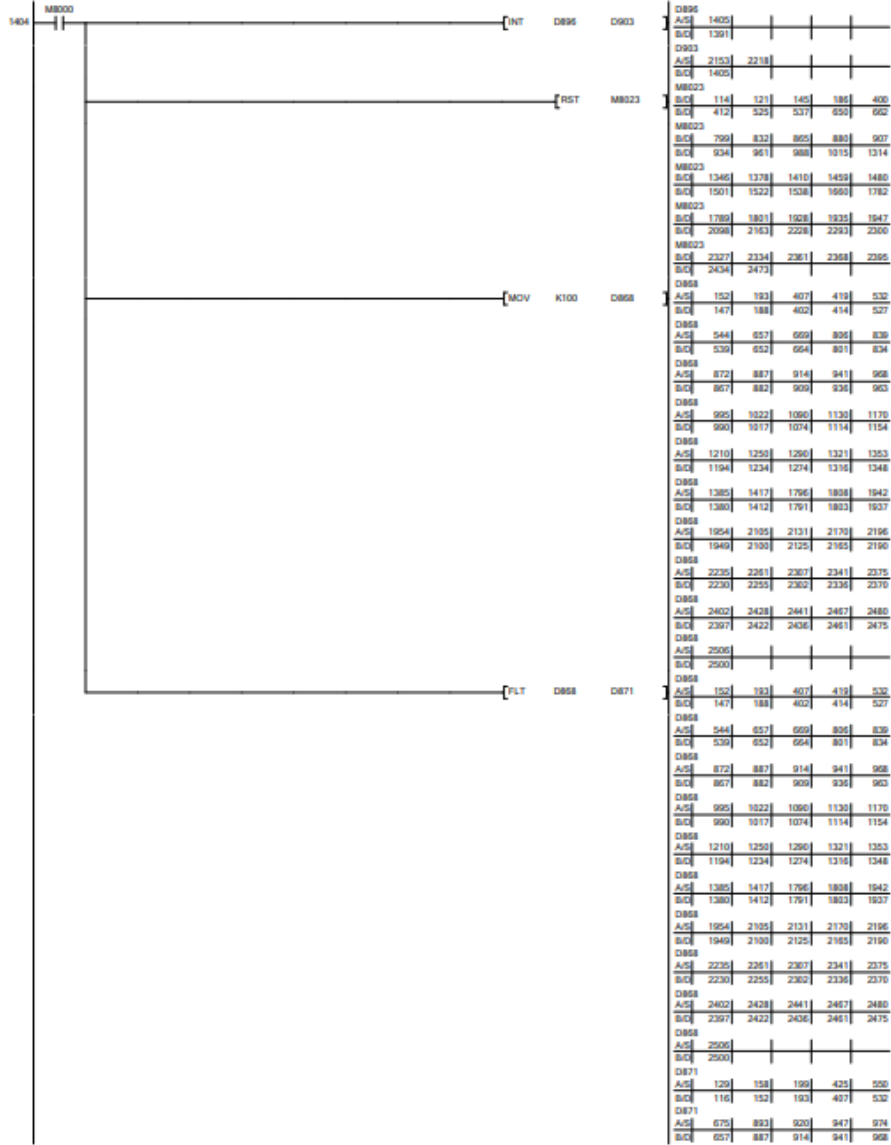


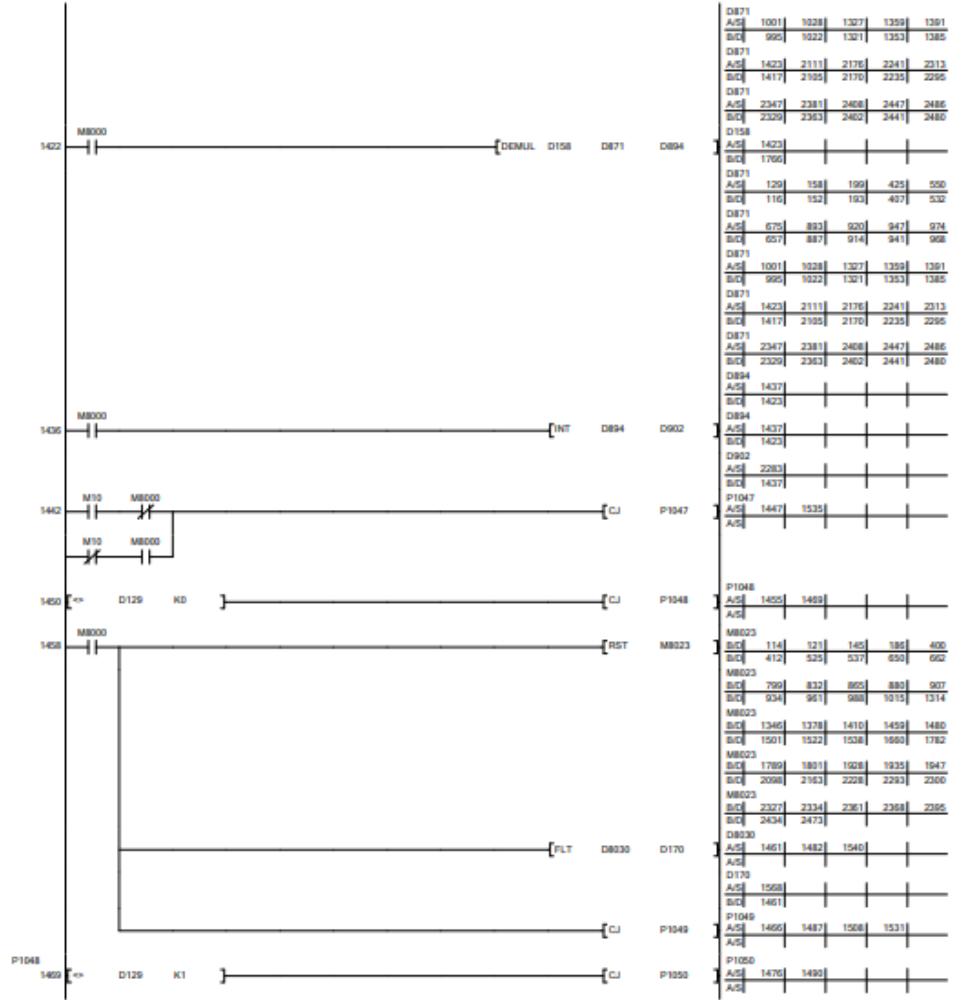
Ladder  
Data Name : MAIN

18/11/2022

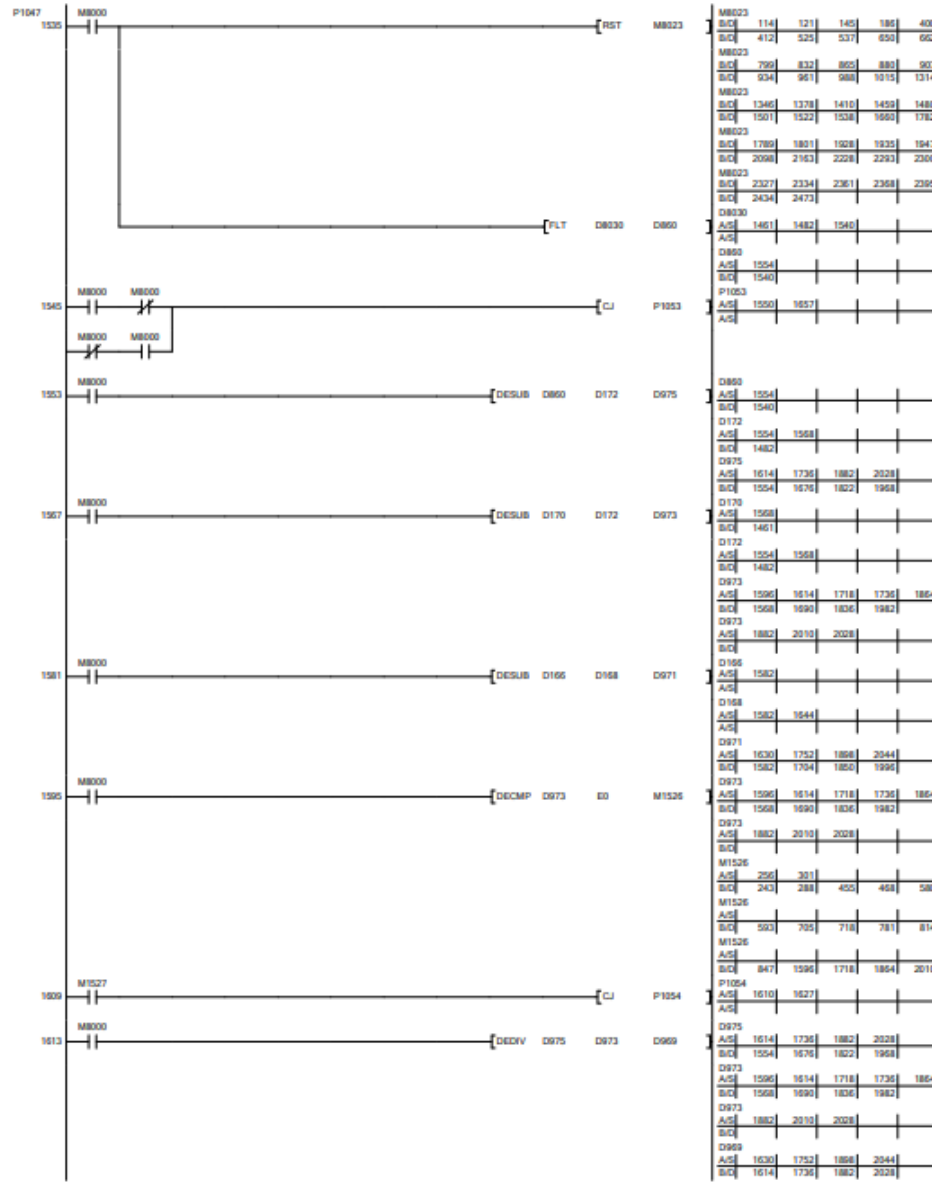


D871					
AS	1001	1028	1327	1359	1391
BC	995	1022	1321	1353	1385
D871					
AS	1423	2111	2176	2241	2313
BC	1417	2105	2170	2235	2295
D871					
AS	2347	2381	2408	2447	2486
BC	2329	2363	2402	2441	2480
D156					
AS	1391				
BC	1644				
D871					
AS	129	158	199	425	520
BC	116	152	193	497	532
D871					
AS	675	823	920	947	974
BC	657	887	914	941	968
D871					
AS	1001	1028	1327	1359	1391
BC	995	1022	1321	1353	1385
D871					
AS	1423	2111	2176	2241	2313
BC	1417	2105	2170	2235	2295
D871					
AS	2347	2381	2408	2447	2486
BC	2329	2363	2402	2441	2480
D896					
AS	1405				
BC	1391				



