

MÀQUINA PARA EL SEMBRADO AUTOMÀTICO DE SEMILLAS

YAIR JESÚS ARIAS SILVA
JOSÉ DAVID GÓMEZ OTERO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
2011

MÀQUINA PARA EL SEMBRADO AUTOMÀTICO DE SEMILLAS

**YAIR JESÚS ARIAS SILVA
JOSÉ DAVID GÓMEZ OTERO**

PROYECTO DE GRADO

**JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN
DIRECTOR DEL PROYECTO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
2011**

Nota de Aceptación

Firma de Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, 9 de septiembre de 2011

Bucaramanga, 9 de septiembre de 2011

A Dios por el don de sabiduría, salud y convicción para guiarme en este proceso que culmina con éxito.

A mis padres Josué Gómez Blanco y Lucía Beatriz Otero, por el apoyo incondicional y motivación para alcanzar mis metas, por la educación con la que fui criado y aun me imparten, siempre guiándome con buenos valores.

A mi hermano Camilo Andrés por el apoyo incondicional y por la fuerza, para seguir adelante siempre firme cada día y cumplir mi sueño.

A mis amigos y compañeros que me acompañaron en todo momento y me impulsaron a salir adelante y quienes con su apoyo hicieron resaltar toda mi alegría, y mis grandes sentimientos para no decaer nunca.

José David Gómez Otero

Bucaramanga, 9 de septiembre de 2011

A Dios que en su inmensidad e infinito amor, me bendices y brindas la oportunidad de vivir, además de otorgarme el haber nacido, crecido y forjado en una familia unida y colmada de amor.

A mi papa, que aunque no pude conocerte, ni compartir contigo, dejaste muchas enseñanzas las cuales deseo emular.

A mi abuela ABA, que gracias a todo ese amor incondicional, trasnochadas, madrugadas, confianza, crianza y demás, eres artífice del hombre que soy y de este logro cumplido. Este triunfo es por ustedes y para ustedes, aunque ya no se encuentren presencialmente con nosotros, sé que me acompañan y se alegran por mis éxitos. Siempre los conservare en mi mente y corazón, los amo.

A mi mama, por ese derroche de amor, apoyo, sacrificio y optimismo que me irradas para no desfallecer y superar todos los obstáculos que aparecen en el camino.

A mi hermano Yuri, por creer en mí, compartir angustias, sonrisas y siempre apoyarme en la realización de mis metas, sueños.

A mi tía Tere y Víctor por el cariño, las enseñanzas y apoyo brindado durante todo este tiempo en la formación de hombre integral.

A mis amigos Wilson, Jota, Edwin, Wilberth, Carras, Luifer, José y demás, que son la familia que yo elegí, gracias por todos esos momentos que hemos compartido, momentos llenos de sentimientos y pensamientos compartidos, sueños y anhelos, secretos, risas y lagrimas, y sobre todo, amistad sincera y de hermandad.

A Lola, a la cual le adeudo la ternura, cariño, palabras de aliento, abrazos, besos, tolerarme mis espinas más agudas y compartir bonitos momentos que nos brindo la vida.

Sean felices siempre, no dejen de sonreír nunca.

Yair Jesús Arias Silva

AGRADECIMIENTOS

A Dios, dueño de nuestras vidas por permitirnos desarrollar este proyecto para culminar una etapa en nuestra formación académica.

Al Ingeniero Juan Carlos Villamizar y Luis Peña, por su permanente disposición, paciencia, orientación en la búsqueda de soluciones, y apoyo brindado durante todo este tiempo en la realización de este proyecto.

A los demás maestros que a lo largo de la carrera nos proporcionaron conocimientos e estimularon y capacitaron nuestras mentes en búsqueda de explotar todo nuestro potencial y alcanzar una formación integral con altas calidades humanas.

A nuestras familias por la confianza, apoyo y amor incondicional brindado durante toda esta etapa.

A nuestros queridos compañeros y amigos, que nos apoyaron y permitieron entrar en sus vidas durante estos años de convivir dentro y fuera de las aulas de clase. Gracias.

A la universidad por todos los recursos brindados, con el fin de fortalecer nuestra educación para formarnos como ingenieros electrónicos competitivos a nivel nacional e internacional y con alto sentido de responsabilidad social.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 17 |
| 1. OBJETIVOS..... | 18 |
| 1.1. General..... | 18 |
| 1.2. Específicos..... | 18 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 19 |
| 2.1. AUTOMATIZACIÓN..... | 19 |
| 2.1.1. Definición..... | 19 |
| 2.1.2. Objetivos de la Automatización | 19 |
| 2.1.3. Niveles de la Automatización..... | 19 |
| 2.2. SENSORES..... | 20 |
| 2.2.1. Definición..... | 20 |
| 2.2.2. Sensor magnético..... | 20 |
| 2.2.3. Sensor óptico..... | 21 |
| 2.3. SIEMBRA EN SEMILLEROS..... | 22 |
| 2.3.1. Definición..... | 22 |
| 2.3.2. Tipos de semilleros..... | 22 |
| 2.3.3. Localización del semillero..... | 22 |
| 2.3.4. Proceso..... | 23 |
| 2.3.5. Requisitos..... | 25 |
| 2.3.6. Importancia..... | 25 |
| 2.4. ELEMENTOS DE INSTALACION NEUMÁTICA..... | 25 |
| 2.4.1. Cilindros neumáticos..... | 25 |
| 2.4.2. Electroválvulas..... | 26 |
| 2.4.3. Válvulas neumáticas..... | 26 |

| | |
|---|----|
| 2.5. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)..... | 27 |
| 2.5.1. Definición..... | 27 |
| 2.5.2. Clasificación de los PLC..... | 29 |
| 2.5.3. Funciones básicas que realiza un PLC..... | 29 |
| 2.5.4. Ventajas e inconvenientes de los PLC..... | 30 |
| 2.5.5. Lenguajes de Programación | 31 |
| 2.6. TERMINAL TÁCTIL | 32 |
| 2.6.1. Elementos de un terminal táctil..... | 33 |
| 2.7. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN..... | 34 |
| 2.7.1. Tipos de Comunicaciones Industriales..... | 35 |
| 2.8. MÁQUINAS EXISTENTES PARA EL SEMBRADO DE SEMILLAS..... | 35 |
| 2.8.1. Máquina manual para el sembrado de semillas..... | 35 |
| 2.8.2. Máquina semiautomática para el sembrado de semillas..... | 36 |
| 2.8.3. Sembradora de tambor..... | 37 |
| 2.8.4. Sembradora a inyección granette..... | 38 |
| 2.8.5. Usos en la industria..... | 39 |
| 3. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA..... | 39 |
| 3.1. INGENIERÍA MECÁNICA Y NEUMÁTICA CONCEPTUAL..... | 39 |
| 3.2. INGENIERÍA ELECTRÓNICA CONCEPTUAL..... | 45 |
| 3.2.1. Sensor..... | 46 |
| 3.2.2. Sistema de Control..... | 47 |
| 3.2.3. Interfaz grafica..... | 48 |
| 4. SISTEMA SCADA..... | 50 |
| 4.1. NIVEL DE INSTRUMENTACIÓN..... | 50 |
| 4.1.1. Inventario de Señales del Proceso..... | 50 |
| 4.1.2. Instrumentación del proceso..... | 50 |
| 4.1.3. Sistema de protección eléctrica..... | 60 |

| | |
|---|-----|
| 4.2. NIVEL RTU/MASTER..... | 61 |
| 4.2.1. Controlador Lógico Programable TWIDO TWDLCAE40DRF..... | 61 |
| 4.3. NIVEL DE COMUNICACIONES..... | 69 |
| 4.4. NIVEL DE CONTROL..... | 70 |
| 4.4.1. Software TWIDO SUITE | 70 |
| 4.4.2. Configuración del control en la máquina para el sembrado automático de semillas..... | 71 |
| 4.4.3. Diagrama de estados del proceso de siembra..... | 79 |
| 4.4.4. Programa implementado en la máquina para el sembrado automático de semillas..... | 81 |
| 4.4.5. Software VIJEO-DESIGNER..... | 92 |
| 5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO | 106 |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 107 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 108 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA..... | 109 |
| 9. ANEXOS..... | 114 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Componentes y materiales del cilindro neumático. [7]..... | 26 |
| Tabla 2. Clasificación de los PLC. [12]..... | 29 |
| Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de los PLC. [13]..... | 30 |
| Tabla 4. Lenguajes gráficos de programación de un PLC. [14]..... | 31 |
| Tabla 5. Lenguajes textuales de programación de un PLC. [14]..... | 32 |
| Tabla 6. Tipos de comunicaciones industriales. [17] [18]..... | 35 |
| Tabla 7. Especificaciones técnicas compresor. [22]..... | 40 |
| Tabla 8. Especificaciones técnicas de la válvula control de flujo. [9]..... | 43 |
| Tabla 9. Especificaciones técnicas del cilindro neumático. [7]..... | 43 |
| Tabla 10. Especificaciones técnicas de la electroválvulas 5/2. [8]..... | 45 |
| Tabla 11. Especificaciones técnicas del sensor magnético. [27]..... | 46 |
| Tabla 12. Especificaciones técnicas de la terminal táctil XBT GT 2330. [16]..... | 49 |
| Tabla 13. Inventario general de señales de control del prototipo. [29]..... | 50 |
| Tabla 14. Modelo del controlador. [42]..... | 62 |
| Tabla 15. Configuración del PLC TWDLCAE40DRF. [43]..... | 63 |
| Tabla 16. Especificaciones de funcionamiento de los PLC compactos. [43]..... | 65 |
| Tabla 17. Especificaciones eléctricas de los PLC compactos. [43]..... | 66 |
| Tabla 18. Conexiones al PLC..... | 68 |
| Tabla 19. Elementos panel 1. [49]..... | 98 |
| Tabla 20. Elementos panel 2. [49]..... | 100 |
| Tabla 21. Elementos panel 3. [49]..... | 101 |
| Tabla 22. Elementos panel 4. [49]..... | 102 |
| Tabla 23. Elementos panel 5. [49]..... | 104 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Pirámide de la Automatización. [3]..... | 20 |
| Figura 2. Sensor magnético. [4]..... | 21 |
| Figura 3. Sensores ópticos. [5]..... | 21 |
| Figura 4. Proceso de siembra en semilleros..... | 24 |
| Figura 5. Cilindro neumático. [7]..... | 25 |
| Figura 6. Electroválvula 5/2- 24V. [8]..... | 26 |
| Figura 7. Válvula control de flujo. [9]..... | 27 |
| Figura 8. Diagrama de bloques del PLC. [10]..... | 27 |
| Figura 9. Controlador lógico programable (PLC). [11]..... | 28 |
| Figura 10. Partes de un controlador lógico programable (PLC). [11]..... | 28 |
| Figura 11. Terminales táctiles. [16]..... | 33 |
| Figura 12. Elementos de un terminal táctil. [16]..... | 34 |
| Figura 13. Sembradora manual. [19]..... | 36 |
| Figura 14. Sembradora semiautomática. [19]..... | 37 |
| Figura 15. Sembradora de tambor. [20]..... | 37 |
| Figura 16. Sembradora a inyección granette. [21]..... | 38 |
| Figura 17. Compresor. [22]..... | 40 |
| Figura 18. Racores y mangueras en la máquina [23]..... | 41 |
| Figura 19. Prototipo de la máquina [24]..... | 41 |
| Figura 20. Pieza para deslizar la bandeja. [25]..... | 42 |
| Figura 21. Válvula control de flujo Airtac. [9]..... | 42 |
| Figura 22. Cilindro neumático Airtac. [7]..... | 43 |
| Figura 23. Motor DC 24V. [26]..... | 44 |
| Figura 24. Electroválvulas 5/2- 24V Airtac. [8]..... | 44 |
| Figura 25. Sensor magnético Airtac. [27]..... | 46 |
| Figura 26. Sensor fotoeléctrico réflex tipo barrera. [28]..... | 48 |
| Figura 27. Terminal táctil Magelis XBT GT 2330. [16]..... | 51 |
| Figura 28. La máquina para el sembrado automático de semillas [24]..... | 51 |
| Figura 29. Componentes de la maquina [30]..... | 51 |
| Figura 30. Cilindro neumático para el desplazamiento de bandejas. [31]..... | 52 |
| Figura 31. Desplazamiento de bandejas. [31]..... | 52 |
| Figura 32. Válvula reguladora de caudal VRC1. [8]..... | 53 |
| Figura 33. Silo del sustrato. [32]..... | 54 |
| Figura 34. Acople para el llenado de sustrato. [33]..... | 55 |
| Figura 35. Vista desde arriba. [33]..... | 55 |
| Figura 36. Sensores magnéticos del cilindro de llenado. [34]..... | 56 |
| Figura 37. Sensor fotoeléctrico réflex tipo barrera del cilindro de llenado..... | 56 |
| Figura 38. Válvula reguladora de caudal VRC2. [8]..... | 57 |
| Figura 39. Silos de las semillas de tabaco. [35]..... | 58 |
| Figura 40. Acople para la deposición de la semilla. [36]..... | 58 |
| Figura 41. Elementos para la colocación de la semilla. [37]..... | 59 |
| Figura 42. Válvula reguladora de caudal VRC3. [8]..... | 59 |
| Figura 43. Interruptor TemBreak XS50CS. [38]..... | 60 |