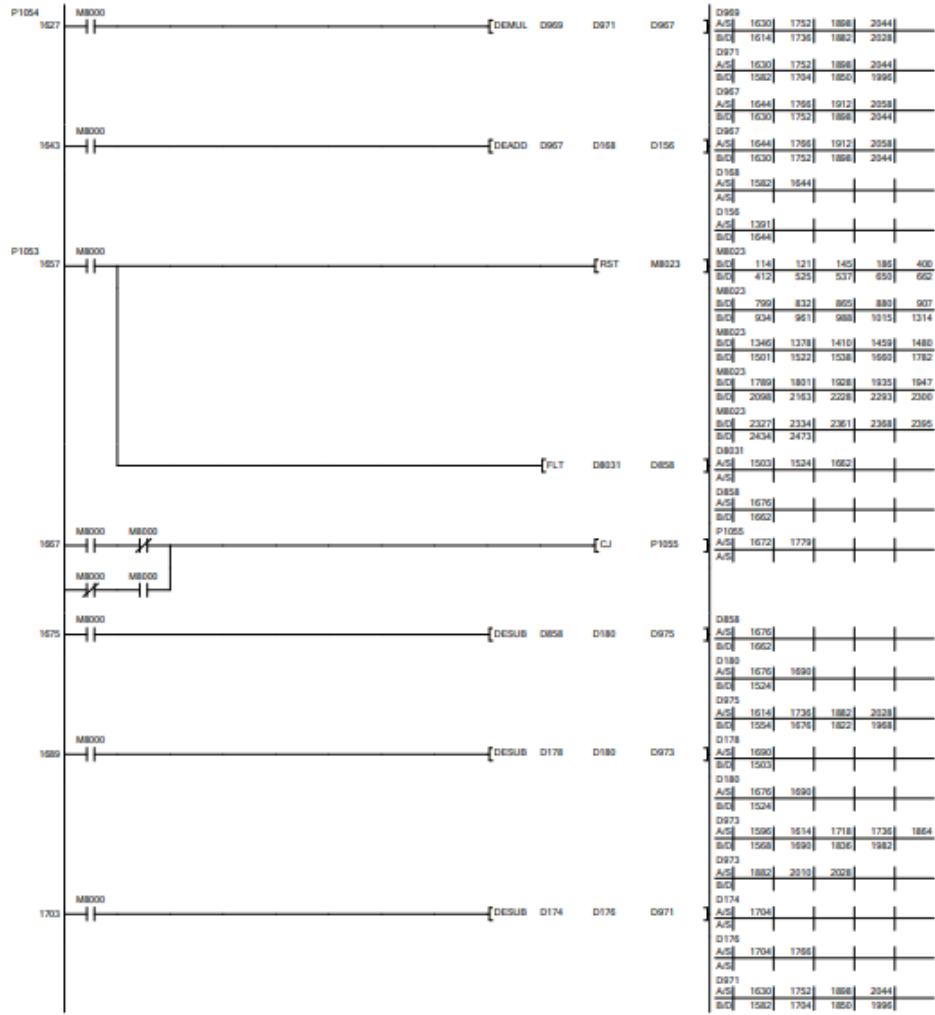


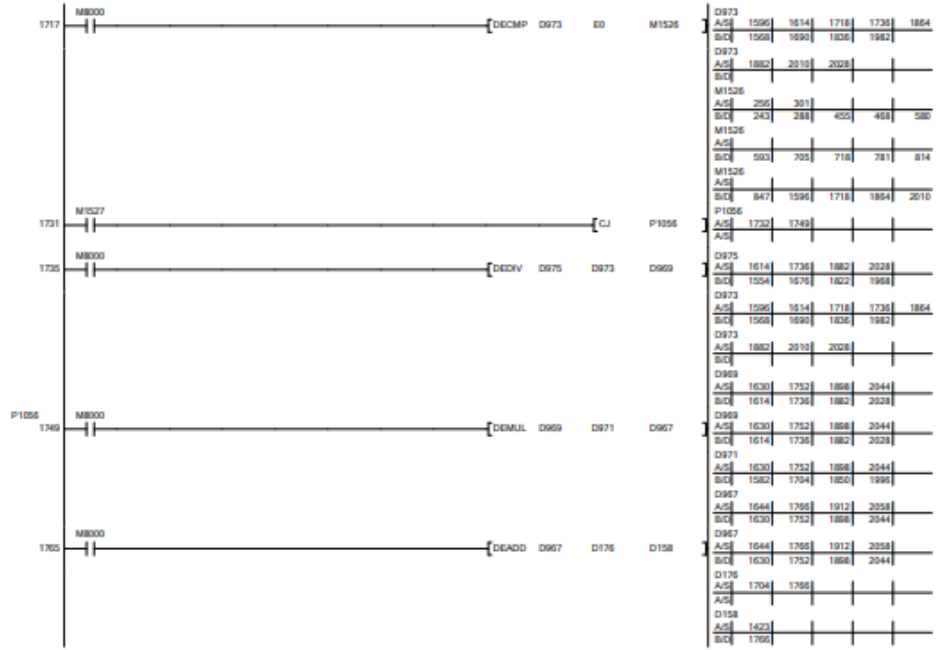


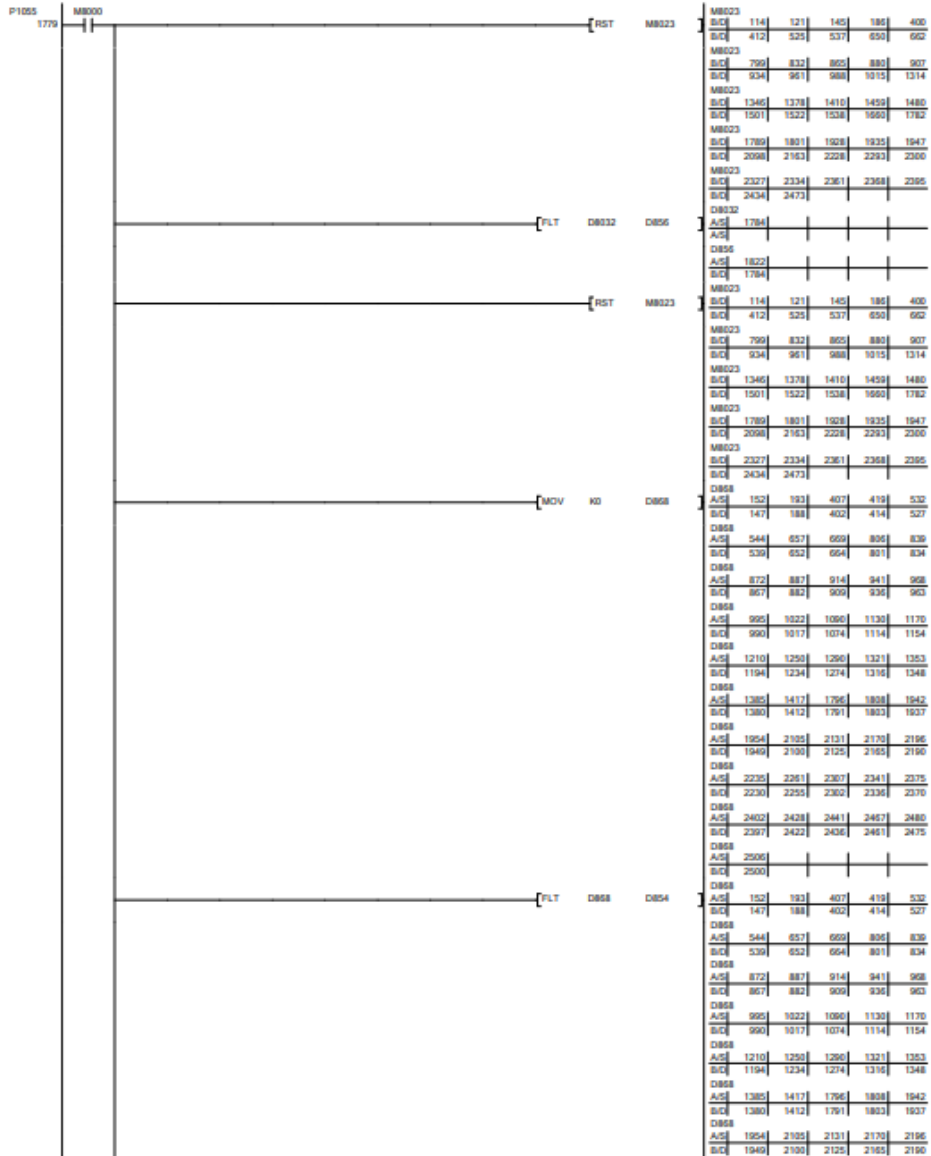


Ladder  
Data Name : MAIN

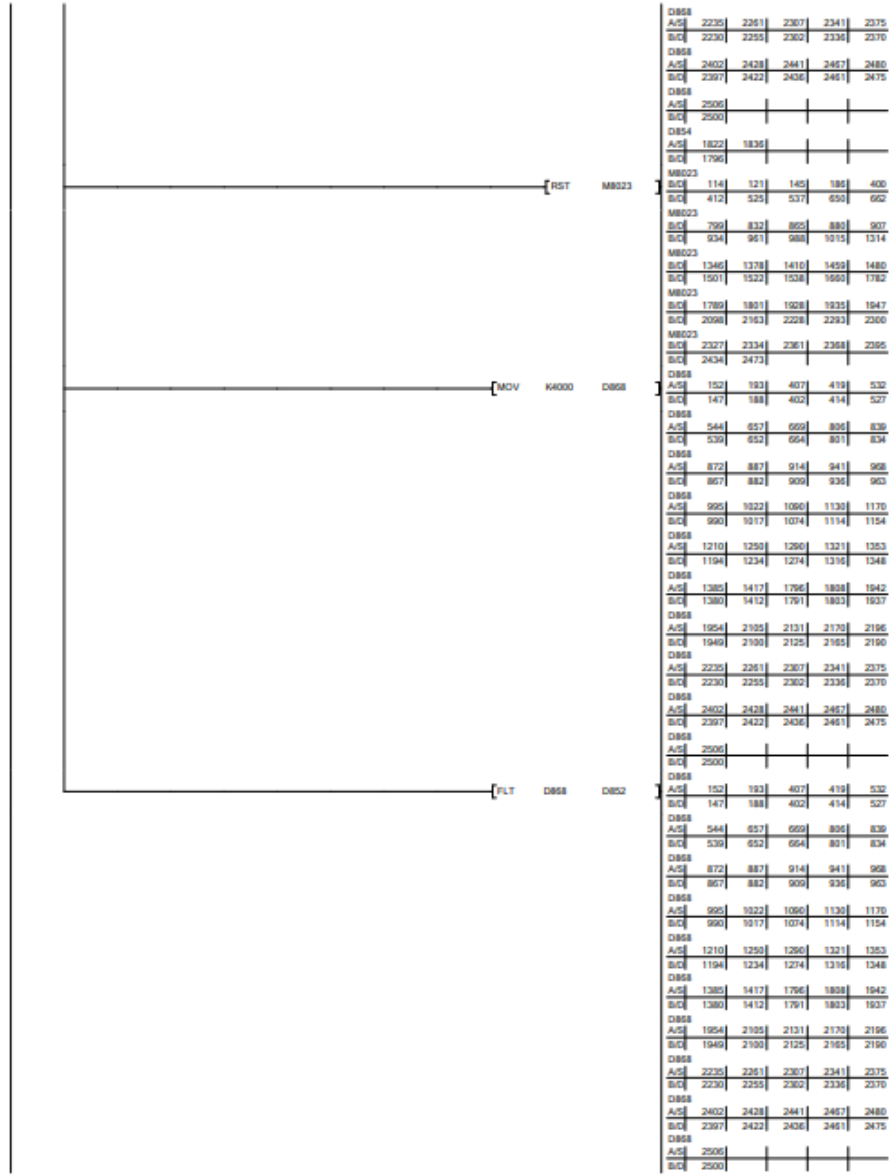
18/11/2022

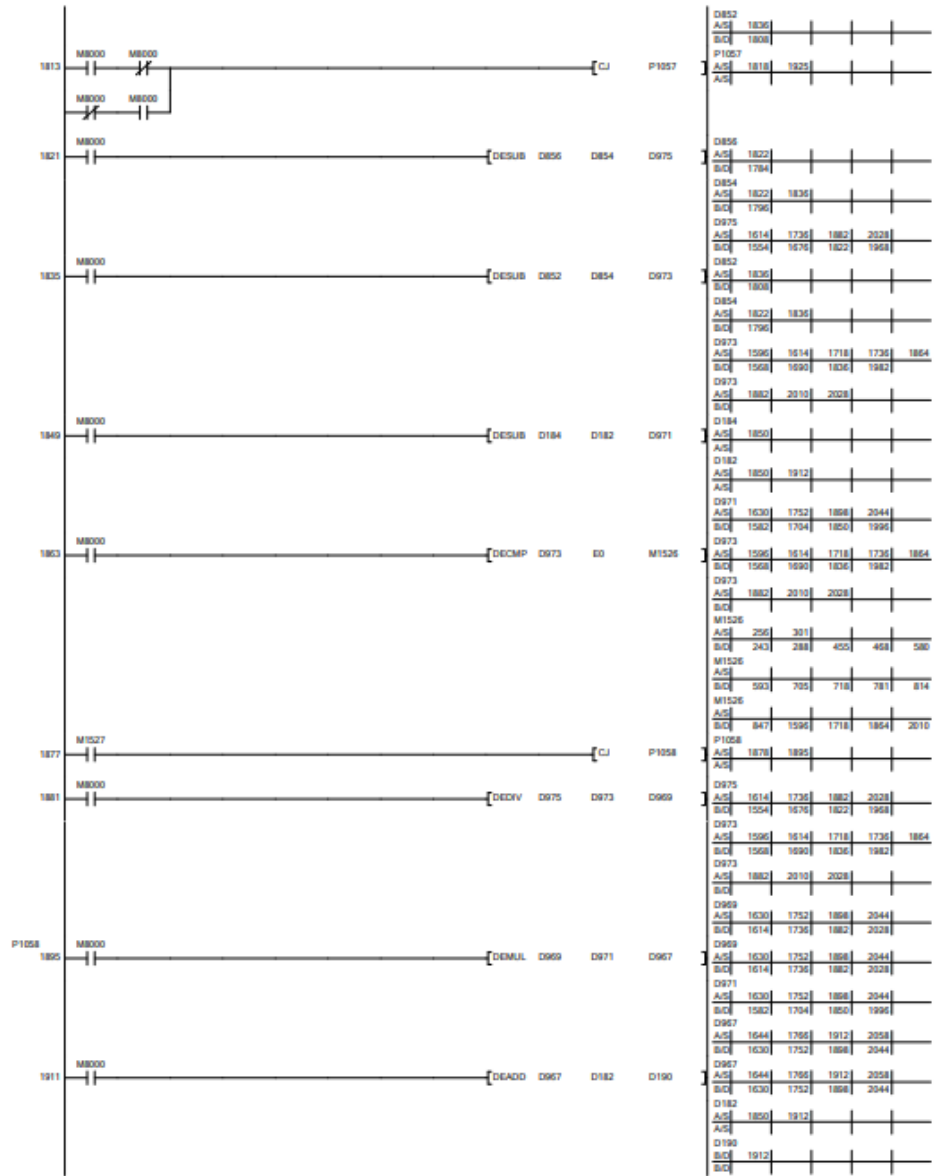


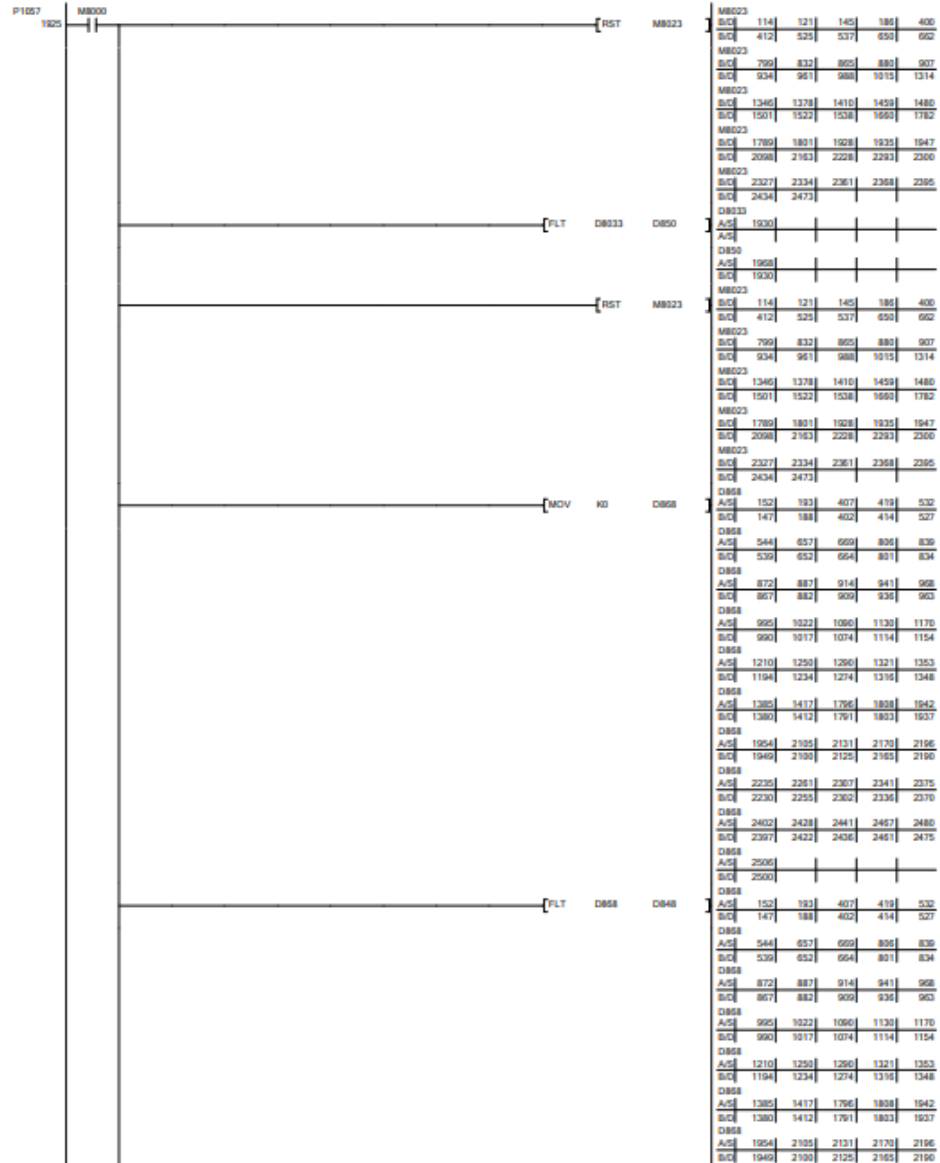




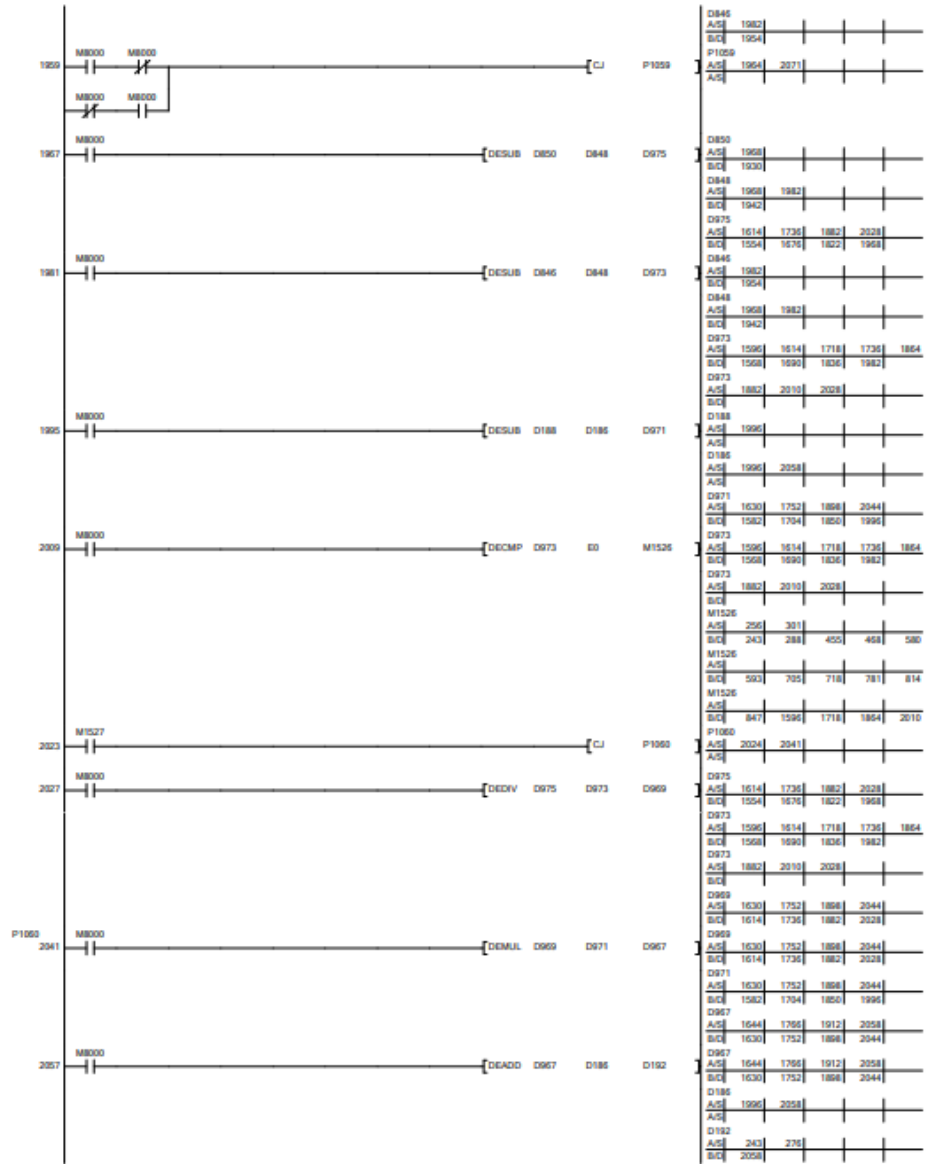






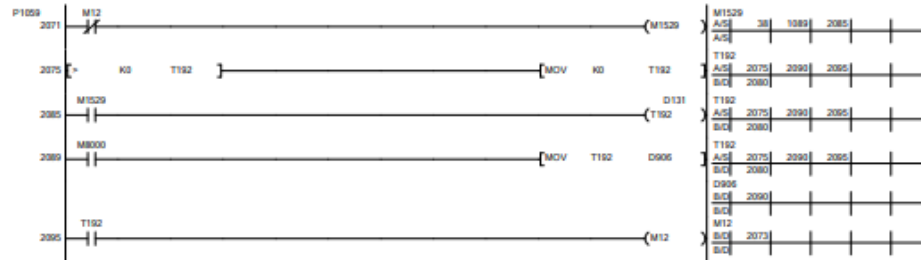


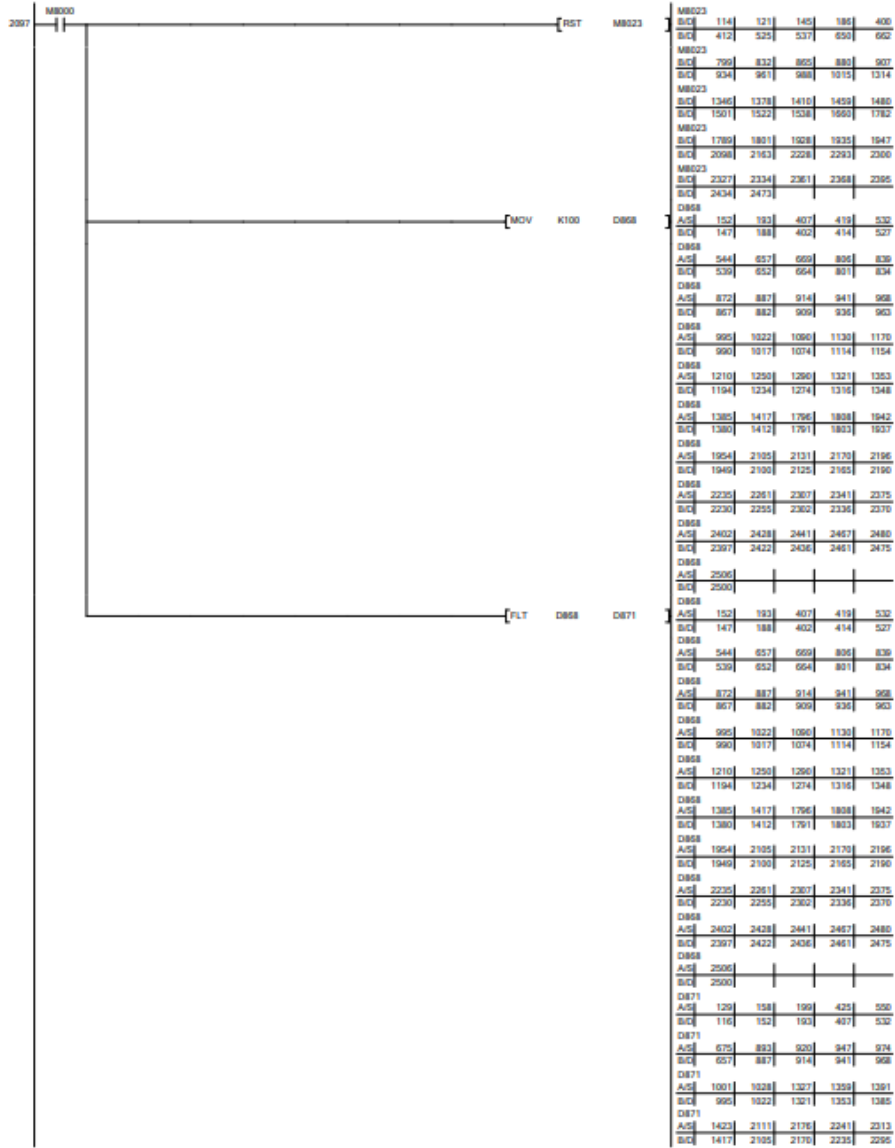


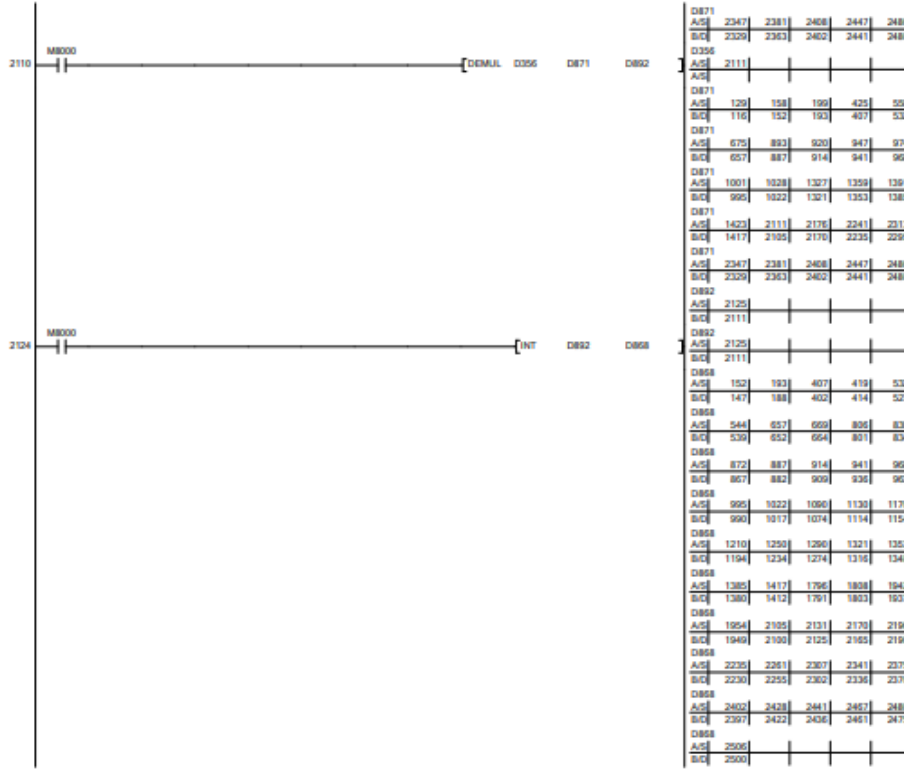


Ladder  
Data Name : MAIN

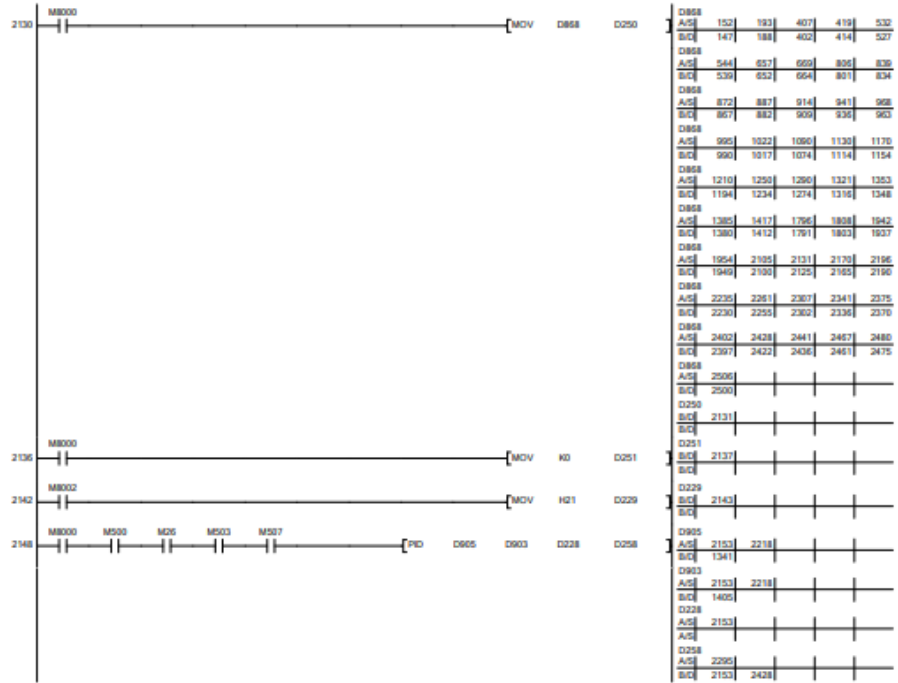
18/11/2022



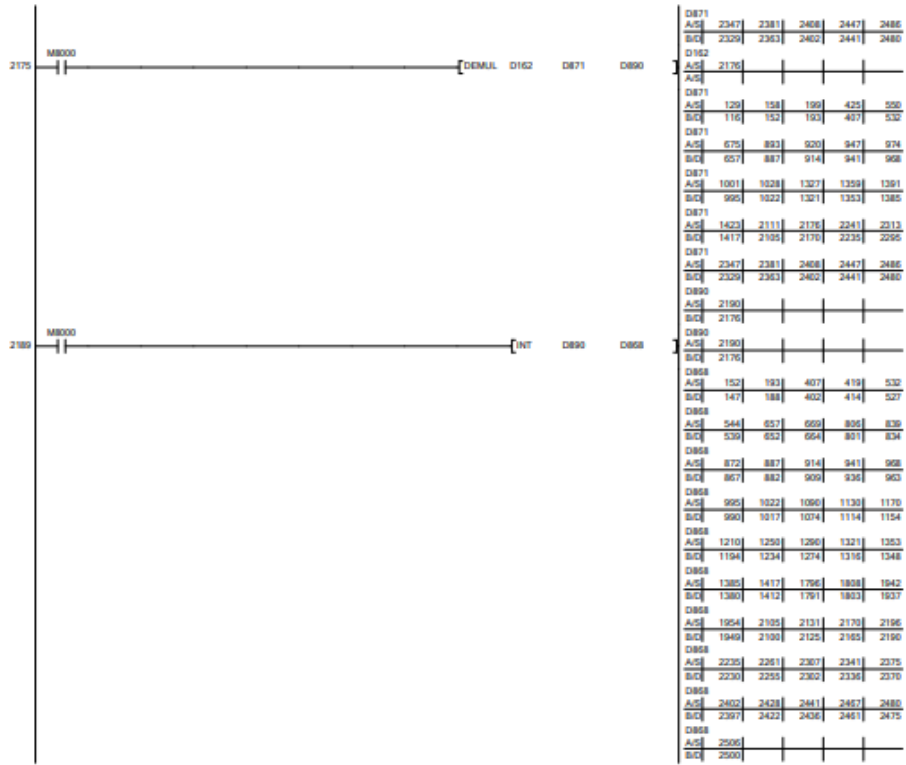


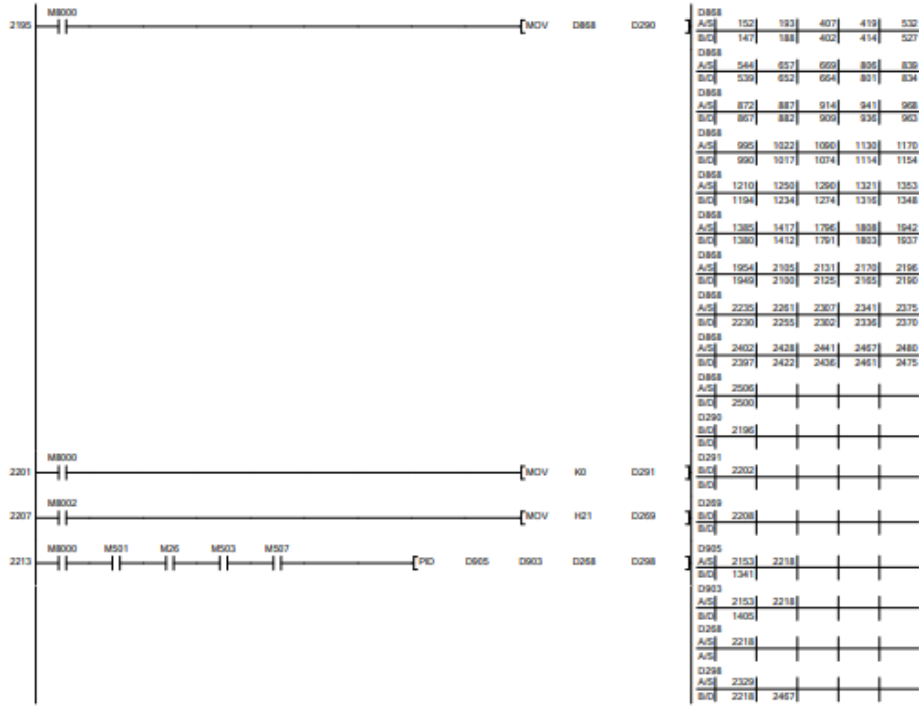


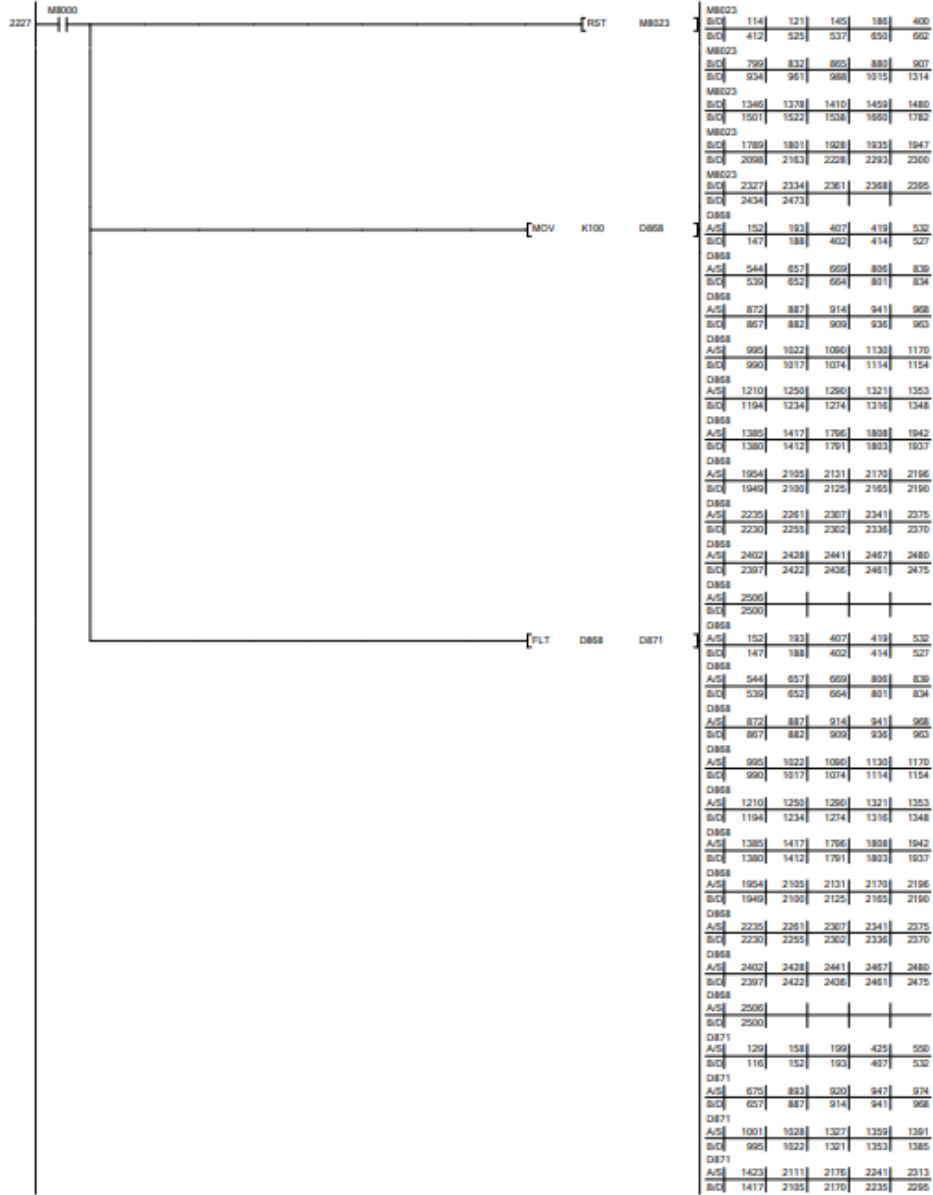


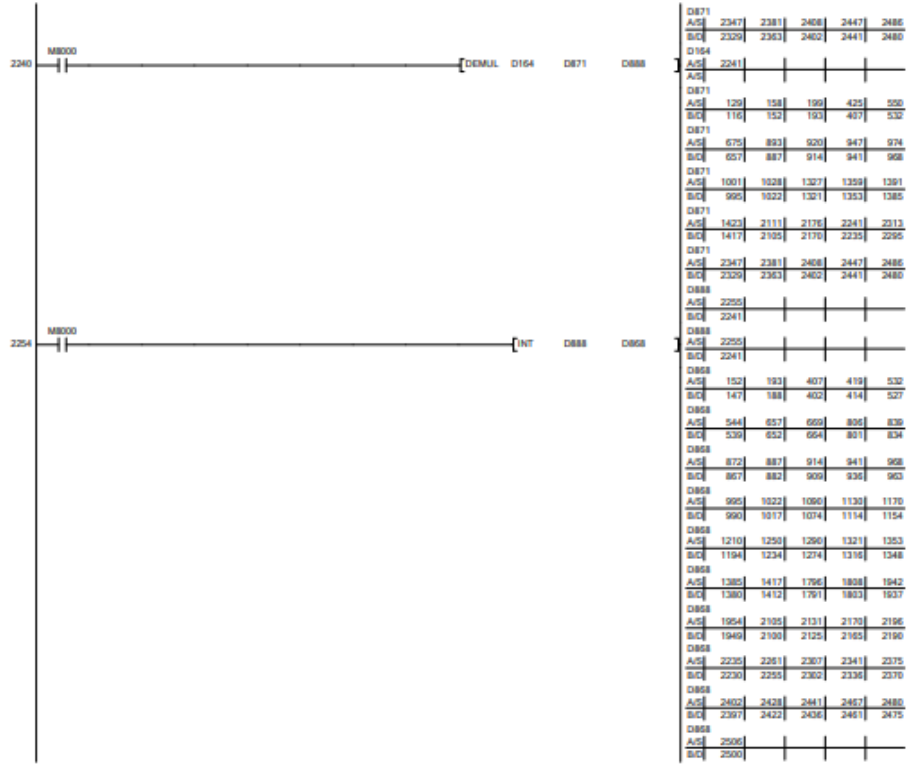


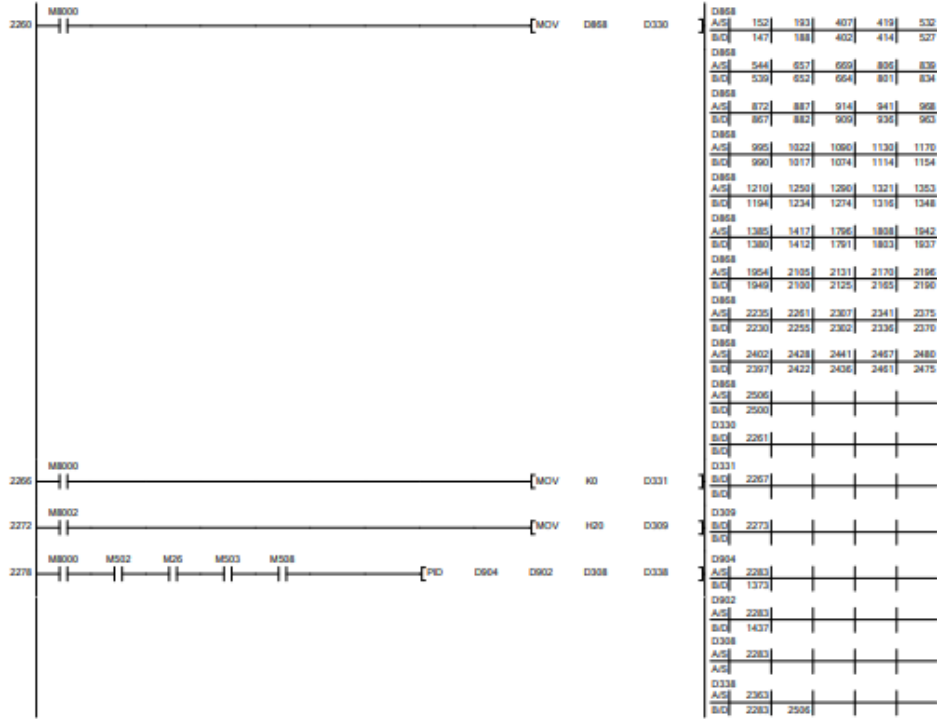


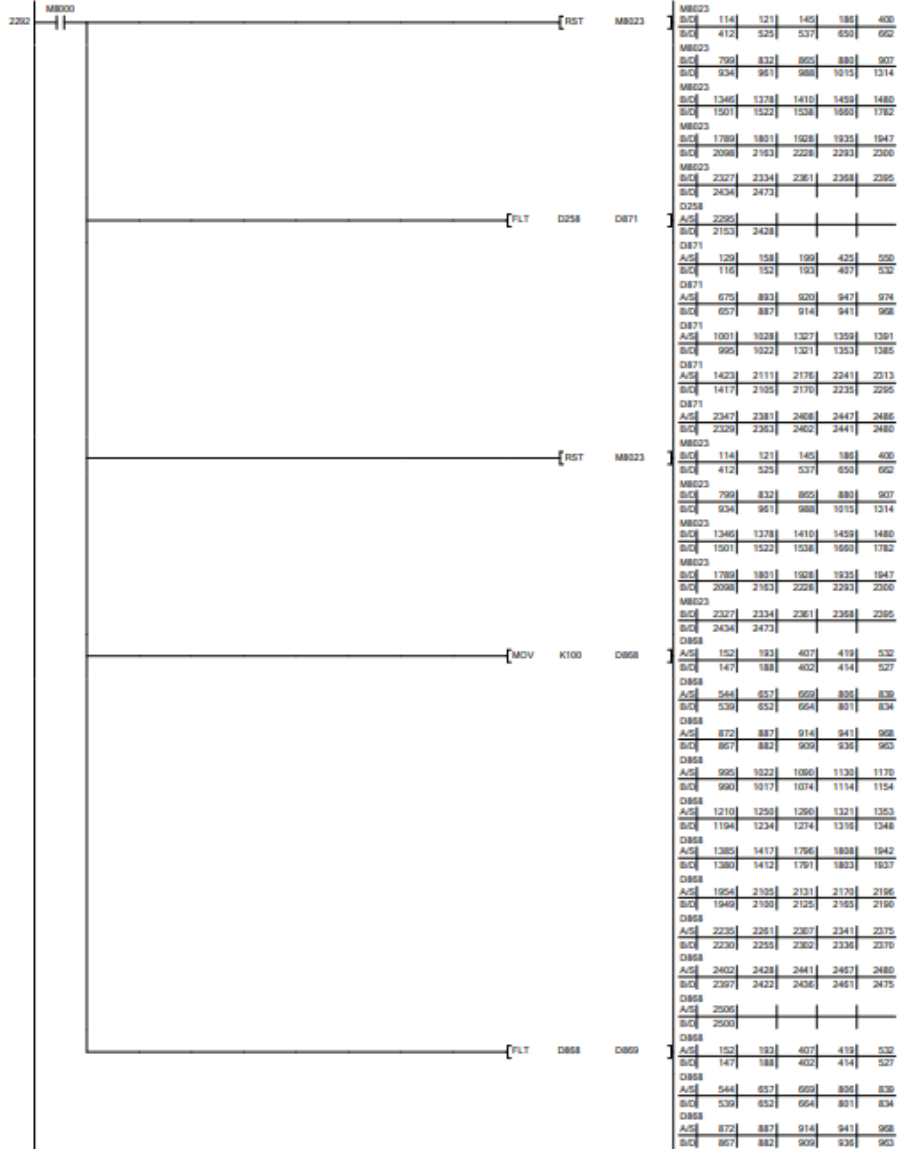














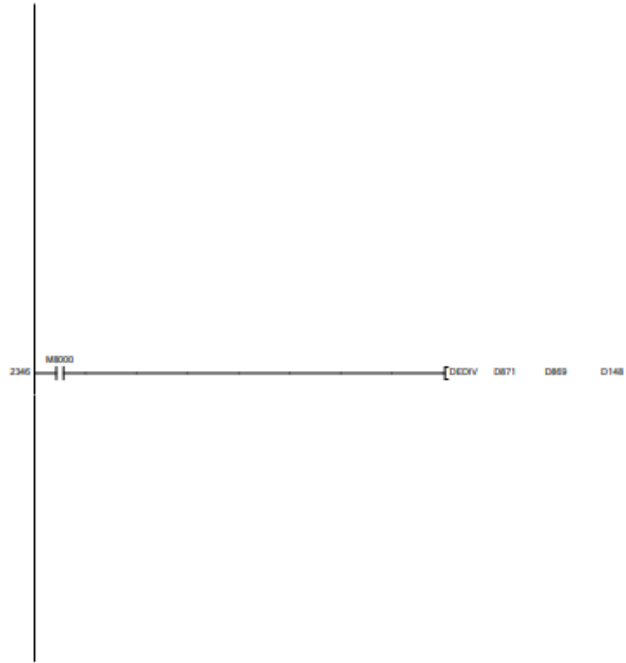


D868					
A/S	995	1022	1090	1130	1170
B/C	990	1017	1074	1114	1154