| | |
|--|-----|
| Figura 44. Tacos termomagnéticos. [39]..... | 61 |
| Figura 45. Plc Twido TWDLCAE40DRF. [41]..... | 62 |
| Figura 46. Especificaciones del cableado de las E/S. [44]..... | 67 |
| Figura 47. Interfaz del controlador. [45]..... | 69 |
| Figura 48. Pantalla inicial de TwidoSuite. [46]..... | 71 |
| Figura 49. Ventana de la pestaña de “proyecto”. [46]..... | 72 |
| Figura 50. Espacio general de trabajo del TwidoSuite. [46]..... | 73 |
| Figura 51. Ventana de configuración de Hardware “Describir”. [46]..... | 74 |
| Figura 52. Configuración de Hardware Twido. [46]..... | 75 |
| Figura 53. Ventana para la creación de símbolos. [46]..... | 76 |
| Figura 54. Ventana del editor de programa. [46]..... | 77 |
| Figura 55. Insertar primera sección..... | 78 |
| Figura 56. Sección insertada..... | 78 |
| Figura 57. Introducir títulos, comentarios, etc..... | 79 |
| Figura 58. Instrucciones básicas de la paleta de Ladder. [46]..... | 79 |
| Figura 59. Diagramas de estados del proceso y control del motor. [50]..... | 80 |
| Figura 60. Inicio del proceso. [46]..... | 81 |
| Figura 61. Desplazamiento de las bandejas de alvéolos. [46]..... | 83 |
| Figura 62. Caída de las bandejas de alvéolos. [46]..... | 84 |
| Figura 63. Detección de la bandeja y llenado de sustrato. [46]..... | 85 |
| Figura 64. Salto en caso de no detectar sensor fotoeléctrico (S4). [46]..... | 86 |
| Figura 65. Detección de la bandeja y colocación de la semilla. [46]..... | 87 |
| Figura 66. Salto en caso de no detectar sensor fotoeléctrico (S8). [46]..... | 87 |
| Figura 67. Reinicio del desplazamiento de las bandejas. [46]..... | 88 |
| Figura 68. Contador C2. [46]..... | 88 |
| Figura 69. Sentido inversor de giro del motor. [46]..... | 89 |
| Figura 70. Ciclo del motor inversor. [46]..... | 90 |
| Figura 71. Motor en sentido horario. [46]..... | 91 |
| Figura 72. Control de las salidas en el PLC. [46]..... | 91 |
| Figura 73. Vijeo-Designer y Vijeo-Designer Runtime. [47]..... | 92 |
| Figura 74. Entorno Vijeo-Designer. [47]..... | 93 |
| Figura 75. Ventana inicial Vijeo-Designer. [48]..... | 94 |
| Figura 76. Configuración de un proyecto. [48]..... | 95 |
| Figura 77. Selección del modelo del terminal táctil. [48]..... | 96 |
| Figura 78. Configuración de la red Ethernet. [48]..... | 96 |
| Figura 79. Pantalla principal del proyecto creado. [48]..... | 97 |
| Figura 80. Paneles del proyecto “Sembradora”. [48]..... | 97 |
| Figura 81. Diagrama del panel 1. [48]..... | 98 |
| Figura 82. Pantalla inicial del proyecto. [48]..... | 99 |
| Figura 83. Configuración de la terminal Magelis XBT GT2330. [48]..... | 99 |
| Figura 84. Diagrama del panel 2. [48]..... | 100 |
| Figura 85. Reseña del prototipo. [48]..... | 100 |
| Figura 86. Diagrama del panel 3. [48]..... | 100 |
| Figura 87. Diagrama del panel 4. [48]..... | 103 |
| Figura 88. Objetivo general del proyecto. [48]..... | 103 |
| Figura 89. Diagrama del panel 5. [48]..... | 104 |
| Figura 90. Pantalla de proceso. [48]..... | 105 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo A. Presupuesto General del Proyecto..... | 115 |
| Anexo B. Plano eléctrico..... | 116 |

GLOSARIO

SUSTRATO: Es todo aquel material posible de cultivar una planta que no corresponde a suelo.

DOSIFICAR: Fijar la cantidad requerida de semilla o sustrato a utilizar en cada bandeja para el desarrollo de la planta.

SEMBRADORA: Es una máquina destinada a sembrar, la cual puede ser manual, semiautomática o automática.

GERMINACION: Es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta.

ALVÈOLOS: Son los agujeros presentes en la bandeja, en donde el número de agujeros depende de la altura y el volumen de la planta a cultivar.

PLC: Dispositivo electrónico de control que permite ejecutar distintas aplicaciones y procesos industriales.

HMI: (Human Machine Interface) o pantallas dialogo hombre-máquina, que permiten visualizar datos provenientes del prototipo y modificar aspectos del proceso.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: MÁQUINA PARA EL SEMBRADO AUTOMÁTICO DE SEMILLAS

AUTOR(ES): YAIR JESÙS ARIAS SILVA
JOSÉ DAVID GÓMEZ OTERO

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR: JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

RESUMEN

La realización del proyecto permitió la construcción de un prototipo de una máquina para el sembrado automático de semillas mediante la utilización de cilindros neumáticos, electroválvulas, sensores, un PLC y un terminal táctil. El prototipo permite desplazar la bandeja de alvéolos mediante un cilindro neumático con ayuda de un acople mecánico hasta los lugares establecidos para el llenado de sustrato y colocación de la semilla, de una manera homogénea, rápida, dosificada, precisa y repetitiva, en la cual la intervención del hombre queda limitada a tareas de supervisión y control del trabajo realizado, así como al suministro de los insumos. También presenta la posibilidad de cambiar y ajustar los aditamentos necesarios para sembrar semillas de distinto tipo de cultivos.

PALABRAS CLAVES:

AUTOMÁTICO, SUSTRATO, SENSORES, DOSIFICACION, PLC.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

ABSTRACT OF THESIS PROJECT

TITLE: AUTOMATIC MACHINE FOR PLANTING SEEDS

AUTHOR(S): YAIR JESÙS ARIAS SILVA
JOSÈ DAVID GÒMEZ OTERO

DEPARTMENT: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR: JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

ABSTRACT

The completion of the project allowed the construction of a prototype machine for automatic seed sown by the use of pneumatic cylinders, solenoid valves, sensors, PLC and touch screen terminal. The prototype allows to move the tray of the sockets by a pneumatic cylinder using a mechanical coupling to the places established for filling substrate and seed placement, in a homogeneous, quick, metered, accurate and repeatable, in which human intervention is limited to supervision and control of work and the supply of inputs. It also presents the possibility to change and adjust the hardware needed to sow seeds of different crops.

KEYWORDS:

AUTOMATIC, SUBSTRATE, SENSORS, DOSAGE, PLC.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

INTRODUCCIÓN

En agricultura se designa sembradora a una máquina destinada para sembrar, lo cual en el pasado solía ser un pedazo de madera con una reja en su extremo arrastrado por caballos. En la actualidad se presentan sembradoras manuales, sembradoras semiautomáticas, las cuales presentan un trabajo aceptable y ahorran en mano de obra, pero no son suficientes a las necesidades del mercado.

Con el propósito de mejorar los sistemas de producción actual y debido a que la siembra de semillas en bandejas requiere de un equipo especializado para efectuar esta operación. En este proyecto se logró diseñar, construir y automatizar una máquina de tamaño real para el sembrado automático de semillas a los agricultores interesados en la siembra de cualquier clase de semilla.

La máquina para el sembrado automático de semillas consta de una parte neumática y un circuito de control. La parte neumática se emplean cilindros neumáticos, reguladores de presión y electroválvulas. El circuito de control se realiza por medio de sensores y un software de supervisión mediante un PLC, sobre el cual se realizara la programación y control de las variables; además de un terminal táctil, que tendrá una GUI diseñada con el software de la tecnología utilizada que comunicara al usuario con la máquina.

La máquina desplazará las bandejas a través de un cilindro neumático con ayuda de un acople mecánico, el desplazamiento continua hasta el punto destinado para el llenado del sustrato y de ahí hasta el de la colocación de la semilla, en la cual la intervención del hombre se limita a tareas de supervisión y control del trabajo realizado, así como el suministro de los insumos (sustrato, bandeja y semilla).

La máquina realizará los trabajos a una gran velocidad, dosificación y precisión en el sustrato y la semilla, además de una siembra uniforme. También posee versatilidad con respecto a las demás máquinas del mercado debido a la posibilidad de cambiar y ajustar los aditamentos y regulaciones que permitan sembrar semillas de distintos tipos de cultivos.

1. OBJETIVOS

1.1. GENERAL

Diseñar, construir y automatizar una máquina de tamaño real para el sembrado automático de semillas.

1.2. ESPECÍFICOS

- Construir un prototipo de una máquina de tamaño real para el sembrado automático de semillas.
- Seleccionar los tipos de sensores adecuados para el proceso, además de las formas de conexión al PLC seleccionado.
- Diseñar los circuitos de control y neumáticos para el proceso de sembrado de las semillas.
- Hacer software de supervisión para el monitoreo y control del sembrado de semillas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. AUTOMATIZACIÓN

2.1.1. Definición. Es el proceso por el cual se realiza una serie de tareas repetitivas, minimizando la intervención humana, aumentando y asegurando la optimización de los procesos de producción en los que son implementados. De esta manera la producción adquiere un aspecto de ciclo que puede programarse y reestructurarse de forma rápida y eficaz. [1]

2.1.2. Objetivos de la Automatización. En la actualidad se presencia un aumento innumerable en los procesos que han sido automatizados; debido al crecimiento que se presenta, no solo a nivel tecnológico, sino que a su vez se involucra el mejoramiento en las áreas de producción de los procesos. Al realizar el proceso de automatizado en cualquier área, lo que se busca es:

- Mejorar la productividad reduciendo los costos de manufactura mediante un mejor control de la producción.
- Mejorar la calidad mediante procesos repetitivos.
- Aumentar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Incrementar la seguridad para el personal.
- Ahorrar área en la planta haciendo más eficiente. [2]

2.1.3. Niveles de la Automatización. Es posible identificar varios niveles de automatización en una planta productiva, los cuales se ilustran en la siguiente figura:

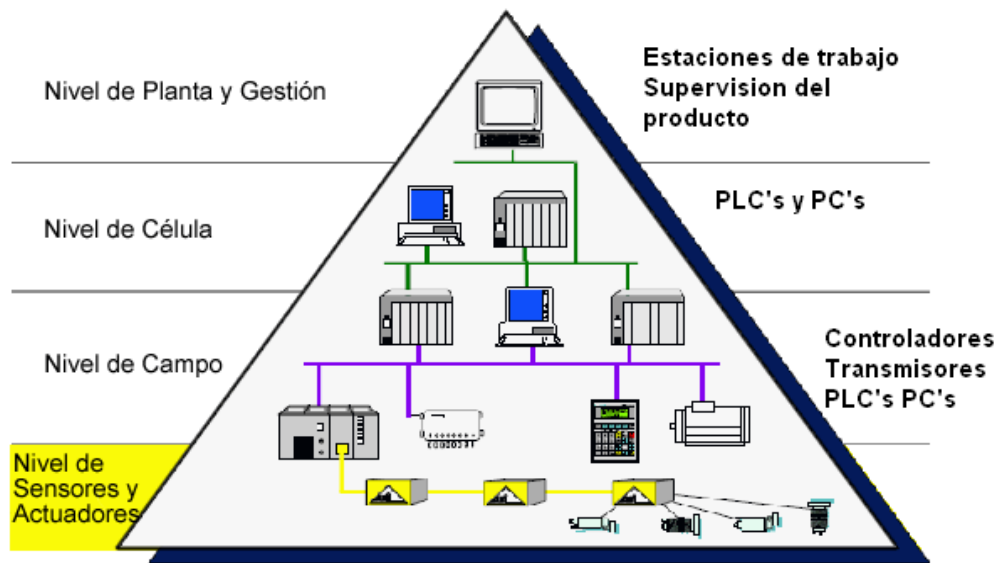


Figura 1. Pirámide de la Automatización. [3]

2.2. SENSORES

2.2.1. Definición. Un sensor es un elemento capaz de transformar diferentes tipos de señales ya sean físicas o químicas, llamadas señales de instrumentación en magnitudes eléctricas dependiendo el tipo de la clase de sensor que este captando la señal. [3]

2.2.2. Sensor magnético. Los sensores magnéticos (Reed) están compuestos por un interruptor de láminas puestos en una ampolla de vidrio que contiene gas (Ver figura 2), las láminas (o contactos) construidas de material magnético (ferro-níquel) son flexibles y están revestidas en los puntos de contacto con metales nobles antiarco. La conmutación se realiza mediante un oportuno campo magnético y su accionamiento se efectúa a través del imán permanente contenido en los émbolos.

El sensor magnético tiene la función de relevar o dar la posición del pistón del cilindro. Cuando estos sensores se encuentran dentro del campo magnético generado por el imán del pistón del cilindro, los sensores cierran un circuito eléctrico generando una señal útil para comandar una electroválvula a través de un relé o dar una señal a una plaqueta de un PLC. [4]



Figura 2. Sensor magnético. [4]

2.2.3. Sensor óptico. Los sensores ópticos (fotoeléctricos) permiten la detección sin contacto físico de objetos de materiales diversos. Incorporan un emisor y un receptor. El receptor reacciona a las variaciones del rayo luminoso reflejado por el objeto. (Ver figura 3).

El sensor réflex tipo barrera es cuando existe un receptor y un emisor apuntados uno al otro, este método tiene el mas alto nivel de detección.

El sensor auto réflex es cuando la luz infrarroja viaja en línea recta, en el momento en que un objeto se interpone el haz de luz rebota contra este y cambia de dirección permitiendo que la luz sea enviada al receptor y el elemento sea censado, objeto color negro no es detectado debido a que absorbe la luz.



Figura 3. Sensores ópticos. [5]

2.3. SIEMBRA EN SEMILLEROS

2.3.1. Definición. La siembra en semilleros es un proceso de producción de plantas, donde a través de unas series de bandejas especiales acondicionadas con sustrato se coloca el tipo de semilla deseado, con la finalidad de producir su germinación bajo las mejores condiciones y cuidados, e inicie su primera fase de desarrollo y crecimiento hasta que la planta este lista para el trasplante al terreno definitivo.

Se pueden distinguir distintos niveles tales como: manual, semiautomático y automatizado. [6]

2.3.2. Tipos de semilleros.

Según el área de terreno y material disponible pueden ser:

- **Semilleros portátiles:** son los que se pueden reubicar según la necesidad. Se utilizan para siembras pequeñas y sus dimensiones aproximadas son: 50cm de largo, 35 cm de ancho y 10cm de profundidad.
- **Semilleros temporales o transitorios:** se utilizan una sola vez o en poco tiempo; y sus dimensiones aproximadas son: largo de acuerdo a la necesidad, ancho 1.10m y alto 20cm.
- **Semillero semi-permanentes:** se varían los cultivos o siembras, no son ni temporales ni fijos y sus dimensiones aproximadas son: largo según la disponibilidad del terreno y material, ancho 1.10m, alto 20cm.
- **Semilleros permanentes o fijos:** son los utilizados en forma permanente. [6]

2.3.3. Localización del semillero. [6]

- Los semilleros deberán colocarse en lugares de mucha visibilidad.
- Deberán contar con facilidades de riego.
- No deben estar cerca de otros cultivos que le compitan por luz.
- Deben sembrarse en sitios de buen drenaje y protegido de lluvias.
- El tamaño del semillero deberá estar de acuerdo al área que va a trasplantar.

2.3.4. Proceso.

- Determinar la semilla. Elegir la semilla a utilizar en la siembra.
- Selección del sustrato. Debe existir cierta similitud entre el tamaño de la semilla y el tamaño de las partículas del sustrato.
- Elección de la bandeja de siembra. El número de agujeros o alvéolos de la bandeja depende mayormente de la altura y el volumen de la planta y del espacio necesario para el enraizado de la planta joven. La bandeja debe adaptarse tanto a la planta como al proceso de automatización.
- Llenado de los recipientes con sustrato. Tener en cuenta que la profundidad del sustrato no debe ser mayor a 10cm.
- Colocación de la semilla. Fijar la cantidad de semilla necesaria para cada alveolo.
- Acomodar los recipientes para su traslado a una cámara de germinación.
- Germinación. Se requiere desde 3 hasta 22 días en promedio para que las semillas germinen o broten.
- Trasplante. Después que las semillas germinan, las plantas permanecen en el semillero por un periodo que varía entre 2 o 4 meses según la especie. Luego se traslada al terreno definitivo.
- Riego. Existen desde el manual con regadera hasta el automático mediante controladores y software de supervisión. (Ver figura 4).



Semilla tabaco



Bandeja de 200 alvéolos



Llenado de los recipientes con sustrato y colocación de la semilla



Germinación



Trasplante y riego

Figura 4. Proceso de siembra en semilleros.

2.3.5. Requisitos.

Los requisitos que se deben cumplir en la siembra de la semilla son los siguientes:

1. El cumplimiento de la tasa de dosificación requerida (semillas individuales, dobles o múltiples).
2. La profundidad de siembra.
3. La ubicación de las semillas centradas en las cavidades.
4. La eficiencia de la siembra.
5. El daño a las semillas.
6. El porcentaje de germinación. [51]

2.3.6. Importancia.

Los semilleros son importantes debido a que brindan un mejor aprovechamiento y rendimiento por metro cuadrado; garantizan una mejor selección de la semilla y con esto aumentan las posibilidades de tener una mejor productividad en las cosechas y facilita la actividad agrícola familiar, ya que logra involucrar a los padres y los hijos en la siembra. Además permiten que ciertas hortalizas de semillas muy pequeñas, como la lechuga, la cebolla o el tomate, puedan lograr un buen desarrollo en su primer periodo de germinación. [6]

2.4 ELEMENTOS DE INSTALACION NEUMÁTICA

2.4.1. Cilindros neumáticos. La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento lineal de vaivén, y mediante motores neumáticos, en movimiento de giro.

Los motores lineales son conocidos con el nombre de cilindros neumáticos (Ver figura 5). La estructura básica de un cilindro consta de un tubo cilíndrico con dos tapas extremas y un pistón conectado de forma rígida a un vástago que se mueve libremente por su interior, el desplazamiento se produce por la acción del aire comprimido que incide en una u otra cara del pistón. [7]



Figura 5. Cilindro neumático. [7]

| Componentes | Materiales |
|------------------|--------------------|
| Vástago | Acero 1045 cromado |
| Camisa | Aluminio |
| Cabezas | Aluminio |
| Pistón | Aluminio |
| Empaques | NBR |
| Anillo Magnético | Plástico |

Tabla 1. Componentes y materiales del cilindro neumático. [7]

2.4.2. Electroválvulas. Los dispositivos más comúnmente utilizados con esta combinación son las electroválvulas o válvulas electromagnéticas (Ver figura 6) las cuales pueden ser consideradas convertidores electro neumáticos, los mismos que efectúan las funciones propias de las válvulas distribuidoras.

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presóstatos o mandos electrónicos.

En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión. [8]



Figura 6. Electroválvula 5/2- 24V. [8]

2.4.3. Válvulas neumáticas. Las válvulas son elementos que controlan, mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal de un fluido (Ver figura 7).



Figura 7. Válvula control de flujo. [9]

2.5. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

2.5.1. Definición. El PLC o autómatas programable industrial es un equipo electrónico de control que se basa en un programa interno, con el cual un operador definirá la secuencia de acciones que se realizarán según el requerimiento. Esta secuencia se ejercerá sobre las salidas del autómatas a partir del estado de sus señales de entrada. [10]

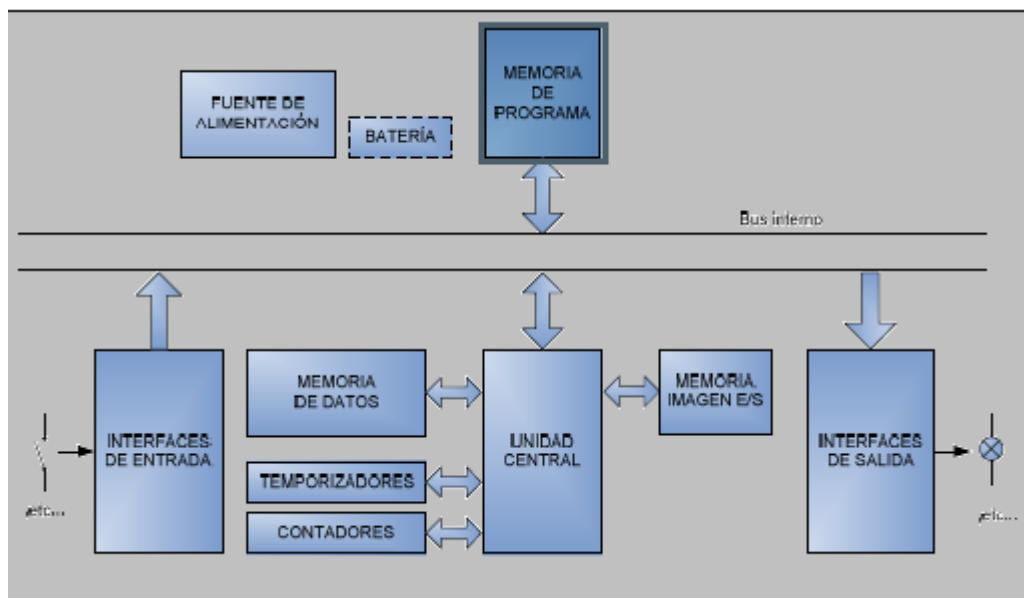


Figura 8. Diagrama de bloques del PLC. [10]



Figura 9. Controlador lógico programable (PLC). [11]

El PLC esta conformado por los siguientes componentes:

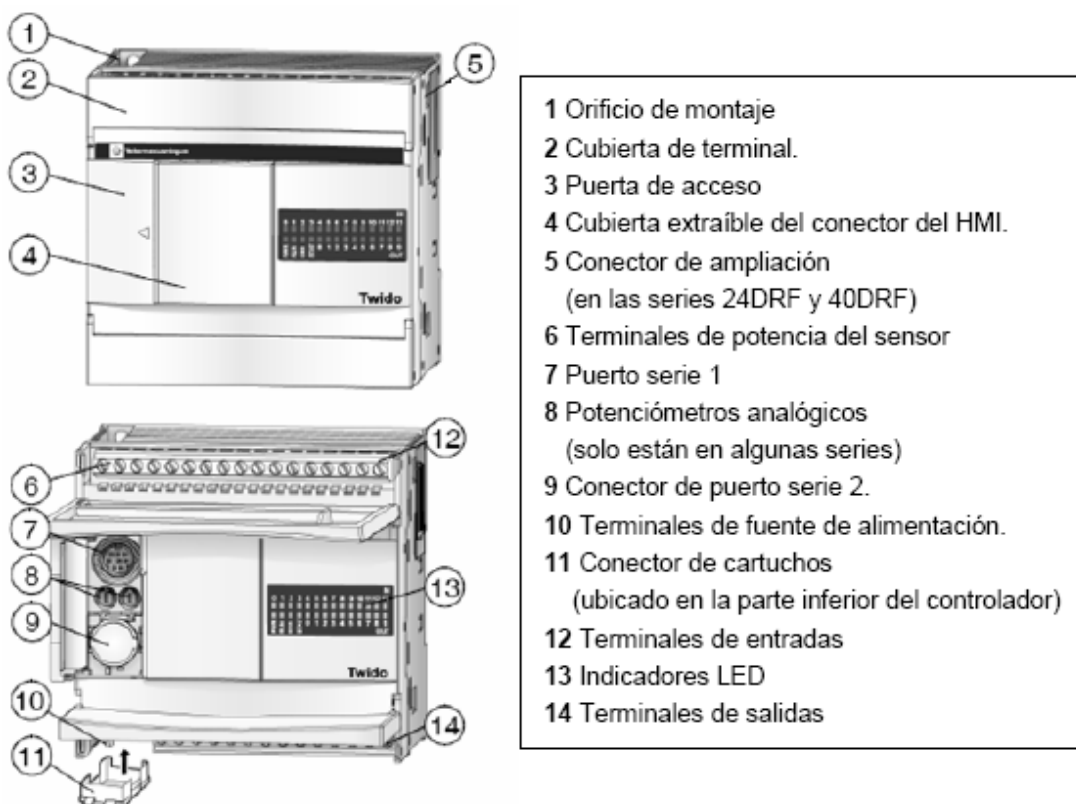


Figura 10. Partes de un controlador lógico programable (PLC). [11]

2.5.2. Clasificación de los PLC. Los PLC pueden tener diferentes categorías debido a presentar diferentes características, funciones, tamaños, capacidad, etc. Los PLC se clasifican de la siguiente manera: [12]

| PLC NANO | PLC COMPACTO | PLC MODULAR |
|--|---|---|
| Generalmente es de tipo compacto (Fuente, CPU, Módulos de I/O integradas). | Tienen incorporado la Fuente de Alimentación, CPU y un solo Módulo principal con I/O. | Se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, los cuales son: <ul style="list-style-type: none"> • Rack • Fuente de Alimentación • CPU • Módulos de I/O |
| Maneja una mínima cantidad de I/O (100 apróx.) | Maneja desde poca cantidad hasta apróx. 500 I/O. | |
| Maneja I/O Digitales. | Soporta módulos adicionales: I/O análogas, contadores rápidos, de comunicaciones, interfaces de operador, expansiones de I/O. | |
| Se le pueden adaptar módulos especiales. | | |

Tabla 2. Clasificación de los PLC. [12]

2.5.3. Funciones básicas que realiza un PLC.

- Conexión de contactos en serie y paralelo.
- Lógicas simples (AND, OR, NOT, etc.).
- Conteos (ascendentes o descendentes).
- Temporizaciones.
- Operaciones y cálculos aritméticos (*, +, -, /).
- Enclavamiento de contactos.
- Procesado de señales analógicas y digitales.
- Comunicaciones industriales.