D868					
A/S	1210	1250	1290	1321	1353
B/C	1194	1234	1274	1316	1348
D868					
A/S	1385	1417	1796	1858	1942
B/C	1380	1412	1791	1853	1937
D868					
A/S	1954	2105	2131	2170	2186
B/C	1949	2100	2125	2165	2190
D868					
A/S	2235	2261	2307	2341	2375
B/C	2230	2255	2302	2336	2370
D868					
A/S	2402	2428	2441	2467	2480
B/C	2397	2422	2435	2461	2475
D868					
A/S	2506				
B/C	2500				
D869					
A/S	129	425	550	675	2313
B/C	123	419	544	669	2307
D869					
A/S	2347	2381			
B/C	2341	2375			
D871					
A/S	129	158	199	425	550
B/C	116	152	193	407	532
D871					
A/S	675	893	920	947	974
B/C	657	877	914	941	968
D871					
A/S	1001	1028	1327	1359	1391
B/C	995	1022	1321	1353	1385
D871					
A/S	1423	2111	2176	2241	2313
B/C	1417	2105	2170	2235	2295
D871					
A/S	2347	2381	2468	2447	2486
B/C	2329	2353	2462	2441	2480
D869					
A/S	129	425	550	675	2313
B/C	123	419	544	669	2307
D868					
A/S	2347	2381			
B/C	2341	2375			
D146					
A/S	372				
B/C	2313				



Ladder  
Data Name : MAIN

18/11/2022



D868					
AS	995	1022	1090	1130	1170
BC	990	1017	1074	1114	1154
D869					
AS	1210	1250	1290	132	1353
BC	1194	1234	1274	1310	1348
D870					
AS	1385	1417	1796	1808	1942
BC	1380	1412	1791	1803	1937
D871					
AS	1854	2105	2131	2170	2196
BC	1949	2100	2125	2165	2190
D872					
AS	2225	2261	2307	2341	2375
BC	2230	2255	2302	2336	2370
D873					
AS	2402	2428	2441	2467	2486
BC	2397	2422	2436	2461	2475
D874					
AS	2500				
BC	2500				
D875					
AS	120	425	550	675	2013
BC	123	419	544	669	2007
D876					
AS	2347	2381			
BC	2341	2375			
D877					
AS	120	158	199	425	530
BC	116	152	193	407	530
D878					
AS	675	883	920	947	974
BC	657	887	914	941	968
D879					
AS	1001	1028	1307	1359	1391
BC	995	1022	1301	1353	1385
D880					
AS	1423	2111	2178	2241	2313
BC	1417	2105	2170	2235	2295
D881					
AS	2347	2381	2408	2447	2486
BC	2339	2363	2402	2441	2480
D882					
AS	120	425	550	675	2013
BC	123	419	544	669	2007
D883					
AS	2347	2381			
BC	2341	2375			
D148					
AS	497				
BC	2347				

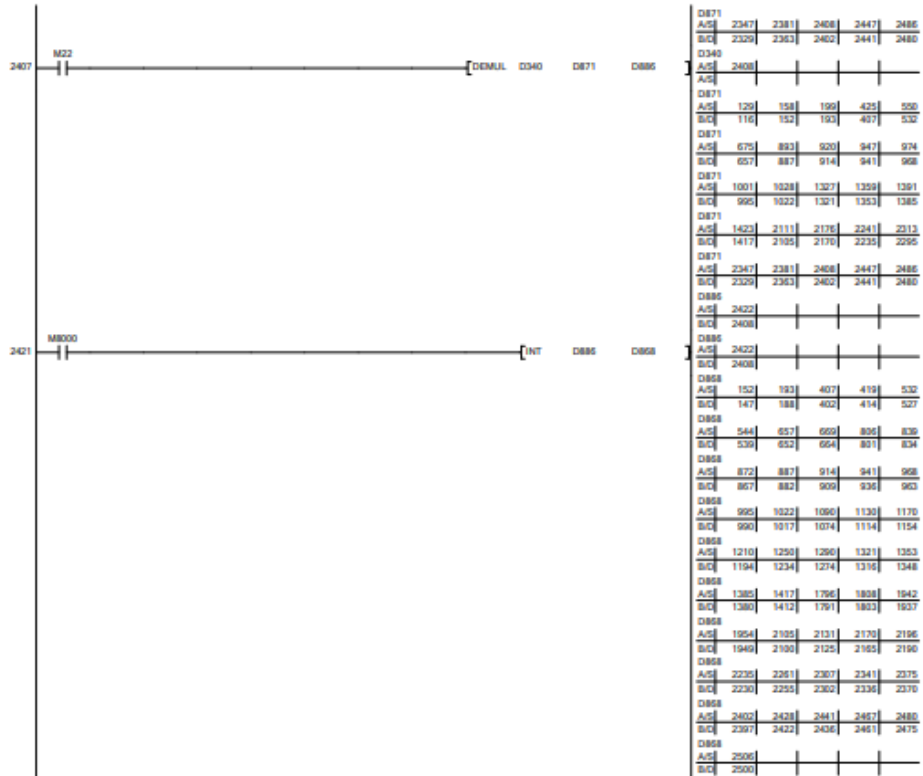




2204	M800	RST	M8323	M8023					
				A/S	114	121	145	186	400
				B/C	412	525	537	650	662
				M8023					
				A/S	799	832	855	880	907
				B/C	934	961	988	1015	1314
				M8023					
				A/S	1346	1378	1410	1459	1480
				B/C	1501	1532	1538	1660	1782
				M8023					
				A/S	1789	1801	1828	1925	1947
				B/C	2098	2163	2228	2293	2300
				M8023					
				A/S	2327	2334	2361	2368	2395
				B/C	2434	2473			
				D858					
				A/S	152	193	407	419	532
				B/C	147	188	402	414	527
				D858					
				A/S	544	657	669	806	839
				B/C	539	652	664	801	834
				D858					
				A/S	872	887	914	941	968
				B/C	867	882	909	936	963
				D858					
				A/S	995	1022	1080	1130	1170
				B/C	990	1017	1074	1114	1154
				D858					
				A/S	1210	1250	1280	1321	1353
				B/C	1194	1234	1274	1316	1348
				D858					
				A/S	1385	1417	1796	1808	1942
				B/C	1380	1412	1791	1803	1937
				D858					
				A/S	1954	2108	2131	2170	2186
				B/C	1949	2100	2125	2165	2190
				D858					
				A/S	2235	2261	2307	2341	2375
				B/C	2230	2255	2302	2336	2370
				D858					
				A/S	2402	2428	2441	2467	2480
				B/C	2397	2422	2436	2461	2475
				D858					
				A/S	2506				
				B/C	2500				
				D858					
				A/S	152	193	407	419	532
				B/C	147	188	402	414	527
				D858					
				A/S	544	657	669	806	839
				B/C	539	652	664	801	834
				D858					
				A/S	872	887	914	941	968
				B/C	867	882	909	936	963
				D858					
				A/S	995	1022	1080	1130	1170
				B/C	990	1017	1074	1114	1154
				D858					
				A/S	1210	1250	1280	1321	1353
				B/C	1194	1234	1274	1316	1348
				D858					
				A/S	1385	1417	1796	1808	1942
				B/C	1380	1412	1791	1803	1937
				D858					
				A/S	1954	2108	2131	2170	2186
				B/C	1949	2100	2125	2165	2190
				D858					
				A/S	2235	2261	2307	2341	2375
				B/C	2230	2255	2302	2336	2370
				D858					
				A/S	2402	2428	2441	2467	2480
				B/C	2397	2422	2436	2461	2475
				D858					
				A/S	2506				
				B/C	2500				
				D871					
				A/S	129	158	199	425	500
				B/C	116	152	193	407	532
				D871					
				A/S	875	883	920	947	974
				B/C	857	887	914	941	968
				D871					
				A/S	1001	1028	1307	1359	1391
				B/C	995	1022	1301	1353	1385
				D871					
				A/S	1423	2111	2176	2241	2313
				B/C	1417	2105	2170	2235	2295