2.5.4. Ventajas e inconvenientes de los PLC. En la siguiente tabla se enumeran algunas ventajas e inconvenientes que presenta el PLC.

| Ventajas e Inconvenientes de los PLC | |
|--------------------------------------|---|
| VENTAJAS | <ul style="list-style-type: none"> ● No es preciso dibujar esquemas en forma detallada. |
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir elementos. |
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Economía en el mantenimiento. |
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Incorpora un mínimo de elementos móviles. |
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Posibilidad de gobierno de varias máquinas e instalaciones con un mismo autómata. |
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Utilización de distintos módulos. |
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Los programas se pueden parametrizar en tiempo de ejecución. |
| INCONVENIENTES | <ul style="list-style-type: none"> ● Programador mínimamente experimentado. |
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Costo inicial de la instalación. |
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Falta de un lenguaje estándar y universal de programación. |
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Alta incompatibilidad entre software y hardware para autómatas de diferentes fabricantes. |

Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de los PLC. [13]

2.5.5. Lenguajes de programación. Las siguientes tablas representan las diferentes opciones de lenguajes gráficos o textuales de programación de un controlador lógico programable (PLC).

| LENGUAJE GRÁFICO | | |
|---|---|--|
| Funciones Secuenciales o Grafcet | Consiste en una secuencia de etapas (acciones a realizar) y transiciones (condiciones que se deben cumplir para ir desarrollando acciones). | |
| Plano de Funciones | Representación gráfica orientada hacia las puertas lógicas AND, OR y sus combinaciones. Las funciones individuales se representan con un símbolo, donde a su lado izquierdo se ubican las entradas y en el derecho las salidas. | |
| Diagrama de Contactos o Plano de Funciones | Es la representación gráfica que tiene cierta analogía a los esquemas de contactos según la norma Nema (USA). Existe una semejanza con los circuitos de control con lógica cableada. | |

Tabla 4. Lenguajes gráficos de programación de un PLC. [14]

| LENGUAJE TEXTUAL | | |
|-------------------------------|---|---|
| Lista de Instrucciones | Instrucciones Booleanas, utilizan para su representación letras y números. | LD %I0001 AND %I0002 OR %I0003 OUT %Q0031 |
| Texto Estructurado | Lenguaje Booleano de alto nivel y estructurado, incluye las sentencias de selección (IF-THEN-ELSE) y de interacción (FOR, WHILE Y REPEAT) | LD [%MW1>100] ST %Q0.3 AND [%MW2<%MW3] ST %Q0.2 LD %I0.2 OR [%MW3>=%MW4] ST %Q0.4 |

Tabla 5. Lenguajes textuales de programación de un PLC. [14]

2.6. TERMINAL TÁCTIL

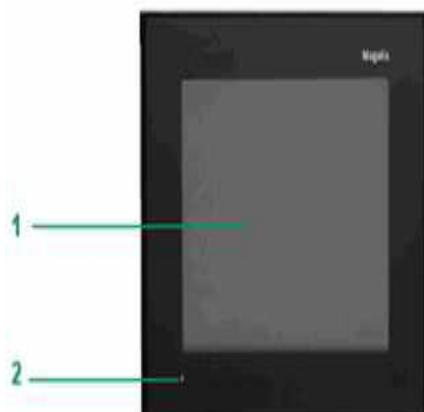
Es un tipo de pantalla especial que permite la entrada de datos y órdenes a los dispositivos que se encuentren asociados a ella por medio de toques, ya sea a través de los dedos, por un lápiz u otras herramientas similares; este tipo de dispositivos no son solo de tipo industrial, en la actualidad se encuentran en diferentes equipos tales como teléfonos celulares, monitores de computadoras, etc. También permite visualizar los datos introducidos previamente en los sistemas en los que trabaja.

Existen diferentes tipos de pantallas dependiendo de sus características: TFT de 65.536 colores, STN de 4.096 colores o monocromáticas de 8/16 niveles de gris. Presentan una gama amplia de tamaños de pantalla (3,8", 5,7", 7,5", 10,4", 12,1" y 15"). Además manejan numerosos puertos de comunicación (líneas en serie, Ethernet, tarjetas CANOPEN, PROFIBUS, etc.). Permiten la instalación de memorias flash hasta de 1Gb. [15]



Figura 11. Terminales táctiles. [16]

2.6.1. Elementos de un terminal táctil. Los terminales táctiles tienen las siguientes partes, aunque de un modelo a otro pueden diferir en tamaño, conectores de comunicación, capacidad de memoria, monocroma, color TFT, entre otras.



Posee los siguientes elementos en el panel frontal:

- 1 Una pantalla gráfica táctil (monocroma de modo azul de 5,7", escala de grises, STN y color TFT).
- 2 Una luz de control de retroiluminación

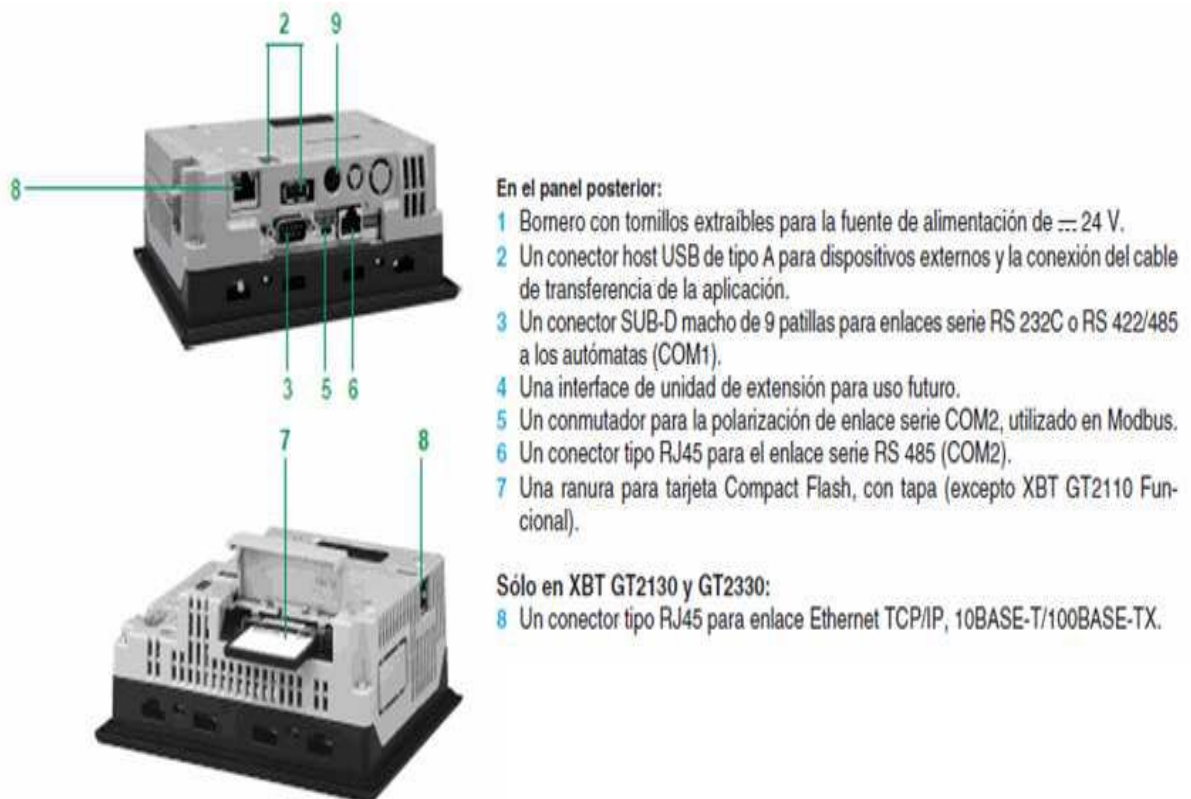


Figura 12. Elementos de un terminal táctil. [15]

2.7. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Los protocolos de comunicaciones son los encargados de establecer las reglas necesarias para que exista la transmisión y recepción de la información entre los nodos de una red, de modo que si dos nodos desean comunicarse entre si, deben utilizar ambos la misma configuración de protocolos. En la industria los protocolos de comunicación se pueden clasificar dependiendo del tipo de dispositivo que se vaya a conectar. [17][18]

2.7.1. Tipos de comunicaciones industriales.

| REDES INDUSTRIALES | |
|----------------------------|---|
| Ethernet Industrial | Este protocolo posee una alimentación redundante, está diseñado para soportar condiciones extremas ya sea de vibración, aceleración y choque. |
| Canbus | Protocolo de comunicaciones tipo serie, maneja un control distribuido en tiempo real y posee nivel de seguridad y multiplexación alto. |
| Fieldbus | Es un sistema de comunicación digital bidireccional que conecta equipos e instrumentos de campo o de control. |
| Modbus | Este protocolo está basado en la estructura maestro/esclavo, es público, se implementa fácilmente y requiere poco desarrollo. |
| Profibus | Es un estándar de bus de campo abierto, que cubre necesidades de tiempo real además que permite integrar los dispositivos menos inteligentes |

Tabla 6. Tipos de comunicaciones industriales. [17] [18]

2.8. MÁQUINAS EXISTENTES PARA EL SEMBRADO DE SEMILLAS

2.8.1. Máquina manual para el sembrado de semilla. La sembradora manual puede ser utilizada para una gran variedad de semillas vegetales, una máquina pequeña con una estructura en aluminio, la cual la hace liviana y fácil de transportar.

Se adapta a diferentes tipos de bandejas, dosifica la semilla a través de unas agujas industriales las cuales al existir presión proveniente de un compresor dejan caer la semilla en la bandeja hasta que se interrumpa el flujo de aire, repitiéndose la misma operación hasta completar la bandeja, pero el traslado de la bandeja y el llenado de sustrato son manuales.

La labor de la siembra se realiza de forma sencilla e igualmente precisa. Se puede dosificar la caída de la semilla dentro del surco. [19]

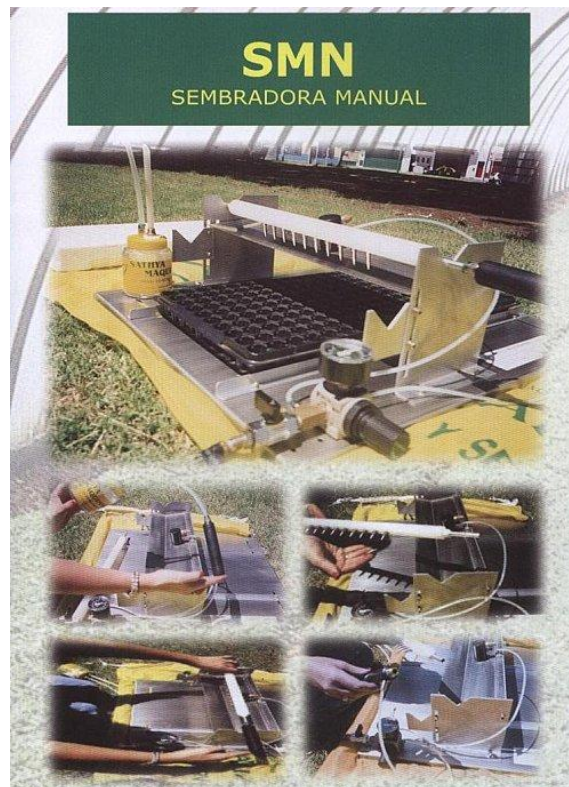


Figura 13. Sembradora manual. [19]

2.8.2. Máquina semiautomática para el sembrado de semilla. Las sembradoras semiautomáticas tienen un rendimiento de trabajo aceptable y ahorran mucha mano de obra si se compara con la siembra manual. Las fases de carga y descarga se realizan en forma automática, pero su accionamiento es manual.