Ladder  
Data Name : MAIN

18/11/2022

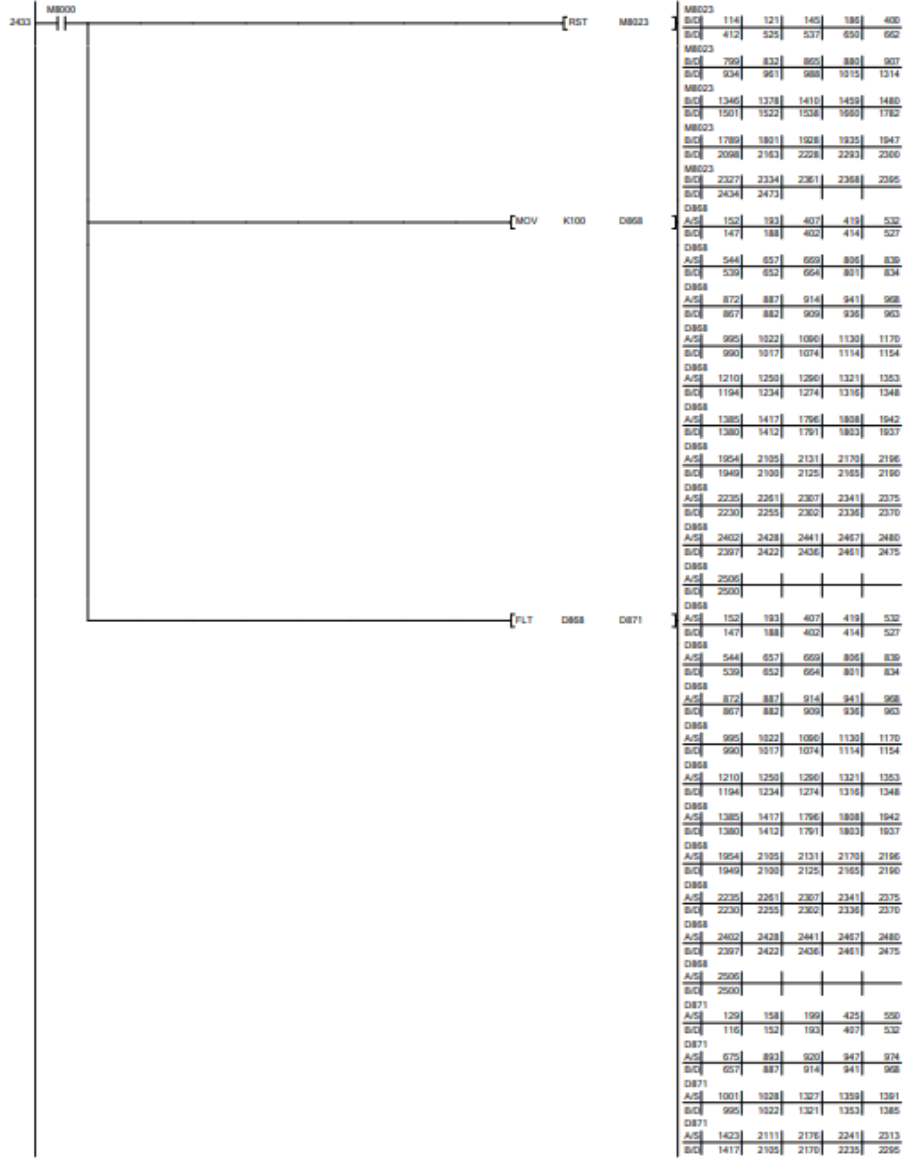


Ladder  
Data Name : MAIN

18/11/2022



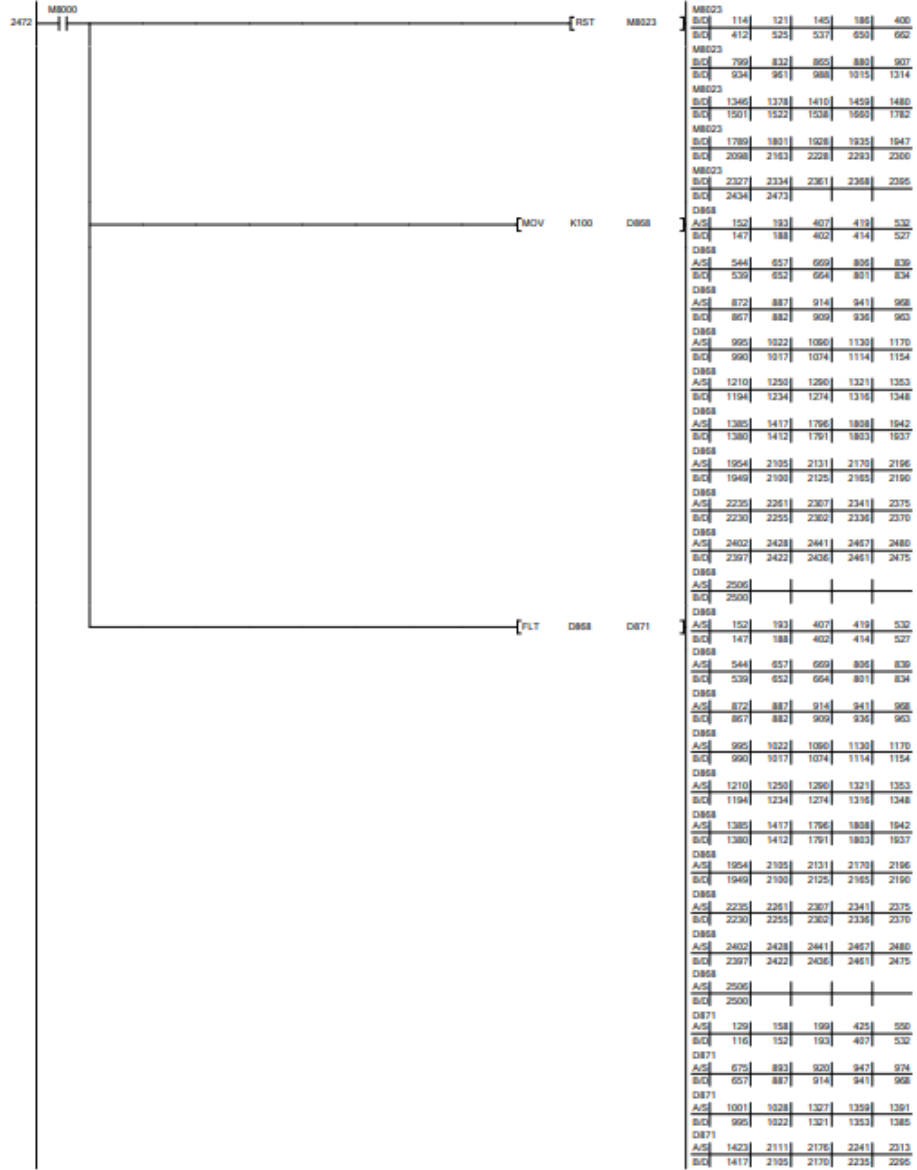


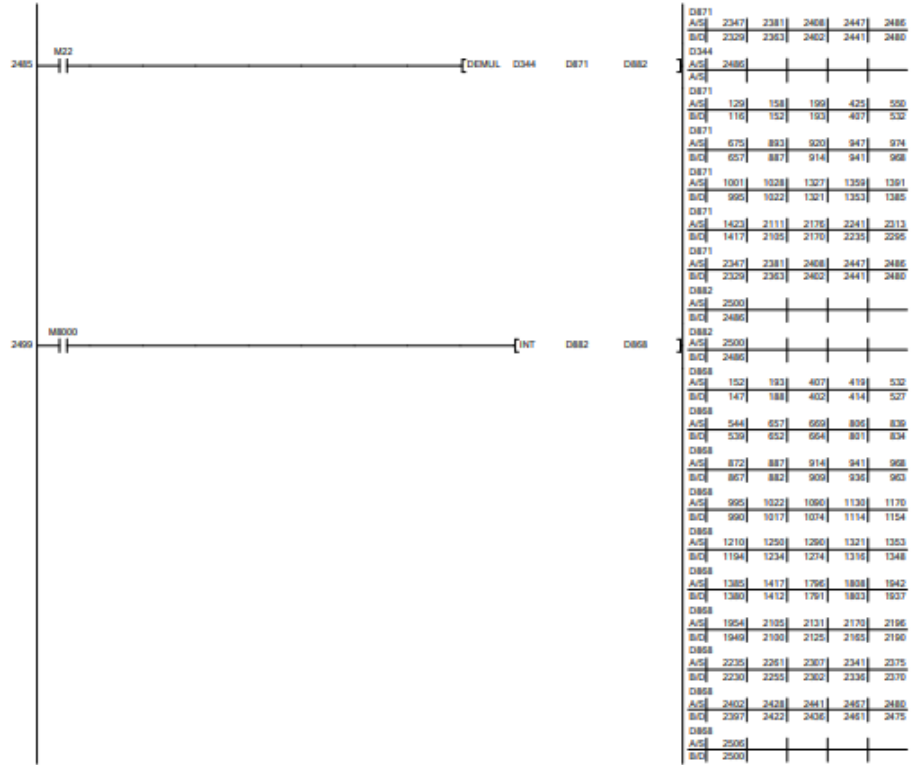


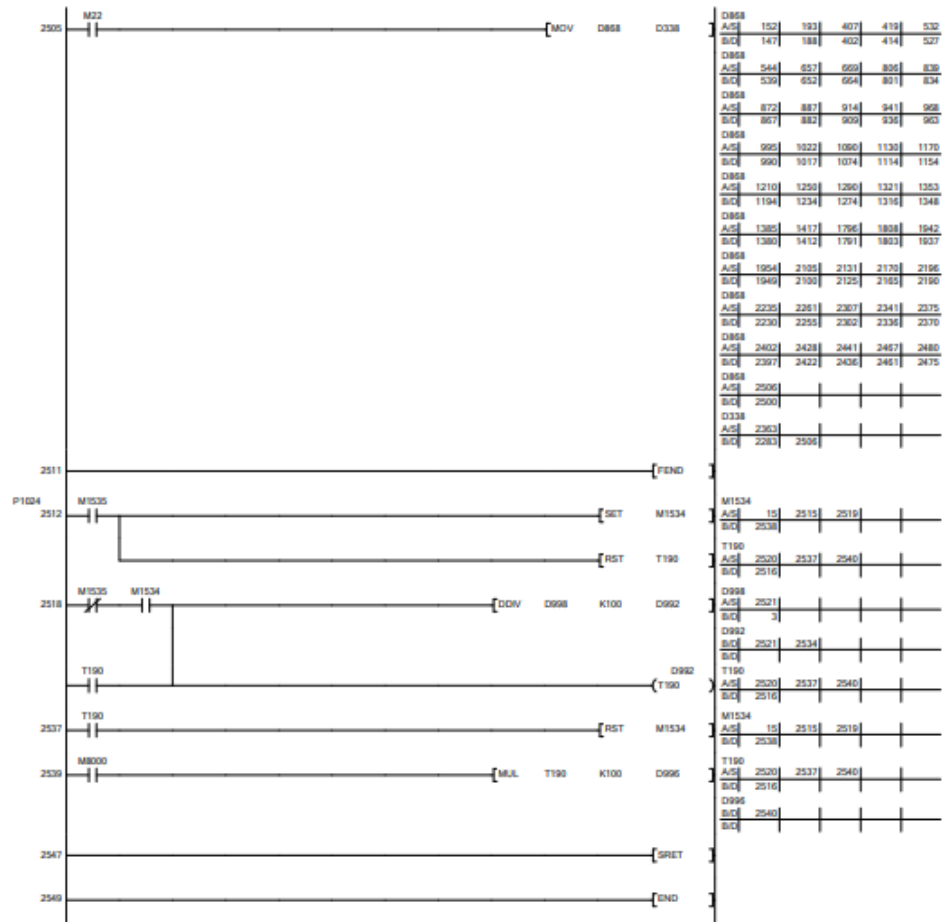
Data Name : MAIN

2445	M22	DEMUL	D342	D871	D884	D871					
						AS	2347	2381	2408	2447	2486
						BC	2329	2363	2402	2441	2480
						D342					
						AS	2447				
						AS					
						D871					
						AS	129	158	199	425	590
						BC	116	152	193	407	532
						D871					
						AS	675	893	920	947	974
						BC	657	887	914	941	968
						D871					
						AS	1001	1028	1327	1359	1391
						BC	995	1022	1321	1353	1385
						D871					
						AS	1423	2111	2126	2241	2313
						BC	1417	2105	2170	2235	2295
						D871					
						AS	2347	2381	2408	2447	2486
						BC	2329	2363	2402	2441	2480
						D884					
						AS	2461				
						BC	2447				
						D884					
						AS	2461				
						BC	2447				
2450	M8000			INT	D884	D868					
						AS	152	193	407	419	532
						BC	147	188	402	414	527
						D868					
						AS	544	657	669	836	839
						BC	539	652	664	801	834
						D868					
						AS	872	887	914	941	968
						BC	867	882	909	936	963
						D868					
						AS	995	1022	1080	1130	1170
						BC	990	1017	1074	1124	1154
						D868					
						AS	1210	1250	1286	1321	1353
						BC	1194	1234	1274	1316	1348
						D868					
						AS	1385	1417	1796	1808	1942
						BC	1380	1412	1791	1803	1937
						D868					
						AS	1954	2105	2121	2170	2186
						BC	1949	2100	2125	2165	2190
						D868					
						AS	2235	2261	2307	2341	2375
						BC	2230	2255	2302	2336	2370
						D868					
						AS	2402	2428	2461	2487	2480
						BC	2397	2422	2456	2481	2475
						D868					
						AS	2506				
						BC	2500				









TC Setting  
Data Name : MAIN

18/11/2022

Position	Device	Setting Value
( 39)	T199	D128
( 1095)	T198	D867
( 1135)	T197	D866
( 1175)	T196	D865
( 1215)	T195	D864
( 1255)	T194	D863
( 1295)	T193	D862
( 2086)	T192	D131
( 2534)	T190	D992

Device List  
 Data Name : Device List

18/11/2022

Find In:todo respaldo  
 Find What:Used Device (Contact & Coil)  
 Print Range:Whole Range

\*:in use (times): the number of coil uses

Device	Contact	Coil	Parameter	Comment
M0	*	*( 1)		
M1	*	*( 1)		
M2	*	*( 1)		
M3	*	*( 1)		
M4	*	*( 1)		
M5	*	*( 1)		
M6	*	*( 1)		
M7	*	*( 1)		
M8	*	*( 1)		
M9	*	*( 1)		
M10	*	*( 1)		
M12	*	*( 1)		
M13	*	*( 1)		
M26	*	*( 2)		
M1521	*	*( 1)		
M1522	*	*( 1)		
M1523	*	*( 1)		
M1524	*	*( 1)		
M1525	*	*( 1)		
M1526	*	*( 12)		
M1527	*	*( 12)		
M1528	*	*( 12)		
M1529	*	*( 3)		
M1533	*	*( 1)		
M1534	*	*( 2)		
M1535	*	*( 1)		
Y000	*	*( 1)		
Y001	*	*( 1)		
Y002	*	*( 1)		
D2	*	*( 2)		
D3	*	*( 2)		
D4	*	*( 1)		
D5	*	*( 1)		
D140	*	*( 1)		
D141	*	*( 1)		
D142	*	*( 1)		
D143	*	*( 1)		
D144	*	*( 1)		
D145	*	*( 1)		
D146	*	*( 1)		



Device List  
 Data Name : Device List

18/11/2022

Find In:todo respaldo  
 Find What:Used Device (Contact & Coil)  
 Print Range:Whole Range

\*:in use (times): the number of coil uses

Device	Contact	Coil	Parameter	Comment
D147	*	*( 1)		
D148	*	*( 1)		
D149	*	*( 1)		
D150	*	*( 1)		
D151	*	*( 1)		
D156	*	*( 1)		
D157	*	*( 1)		
D158	*	*( 1)		
D159	*	*( 1)		
D160	*	*( 3)		
D161	*	*( 3)		
D170	*	*( 1)		
D171	*	*( 1)		
D172	*	*( 1)		
D173	*	*( 1)		
D178	*	*( 1)		
D179	*	*( 1)		
D180	*	*( 1)		
D181	*	*( 1)		
D192	*	*( 1)		
D193	*	*( 1)		
D258	*	*( 2)		
D298	*	*( 2)		
D338	*	*( 2)		
D846	*	*( 1)		
D847	*	*( 1)		
D848	*	*( 1)		
D849	*	*( 1)		
D850	*	*( 1)		
D851	*	*( 1)		
D852	*	*( 1)		
D853	*	*( 1)		
D854	*	*( 1)		
D855	*	*( 1)		
D856	*	*( 1)		
D857	*	*( 1)		
D858	*	*( 1)		
D859	*	*( 1)		
D860	*	*( 1)		
D861	*	*( 1)		

Device List  
 Data Name : Device List

18/11/2022

Find In:todo respaldo  
 Find What:Used Device (Contact & Coil)  
 Print Range:Whole Range

\*:in use (times): the number of coil uses

Device	Contact	Coil	Parameter	Comment
D862	*	*( 1)		
D863	*	*( 1)		
D864	*	*( 1)		
D865	*	*( 1)		
D866	*	*( 1)		
D867	*	*( 1)		
D868	*	*( 46)		
D869	*	*( 7)		
D870	*	*( 7)		
D871	*	*( 25)		
D872	*	*( 25)		
D882	*	*( 1)		
D883	*	*( 1)		
D884	*	*( 1)		
D885	*	*( 1)		
D886	*	*( 1)		
D887	*	*( 1)		
D888	*	*( 1)		
D889	*	*( 1)		
D890	*	*( 1)		
D891	*	*( 1)		
D892	*	*( 1)		
D893	*	*( 1)		
D894	*	*( 1)		
D895	*	*( 1)		
D896	*	*( 1)		
D897	*	*( 1)		
D898	*	*( 1)		
D899	*	*( 1)		
D900	*	*( 1)		
D901	*	*( 1)		
D902	*	*( 1)		
D903	*	*( 1)		
D904	*	*( 1)		
D905	*	*( 1)		
D908	*	*( 1)		
D909	*	*( 1)		
D910	*	*( 1)		
D911	*	*( 1)		
D912	*	*( 1)		

Device List  
 Data Name : Device List

18/11/2022

Find In:todo respaldo  
 Find What:Used Device (Contact & Coil)  
 Print Range:Whole Range

\*:in use (times): the number of coil uses

Device	Contact	Coil	Parameter	Comment
D913	*	*( 1)		
D920	*	*( 2)		
D921	*	*( 2)		
D922	*	*( 2)		
D923	*	*( 2)		
D924	*	*( 2)		
D925	*	*( 2)		
D926	*	*( 1)		
D927	*	*( 1)		
D928	*	*( 1)		
D929	*	*( 1)		
D930	*	*( 1)		
D931	*	*( 1)		
D941	*	*( 3)		
D942	*	*( 3)		
D961	*	*( 3)		
D962	*	*( 3)		
D963	*	*( 3)		
D964	*	*( 3)		
D965	*	*( 3)		
D966	*	*( 3)		
D967	*	*( 4)		
D968	*	*( 4)		
D969	*	*( 4)		
D970	*	*( 4)		
D971	*	*( 4)		
D972	*	*( 4)		
D973	*	*( 4)		
D974	*	*( 4)		
D975	*	*( 4)		
D976	*	*( 4)		
D979	*	*( 3)		
D980	*	*( 3)		
D983	*	*( 2)		
D984	*	*( 2)		
D989	*	*( 1)		
D991	*	*( 2)		
D992	*	*( 1)		
D998	*	*( 1)		
D999	*	*( 1)		

Data Name : Device List

Find In:todo respaldo

Find What:Used Device (Contact & Coil)

Print Range:Whole Range

\*:in use (times): the number of coil uses

Device	Contact	Coil	Parameter	Comment
T190	*	*( 2)		
T192	*	*( 2)		
T193	*	*( 2)		
T194	*	*( 2)		
T195	*	*( 2)		
T196	*	*( 2)		
T197	*	*( 2)		
T198	*	*( 2)		
T199	*	*( 2)		
P1024	*	*( 1)		
P1025	*	*( 1)		
P1026	*	*( 1)		
P1027	*	*( 1)		
P1028	*	*( 1)		
P1029	*	*( 2)		
P1030	*	*( 1)		
P1031	*	*( 1)		
P1032	*	*( 1)		
P1033	*	*( 2)		
P1034	*	*( 1)		
P1035	*	*( 1)		
P1036	*	*( 1)		
P1037	*	*( 1)		
P1038	*	*( 1)		
P1039	*	*( 1)		
P1040	*	*( 1)		
P1041	*	*( 1)		
P1042	*	*( 1)		
P1043	*	*( 1)		
P1044	*	*( 1)		
P1045	*	*( 1)		
P1046	*	*( 1)		
P1047	*	*( 1)		
P1048	*	*( 1)		
P1049	*	*( 3)		
P1050	*	*( 1)		
P1051	*	*( 1)		
P1052	*	*( 1)		
P1053	*	*( 1)		
P1054	*	*( 1)		

Device List  
Data Name : Device List

18/11/2022

Find In:todo respaldo  
Find What:Used Device (Contact & Coil)  
Print Range:Whole Range

\*:in use (times): the number of coil uses

Device	Contact	Coil	Parameter	Comment
P1055	*	*( 1)		
P1056	*	*( 1)		
P1057	*	*( 1)		
P1058	*	*( 1)		
P1059	*	*( 1)		
P1060	*	*( 1)		

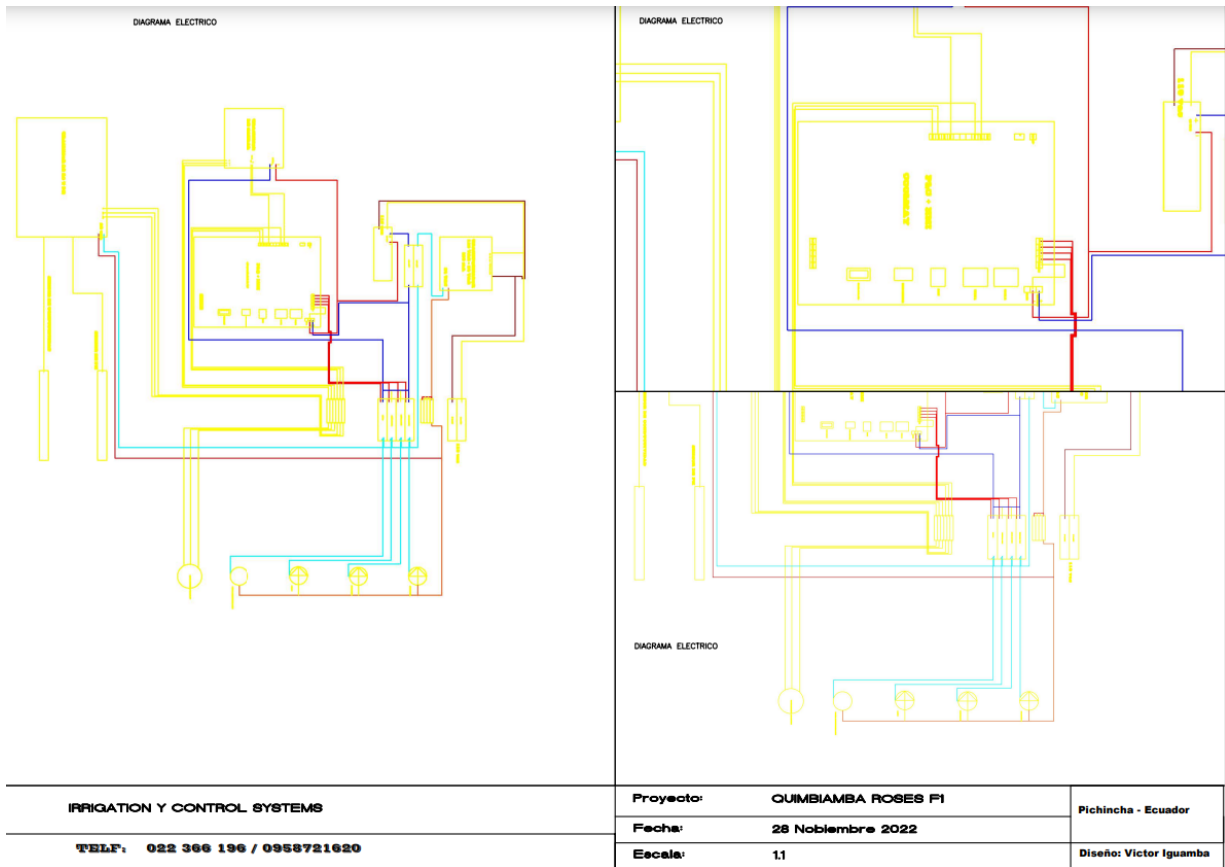
Project Contents List  
Data Name : Project Contents List

18/11/2022

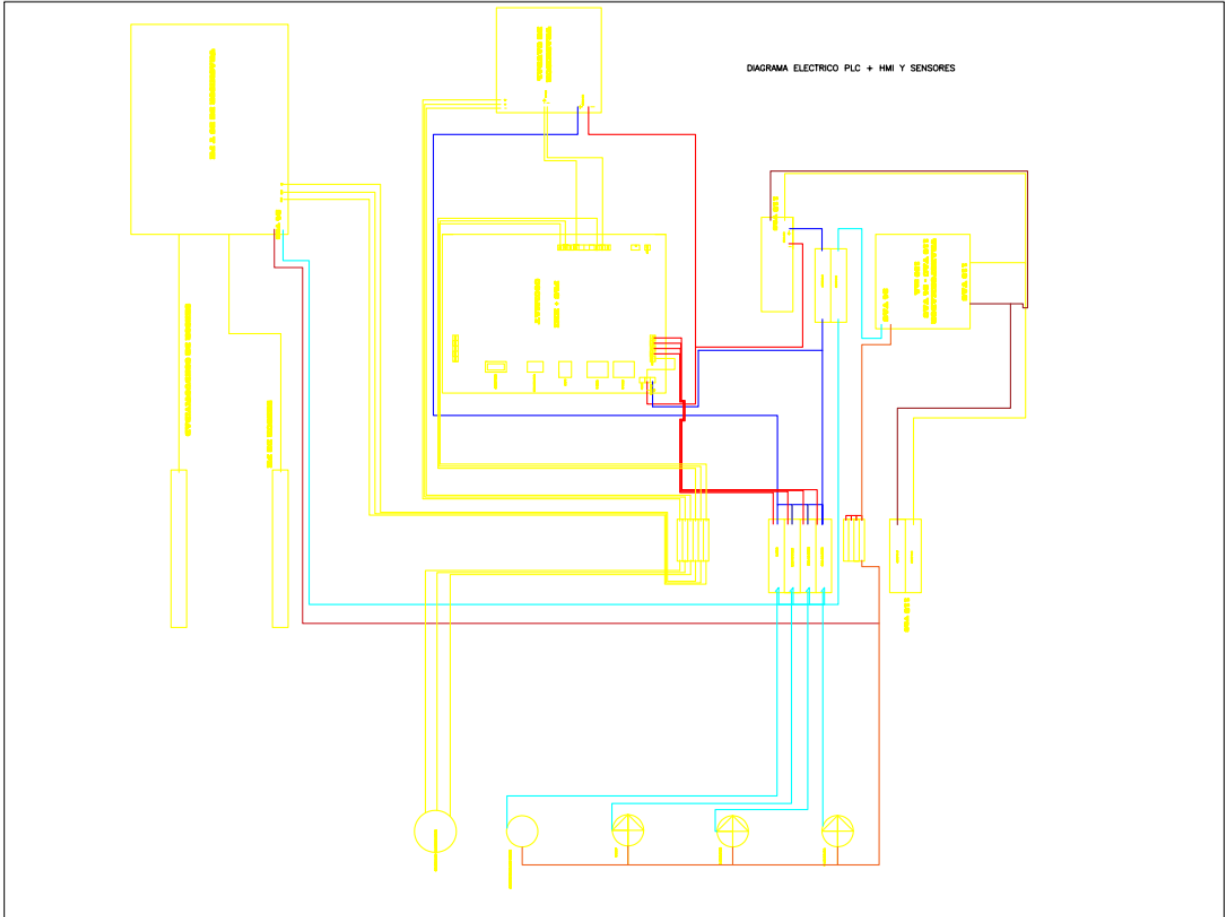
Workspace Name :  
Project Name : todo respaldo  
Title :

Data Name	Last Change	Title
Parameter	18/11/2022 10:38:48	
PLC Parameter	18/11/2022 10:38:48	
Global Device Comment	18/11/2022 10:38:48	
Program Setting		
Execution Program		
MAIN	18/11/2022 10:40:02	
MAIN	18/11/2022 10:40:02	
POU		
Program	18/11/2022 10:40:02	
MAIN	18/11/2022 10:40:02	
Local Device Comment		
Device Memory	18/11/2022 10:38:48	

## Anexo 8. Diagrama eléctrico PLC varias vistas



## Anexo 9. Diagrama eléctrico PLC y sensores



Anexo 10. Circuito eléctrico y conexión elementos de control