Esta máquina comprende dispositivos de presión, como lo son, el compresor, reguladores y la semilla se distribuye a través de una serie de cilindros, los cuales logran una mejor dosificación y colocación de la semilla en cada alvéolo. La bandeja es trasladada hasta la ubicación de los cilindros de forma manual. [19]

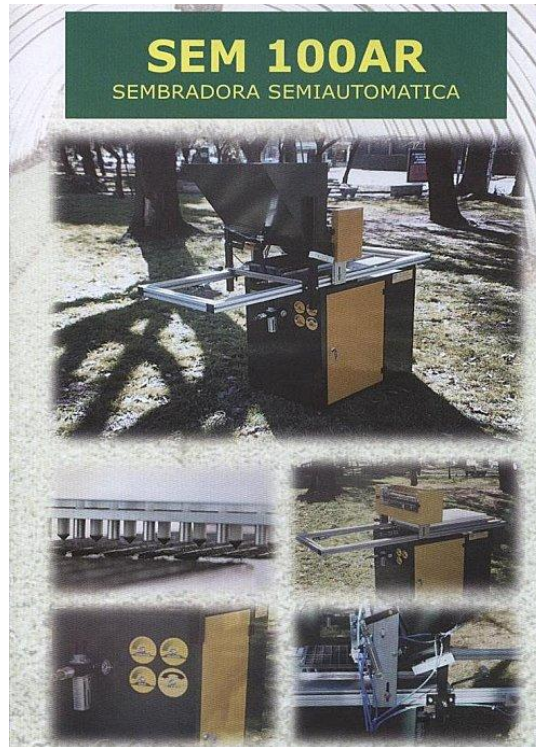


Figura 14. Sembradora semiautomática. [19]

2.8.3. Sembradora de tambor. La sembradora de tambor tiene una alta capacidad debido al movimiento continuo de este elemento. Se obtienen altos rendimientos.

Dentro del tambor se genera un vacío que absorbe las semillas de la tolva. Una tolva de vibración y una barra con inyectores de aire reduce la cantidad de dobles siembras. Combinado con el diámetro de inyector adecuado, se puede utilizar para sembrar distintos tipos de semillas. Es ideal para semillas paleteadas y puede sembrar dentro de prácticamente cualquier bandeja de germinación. [20]



Figura 15. Sembradora de tambor. [20]

2.8.4. Sembradora a inyección granette. La sembradora de inyección es la sembradora más exacta, puede alcanzar una precisión de hasta el 97%. Cualquier tipo de semilla puede ser sembrado con este tipo de máquina. Trabaja mediante vacío, absorbe las semillas de la tolva y las traslada hasta la bandeja.

La gran ventaja de esta sembradora, es que los inyectores se limpian automáticamente tras cada movimiento de la barra. Hay inyectores de distinto calibre para distintos diámetros de semilla. La sembradora a inyección siembra directamente a la bandeja, perfectamente posicionada frente a los alvéolos, en comparación con sembradoras que trabajan en base a un distribuidor de tubos. [21]



Figura 16. Sembradora a inyección granette. [21]

2.8.5. Usos en la industria. Las diferentes maquinas existentes en el mercado actual para el sembrado de semillas son utilizadas en la industria para la siembra de aromáticas, hortalizas, florales, tabaco y frutales debido a su manera rápida, homogénea y precisa en la dosificación del sustrato y semilla. [6]

3. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

Existen diversos prototipos de máquinas adaptadas para el sembrado de distintos tipos de semillas en la actualidad, debido a que en todos estos procesos es necesario adecuar la dosificación, en relación al tipo de bandeja, sustrato y semilla a utilizar, con el fin de lograr una siembra de calidad.

La siembra de semillas de tabaco en bandejas de alvéolos, requiere una máquina o equipo especializado para efectuar esta operación.

El proceso de la siembra de tabaco en semilleros es llevado a cabo de forma manual o mixta, la cual combina accionamientos manuales con operaciones automáticas.

Con el propósito de mejorar la calidad y aumentar la productividad en el cultivo de tabaco, mediante la automatización del proceso de la siembra de la semilla, la cual es parte fundamental en el producto final. Se desarrolla la construcción de un prototipo de una máquina para el sembrado automático de semillas, que permitirá ejecutar las tareas de traslado de la bandeja, llenado del sustrato y deposición de la semilla de una manera rápida, homogénea, dosificada y precisa.

También tendrá la posibilidad de adaptarse a varias clases de semillas, la cual la convierte en una maquina muy versátil ante las demás.

3.1. INGENIERÍA MECÁNICA Y NEUMÁTICA CONCEPTUAL

Para la construcción del prototipo de la máquina para el sembrado automático de semillas, es necesario implementar una serie de elementos que efectuaran las funciones que el agricultor realizaba manualmente en el semillero y además reemplazan las herramientas que se utilizaban para la siembra de semillas de tabaco.

Inicialmente se cuenta con un compresor de marca EVANS con motor, cuyas especificaciones se muestran en la tabla 7 y que se observa en la figura 17.



Figura 17. Compresor. [22]

| COMPRESOR EVANS | |
|------------------------|----------------|
| Cabeza | CE040 |
| Potencia | ½ hp |
| Capacidad | 48 lb |
| Presión. Max | 125 psi |

Tabla 7. Especificaciones técnicas compresor. [22]

El compresor proporciona el aire comprimido de los sistemas neumáticos en la máquina, el cual es conducido a través de mangueras y rácores, debido a que proporcionan una conexión instantánea y segura a pruebas de fuga. (Ver figura 18).

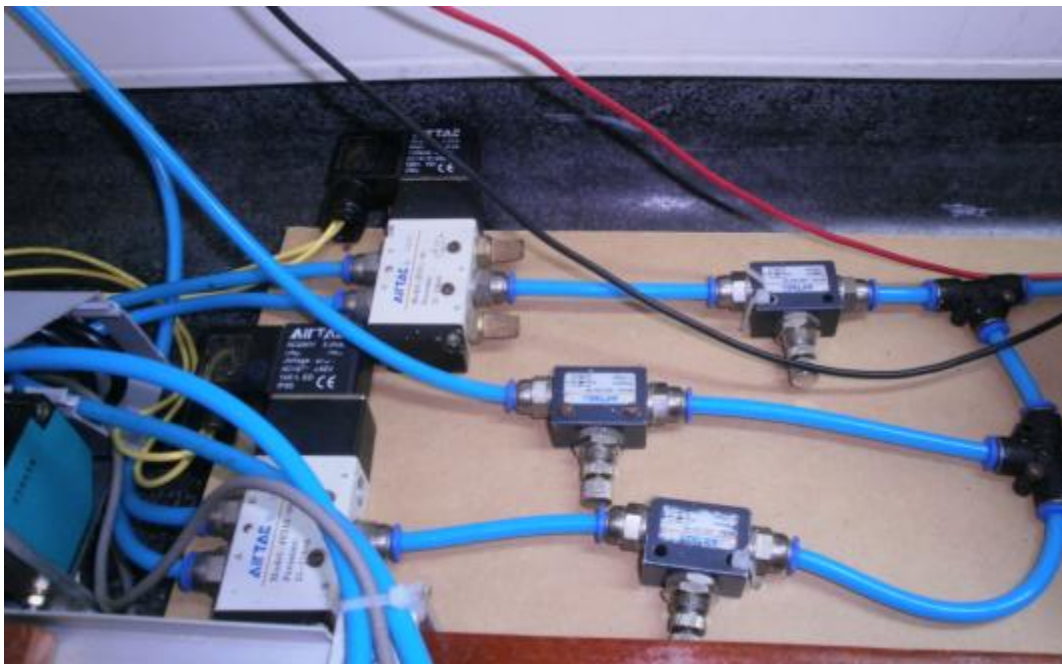


Figura 18. Racores y mangueras en la máquina. [23]

Para la estructura base del prototipo se utilizaron materiales en madera, de tipo triplex de 185 cm x 32 cm, balsa de 62 cm x 2 cm para conformar los rieles en los cuales se desliza la bandeja, además de soportes en aluminio (Vizualizar figura 19).

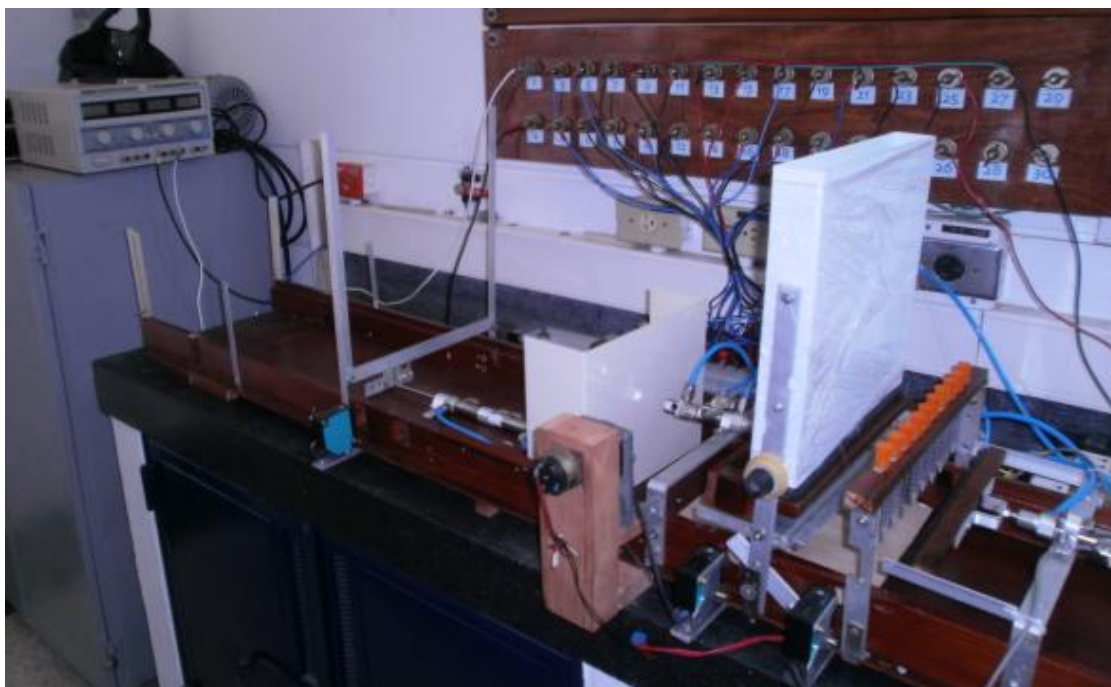


Figura 19. Prototipo de la máquina. [24]

Se elaboraron dos piezas en acrílico, como la que se observa en la figura 20, una para efectuar el movimiento de las bandejas de alvéolos a través de toda la máquina y la otra posicionada de manera fija para impedir que la bandeja se devuelva.

Cada pieza esta conformada por 2 piezas acopladas en forma perpendicular, en donde la parte vertical realiza un desplazamiento de 30° y retorna a su posición original, debido a la capacidad del resorte implementado entre la piezas, de almacenar energía y desprenderse de ella sin sufrir deformación permanente cuando finalizan las fuerzas a la que es sometido, además comprende 1 varilla horizontalmente en su extremo superior, así enganchar la bandeja para generar su deslizamiento al comprimirse el cilindro.



Figura 20. Pieza para deslizar la bandeja. [25]

Las válvulas reguladoras de caudal permiten el accionar controlado de la velocidad de desplazamiento de los cilindros neumáticos dentro del prototipo utilizado en este proceso.

Para el control de los cilindros tenemos las siguientes válvulas reguladoras. (Visualizar figura 21).

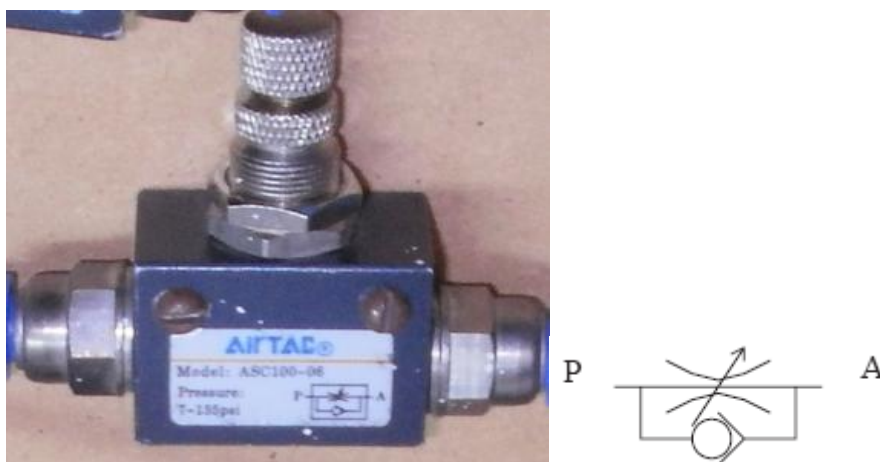


Figura 21. Válvula control de flujo Airtac. [9]

| Especificaciones Técnicas | |
|---------------------------|---|
| Presión de Operación | 0 ~ 9,5 Kg./cm ² (0 ~ 140 PSI) |
| Máxima presión | 15 Kg./cm ² (220 PSI) |
| Temperatura | 5 ~ 60 °C (11 ~ 140 °F) |
| Cuerpo | Aluminio |

Tabla 8. Especificaciones técnicas de la válvula control de flujo. [9]

Los cilindros neumáticos implementados son de doble efecto, con alcance de movimiento de 50mm y presentan en la punta del vástago acoples dependiendo su función en el proceso. (Ver figura 22).



Figura 22. Cilindro neumático Airtac. [7]

| Especificaciones Técnicas | |
|---------------------------|---|
| Presión de operación | 1 ~ 9 Kg/cm ² (15 ~ 130 PSI) |
| Temperatura | 0 ~ 70 °C (0 ~ 158 °F) |
| Rango de velocidad | 50 ~ 800 mm/s |
| Anillo Magnético | Standard |

Tabla 9. Especificaciones técnicas del cilindro neumático. [7]

El motor implementado en la estación del llenado de la bandeja es de corriente continua, presenta una serie de piñones para mover un rodillo al interior del silo del sustrato, el cual causa que el abono este en constante movimiento y no se compacte, así permitir su libre caída a cada uno de los alvéolos dispuestos en la bandeja, tal como se muestra en la figura 23.

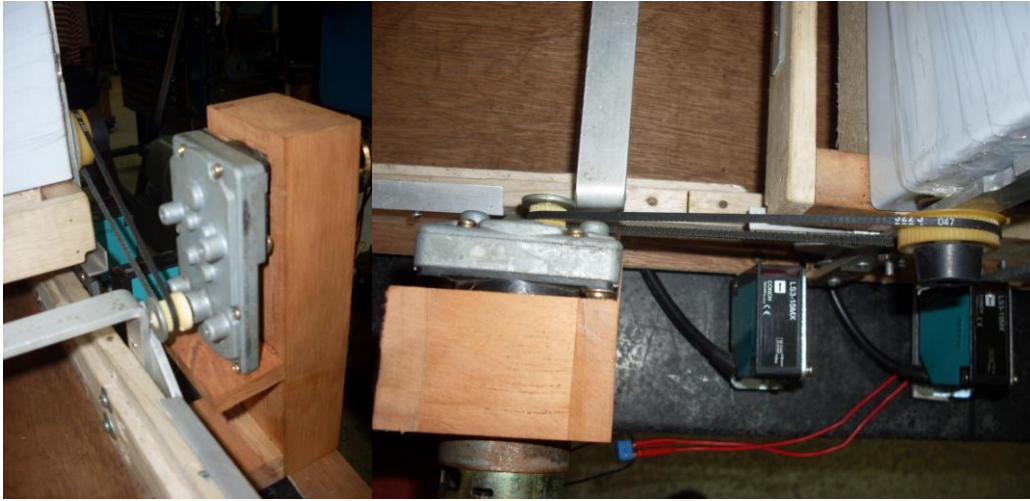


Figura 23. Motor DC 24V. [26]

Las válvulas solenoides o electroválvulas están compuestas con sistemas de silenciadores que disminuyen el ruido producido por el aire comprimido, son monoestables, presentan 5 posiciones, 2 vías (electroválvulas 5/2) y los impulsos de las bobinas son de 24V DC y permiten controlar el accionamiento del cilindro respectivo. (Ver figura 24).



Figura 24. Electroválvulas 5/2- 24V Airtac. [8]

| Especificaciones Técnicas | |
|---------------------------|--|
| Operación | Piloto interno |
| Area del orificio (CV) | 12mm ² (0,67) |
| Lubricación | No requiere lubricación |
| Presión de operación | 1,5 ~ 8 Kg./cm ² (21 ~ 114 PSI) |
| Máxima presión | 10,5 Kg./cm ² (150 PSI) |
| Temperatura | 5 ~ 60 °C (41 ~ 140 °F) |
| Corriente Alterna | 50/60 Hz |
| Variación del voltaje | ± 10 % |
| Consumo de potencia | AC: 3V A DC: 2,5W |
| Aislamiento de la bobina | Clase F |
| Protección bobina | IP65 (DIN40050) |
| Conector | Tipo DIN |
| Máxima frecuencia | 5 Ciclos / seg. |
| Tiempo de respuesta | 0,05 Seg. |

Tabla 10. Especificaciones técnicas de la electroválvula 5/2. [8]

En la fabricación del prototipo se instalaron 3 cilindros neumáticos como el mostrado en la figura 22, empleados en las tres fases del proceso que son transporte, llenado y colocación de la semilla. También se utilizaron 3 válvulas solenoides 5/2 (Visualizar figura 24), en la activación y control de cada uno de los cilindros en el prototipo, además de 3 válvulas control de flujo, con el fin de controlar la velocidad en el desplazamiento de los cilindros y algunos racores para la conducción del aire comprimido. (Ver figura 21).

Adicionalmente, para el silo del sustrato, es necesario instalar un motor que mueva un rodillo (Visualizar figura 23) que genere movimiento del abono para evitar que el sustrato se compacte e impidan caer en la bandeja.

3.2. INGENIERÍA ELECTRÓNICA CONCEPTUAL

Además de la parte mecánica y neumática, es indispensable una serie de dispositivos que permitan llevar a cabo la automatización de la máquina para el proceso de la siembra de semilla de tabaco:

3.2.1. Sensor. Dispositivo electrónico capaz de transformar señales físicas o químicas que permiten ejecutar innumerables mediciones y procesos.

Existen diferentes tipos de sensores, entre los cuales se encuentran:

- sensor magnético, que permite dar la posición del pistón del cilindro.
- Sensor fotoeléctrico réflex tipo barrera, que proporcionan la detección sin contacto físico de objetos de materiales diversos.

En la elaboración del prototipo se utilizaron 6 sensores magnéticos, como el mostrado en la figura 25, para determinar la posición de cada uno de los pistones de los cilindros instalados en la máquina, situándolos en los extremos del cuerpo del cilindro. Además de 3 sensores fotoeléctricos réflex tipo barrera, como el expuesto en la figura 26, ubicados a lo largo de la máquina, los cuales permiten detectar la bandeja de alvéolos para monitorearla y realizar un sistema de control del proceso de llenado de sustrato y colocación de la semilla.



Figura 25. Sensor magnético Airtac. [27]

| Especificaciones Técnicas | |
|---------------------------|-----------------------|
| Tipo | Reed Switch |
| Tipo de contacto | Normalmente abierto |
| Rango de voltaje DC | 5V ~ 24V |
| Rango de voltaje AC | 5V ~ 380V |
| Rango de corriente | DC: 5-6mA; AC: 5-50mA |
| Tiempo de respuesta | 1 ms |
| Rango de temperatura | 0 ~ 60 °C |
| Indicador | con Led |
| Longitud del cable | 2 metros |
| Protección | IP - 67 |

Tabla 11. Especificaciones técnicas del sensor magnético. [27]

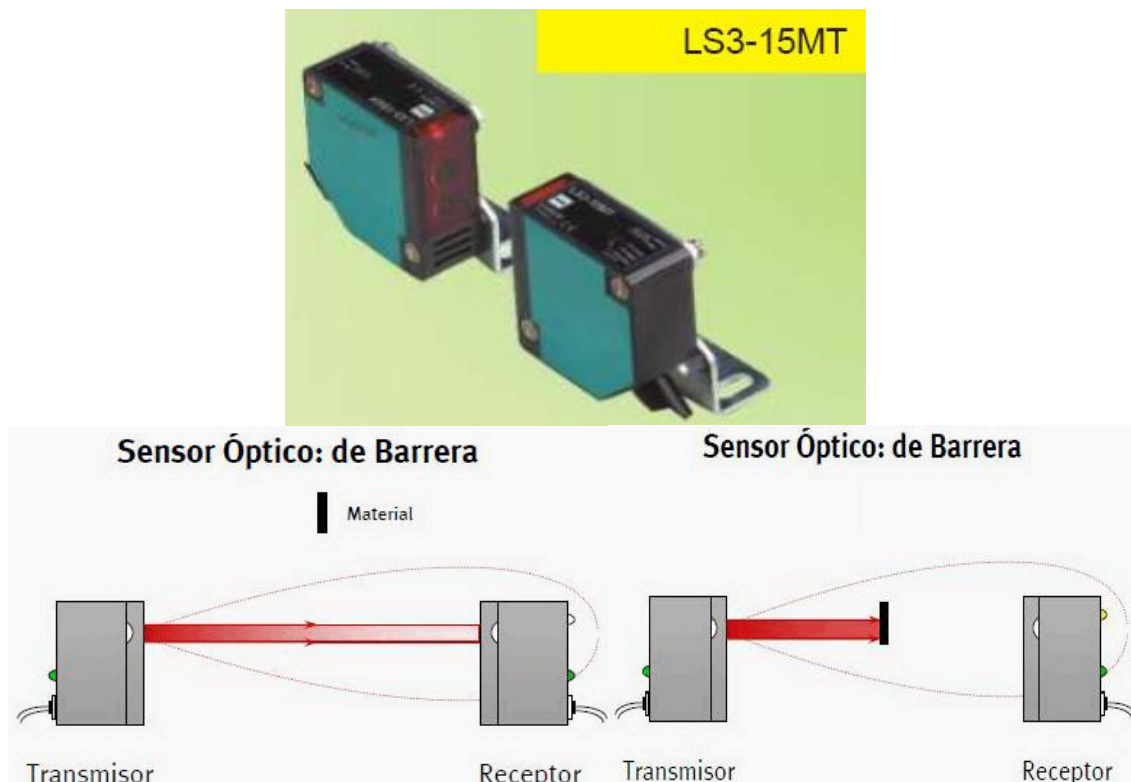


Figura 26. Sensor fotoeléctrico réflex tipo barrera. [28]

3.2.2. Sistema de control. Recibe los valores de las distintas variables que dispone la máquina y permite su manipulación según los requerimientos del proceso de la siembra de semillas de tabaco, evaluando y monitoreando las acciones de control a ejecutar.

El sistema de control implementado se basa en el PLC TWIDO TWDLCAE40DRF TELEMECANIQUE, el cual es un dispositivo diseñado con el fin de ejecutar distintas aplicaciones y procesos industriales debido a su sencillez y flexibilidad; brinda instalaciones sencillas, aplicaciones estándar de 24 E/S con puerto Ethernet, monitoreo de señales, libertad de comunicación, reducción en los tiempos de los ciclos evitando cualquier necesidad de optimización, debido a la integración de una mayor cantidad de datos de diagnóstico y producción, además de la facilidad a una programación gráfica o textual, con la posibilidad de efectuar modificaciones sin cambiar el cableado, ni añadir nuevos elementos al proceso. [43]

3.2.3. Interfaz grafica. Los terminales **HMI** (Human Machine Interface) o pantallas dialogo hombre-máquina, permiten visualizar datos provenientes del prototipo, modificar aspectos del proceso y controlar la máquina mediante el uso de las teclas o botones dispuestos en la pantalla en tiempo real.

Ofrecen libertad de comunicación y conexión con cualquier marca de autómatas. Además de la posibilidad de acceso remoto a los contenidos del terminal mediante Web Gate, permitiendo la interacción en lectura/escritura con los paneles de la aplicación mediante un explorador Web. [16]



Figura 27. Terminal táctil Magelis XBT GT 2330. [16]

| TERMINAL TÁCTIL MAGELIS XBT GT 2330 | |
|--|--|
| Temperatura de funcionamiento | 0 °C.... + 50°C (32 °F ... 122 °F) |
| Temperatura de almacenamiento | -20 °C.... + 60°C (-4 °F ... 140 °F) |
| Humedad | 10% ... 90% |
| Resistencia a descargas electrostáticas | IEC 61000 -4 – 2 6KV contacto/ 8KV en aire |
| Subidas de tensión | IEC 61000 -4 – 5 1KV (modo diferencial en la fuente de alimentación) 2KV (modo común en la fuente de alimentación) |
| Descargas | IEC 60068 -2 – 27 ½ pulso sinusoidal durante 11ms |
| Inmunidad a la vibración | IEC 60068 -2 – 27 3,5 mm de 5 Hz a 9 Hz |
| Voltaje de alimentación / consumo | 24 Vcc clase II XBT GT 2330: 26W |
| Limites de tensión | De 19,2 a 28,8 V cc |

Tabla 12. Especificaciones técnicas de la terminal táctil Magelis XBT GT 2330. [16]

4. SISTEMA SCADA

4.1. NIVEL DE INSTRUMENTACIÓN

En la máquina para sembrado automático de semillas que se realizó, se evaluaron los diferentes valores de posición de la bandeja de alvéolos, así como la cantidad de sustrato vaciado y colocación de la semilla en cada alvéolo, para establecer la velocidad de operación de la máquina, el tiempo y cantidad de ciclos requeridos para sembrar una bandeja.

En la supervisión, monitoreo y control de dichas variables se hizo uso de la instrumentación que se cita a continuación, con el propósito de mantener un ambiente apropiado al desarrollo de los cultivos.

4.1.1. Inventario de señales del proceso.

| INVENTARIO DE SEÑALES DE CONTROL DEL PROTOTIPO | | | |
|--|------------------------------|------------------|--|
| ENTRADAS DIGITALES | | | |
| INSTRUMENTO | RANGO DE OPERACIÓN | SEÑAL DE CONTROL | DESCRIPCIÓN |
| Sensor magnético | 5 – 24 VDC 5 – 380 VAC | 5 – 24 VDC | Indica la posición del vástago del cilindro neumático. |
| Sensor fotoeléctrico | 12 – 240 VDC 24 – 240 VAC | 24 VDC | Detección de la bandeja de alvéolos. |
| SALIDAS DIGITALES | | | |
| ELEMENTO DE CONTROL | RANGO DE OPERACIÓN | SEÑAL DE CONTROL | DESCRIPCIÓN |
| Electroválvula 5/2 | 24 VDC 110 VAC | 24 VDC | Activación y control de los cilindros neumáticos. |
| Motor | 1 – 24 VDC | 12 VDC | Mover y agitar los silos de sustrato y semillas |

Tabla 13. Inventario general de señales de control del prototipo. [29]

4.1.2. Instrumentación del proceso.

La máquina para el sembrado automático de semillas, es un prototipo creado para realizar el proceso de siembra en bandejas en un semillero dedicado a la producción de plantas, el cual está constituido en el transporte de la bandeja, la línea de llenado, dosificación de la semilla y siembra. (Ver figura 28).

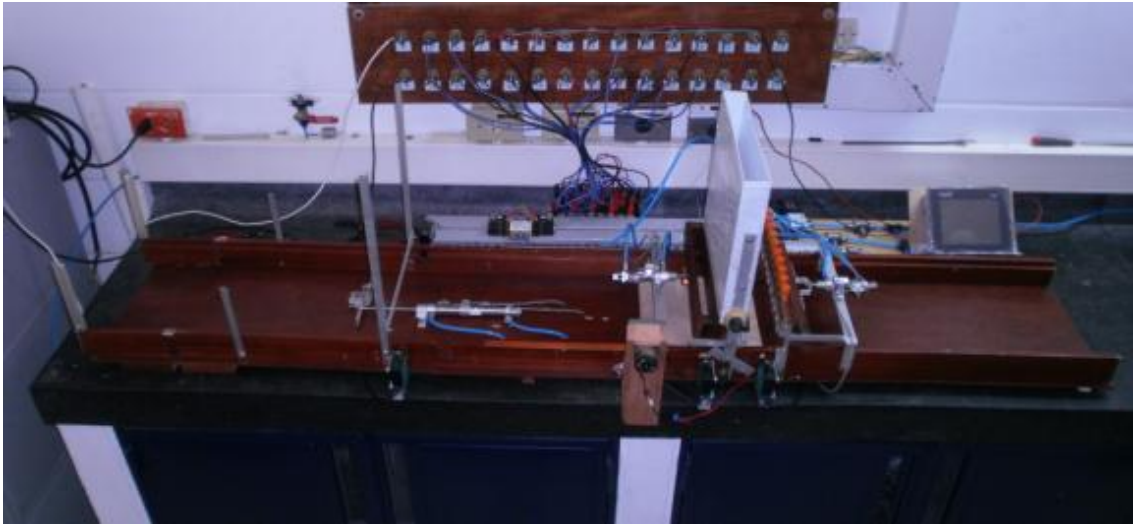


Figura 28. La máquina para el sembrado automático de semillas. [24]

Los componentes mas destacados del prototipo son:

- Desplazamiento de las bandejas.
- Llenado del sustrato.
- Colocación de la semilla.
- Accesorios.

Tal como se observan en la figura 29.



Desplazamiento bandejas Llenado del sustrato Colocación semillas

Figura 29. Componentes de la máquina. [30]

Para el desplazamiento de las bandejas de alvéolos se hace uso de un cilindro neumático de doble efecto CN1 sujeto en la base de la máquina con un acople en la punta del vástago que permite deslizar la bandeja (Ver figura 30), 2 sensores magnéticos (S2, S3) para detectar la posición del vástago y 1 Sensor fotoeléctrico réflex tipo barrera (S1) para determinar el limite final del recorrido del cilindro, en el cual S3 monitorea la posición inicial y S1, S2 la posición final del cilindro, tal como se muestra en la figura 31.



Figura 30. Cilindro neumático para el desplazamiento de bandejas. [31]

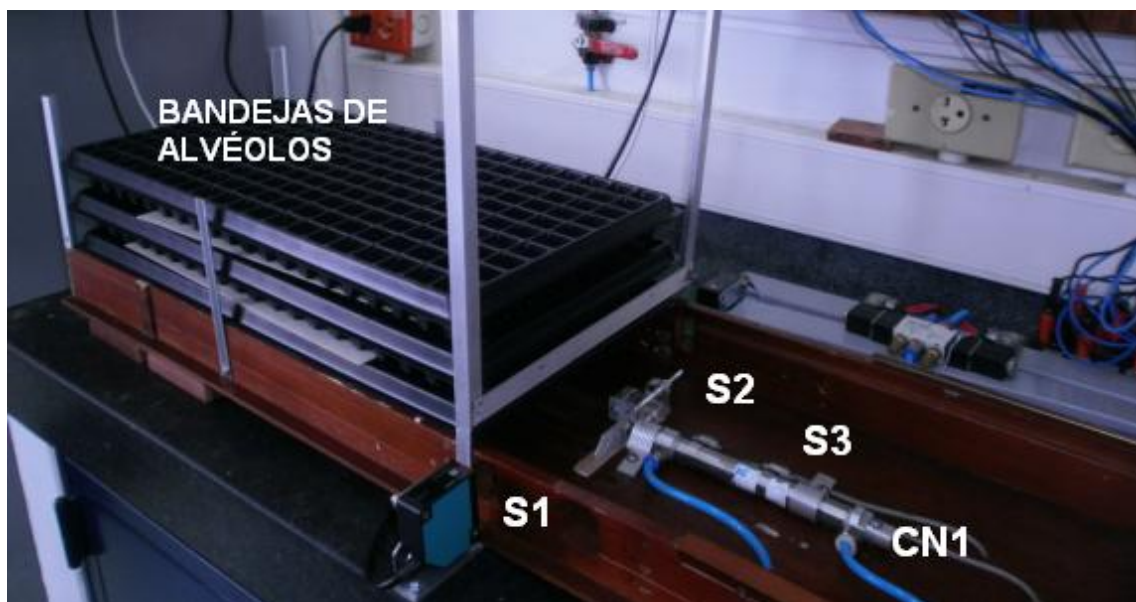


Figura 31. Desplazamiento de bandejas. [31]

La velocidad de avance del vástago es controlada por una válvula reguladora de caudal VRC1 (Ver figura 32).



Figura 32. Válvula reguladora de caudal VRC1. [8]

En el llenado de sustrato se empleó un silo de acrílico con un volumen de 3248 centímetros cúbicos, al cual se le adaptó un rodillo al interior, acoplado a un motor de corriente continua mediante unos piñones para generar un movimiento constante del rodillo, y evitar que se compacte el sustrato (Ver figura 33).

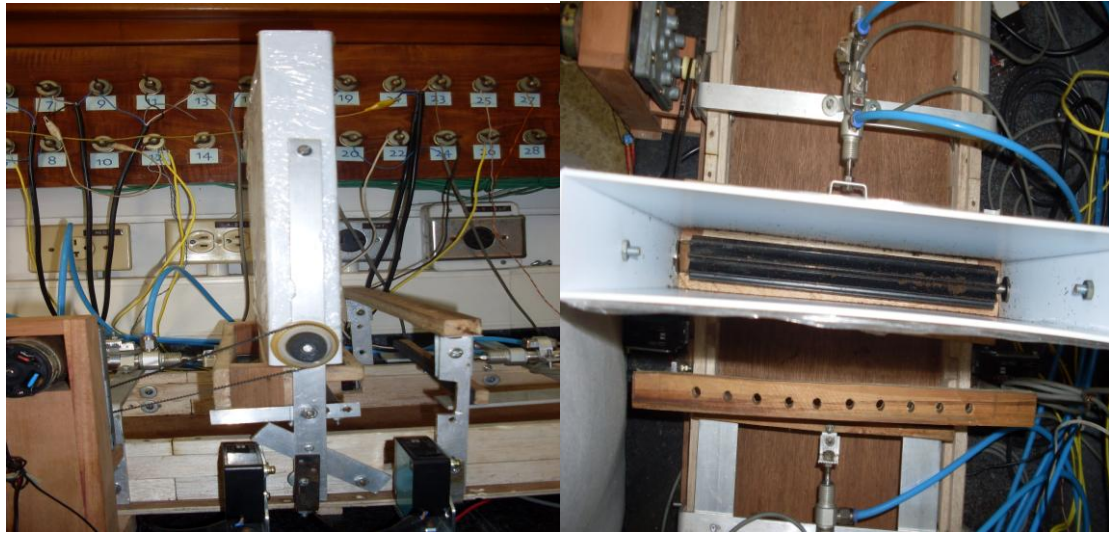


Figura 33. Silo del sustrato. [32]

Se empleo un cilindro neumático doble efecto CN2 sujeto a una varilla de aluminio con un acople en madera conformado por un rectángulo hueco de 4.5 cm de profundidad en el extremo del vástago con el fin de ir llenando cada fila de la bandeja con sustrato (Ver figura 34). El cilindro tiene 2 sensores magnéticos (S5, S6) para posicionar el vástago (Visualizar figura 36). Además de 1 Sensor fotoeléctrico réflex tipo barrera (S4) en la base de la máquina para detectar y detener momentáneamente el recorrido de la bandeja mientras se deposita el sustrato, tal como se observa en la figura 37.

La velocidad de avance del vástago es controlada por una válvula reguladora de caudal VRC2 (Ver figura 38).



Figura 34. Acople para el llenado de sustrato. [33]



Figura 35. Vista desde arriba. [33]

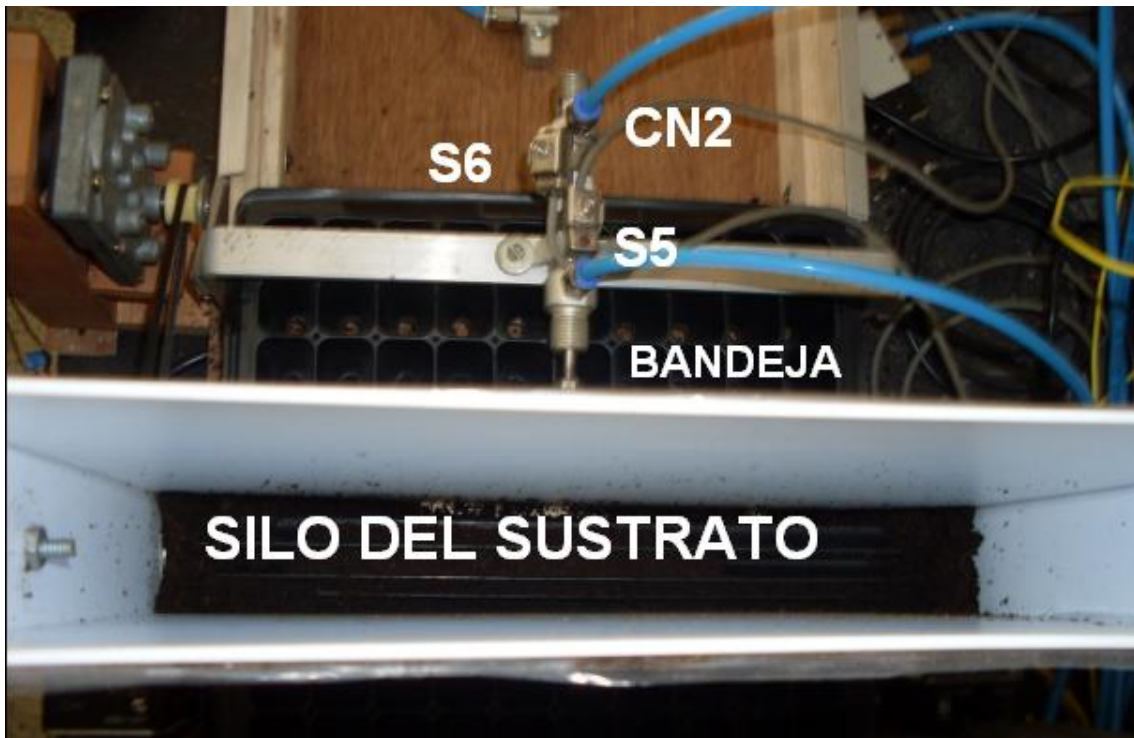


Figura 36. Sensores magnéticos del cilindro de llenado. [34]

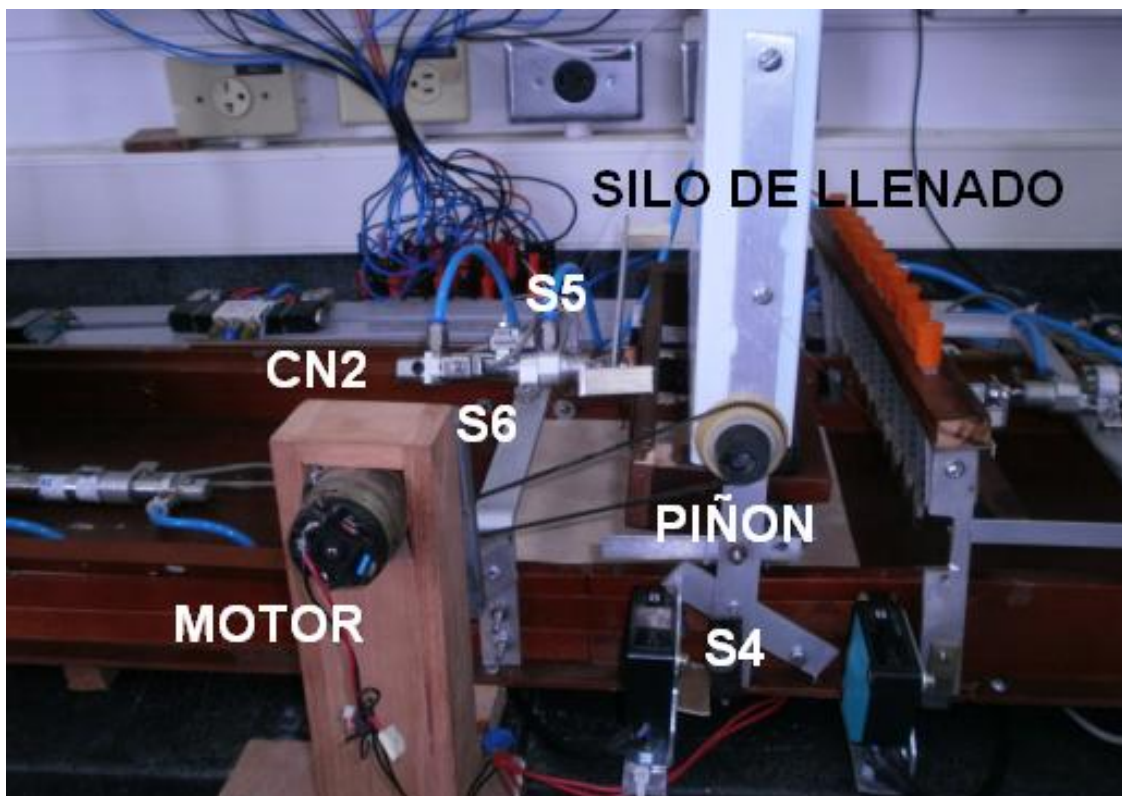


Figura 37. Sensor fotoeléctrico réflex tipo barrera del cilindro de llenado.



Figura 38. Válvula reguladora de caudal VRC2. [8]

Para la colocación de la semilla se implemento una serie de 10 jeringas de insulina de 1 mm como los silos de las semillas de tabaco, las cuales presentan un orificio de salida de 0.8 mm de diámetro cada una, el cual permite dejar caer una o dos semillas por alvéolo, tal como se muestra en la figura 39.

Además de un cilindro neumático doble efecto CN3 sujeto a una varilla de aluminio con un acople en madera y caucho al final del vástago (Ver figura 40). Mediante el cual se proporcionan golpes repetitivos en la parte inferior de las jeringas de insulina adaptadas como silos para lograr la deposición de las semillas en cada uno de los alvéolos de la bandeja.

El cilindro tiene 2 sensores magnéticos (S9, S10) para posicionar el vástago (Visualizar figura 40). Además de 1 Sensor fotoeléctrico réflex tipo barrera (S8) en la base de la máquina para detectar e interrumpir momentáneamente el desplazamiento de la bandeja mientras se deposita la semilla de tabaco, tal como se observa en la figura 41.

La velocidad de avance del vástago es controlada por una válvula reguladora de caudal VRC3 (Ver figura 42).



Figura 39. Silos de las semillas de tabaco. [35]



Figura 40. Acople para la deposición de la semilla. [36]



Figura 41. Elementos para la colocación de la semilla. [37]



Figura 42. Válvula reguladora de caudal VRC3. [8]

Para llevar la señal neumática como la eléctrica entre los diferentes elementos de la máquina para sembrado automático de semillas se utilizó una serie de accesorios tales como:

- Manguera neumática
- Conectores neumáticos
- Cables de conexión
- Borneras

4.1.3. Sistema de protección eléctrica. Está conformado por dispositivos que se emplean como medio de conexión o desconexión de las líneas de la instalación eléctrica y a su vez proporcionan protección contra sobrecargas o cortocircuitos.

En el tablero de control y en el laboratorio se instalaron las siguientes protecciones para la posterior distribución el mismo:

- **Interruptor termomagnético totalizador de caja moldeada.** Dispositivo instalado en el tablero de control como totalizador para proteger contra sobrecarga y cortocircuito el barraje y la acometida trifásica del laboratorio y del sistema que se está implementando en la máquina para el sembrado automático de semillas.



Figura 43. Interruptor TemBreak XS50CS. [38]

- **Tacos termomagnéticos enchufables.** Tablero eléctrico de distribución general que se encargan de proteger contra cortocircuitos o sobrecargas las líneas de alimentación de los elementos de control. Se instaló un taco trifásico en el gabinete de control, para proteger las tres líneas de alimentación que van a ser llevadas al Interruptor Totalizador TemBreak XS50CS.



Figura 44. Tacos termomagnéticos. [39]

4.2. NIVEL RTU/MASTER

La unidad terminal remota (RTU) se define como un conjunto de dispositivos inteligentes microprocesados, encargados de labores de adquisición de datos, almacenamiento, control o supervisión de un sistema y procesamiento de la información del nivel de instrumentación; los cuales se encuentran alejados del centro de mando y se comunican con este a través de algún protocolo de comunicación (Ethernet, PROFIBUS, PPI, MPI). Dentro de esta categoría se pueden encontrar a los autómatas programables (PLC). [40]

En la máquina para sembrado automático de semillas se implementó un PLC como unidad terminal remota. El sistema implementado consta de un PLC TWIDO TWDLCAE40DRF, puerto de Ethernet RJ45 integrado con protocolo Modbus TCP/IP, 2 puertos serial RS485 o RS232, 24 entradas digitales, 14 salidas de relé y 2 de transistor, expansión hasta de 7 módulos I/O, cartucho de memoria opcional (32 KB o 64 KB) y demás.

4.2.1. Controlador Lógico Programable TWIDO TWDLCAE40DRF. El PLC TWIDO TWDLCAE40DRF es un controlador compacto con 40 I/O, el cual dispone de módulos de entradas/salidas binarias, módulos de entradas/salidas analógicas, módulos de comunicación, módulos de interfaz y módulos específicos según la aplicación. También cuenta con un reloj de tiempo real integrado (RTC), operador de módulo de visualización, un cuarto contador rápido (FC), puerto de Ethernet RJ45 integrado con protocolo Modbus TCP/IP, 2 puertos serial integrado RS485 o RS232, expansión hasta de 7 módulos I/O y acepta una pantalla de mando opcional. (Ver figura 45).

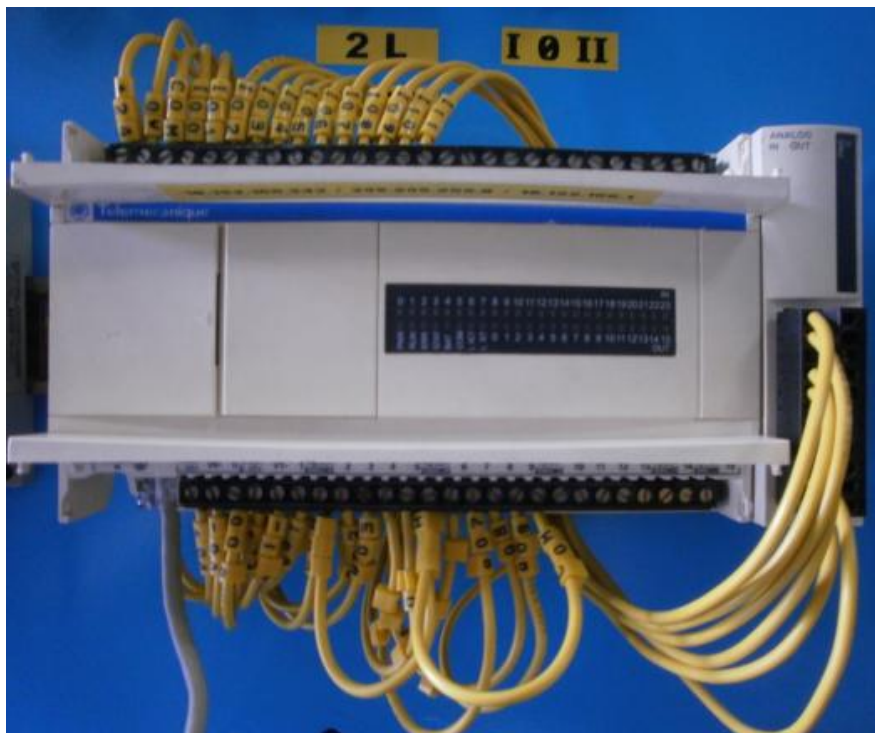


Figura 45. Plc Twido TWDLCAE40DRF. [41]

| MODELO DEL CONTROLADOR | | | | | |
|------------------------|--------------|---------|---------------|-----------------------------|--------------|
| HOMBRE DEL CONTROLADOR | REFERENCIA | CAHALES | TIPO DE CAHAL | TIPO ENTRADA/SALIDA | ALIMENTACION |
| compacto 40 I/O | TWDLCA440DRF | 24 | entradas | 24 VDC | 100/240 VAC |
| | TWDLCAE40DRF | 16 | salidas | Relé x 14 Transistor x 2 | |

Tabla 14. Modelo del controlador. [42]

La siguiente tabla muestra el número máximo de elementos de configuración para el controlador compacto utilizado en el prototipo:

| CONFIGURACION CONTROLADOR COMPACTO | |
|---|--------------------------------|
| TWD... | LCAA40DRF LCAE40DRF |
| Entradas digitales | 24 |
| Salidas digitales | Relé x 14 Transistor x 2 |
| Max de módulos de expansión I/O (Digitales o analógicos) | 7 |
| Max de entradas digitales (I/O controlador + I/O expansión) | $24+(7 \times 32)=248$ |
| Max de salidas digitales (I/O controlador + I/O expansión) | $16+(7 \times 32)=240$ |
| Max digital I/O (I/O controlador + I/O expansión) | $40+(7 \times 32)=264$ |
| Max de AS-Interface, módulos de bus de interfaz | 2 |
| Max salidas de relé | 14 base + 96 expansión |
| Max análogas I/O (I/O controlador + I/O expansión) | 15 entradas / 7 salidas |
| Mandos a distancia | 7 |
| Potenciómetros | 2 |
| Puertos serie | 2 |
| Puerto Ethernet | 1 solamente TWDLCAE40DRF |
| Cartuchos de memoria | 1 |
| Tamaño copia seguridad (KB) | 64 |
| Cartucho memoria opcional (KB) | 32 o 64 |
| RTC – reloj de tiempo real | si |
| Operador de visualización | si |

Tabla 15. Configuración del PLC TWDLCAE40DRF. [43]

Por defecto, todas las E / S de los controladores se configuran como digitales de I / O. Sin embargo, algunos E/S pueden ser asignados a tareas específicas durante la configuración, tales como:

- RUN / STOP de entrada
- Entradas de enclavamiento
- Contadores rápidos:
- Único contador subida/bajada: 5 kHz (1 fase)
- Contadores muy rápidos: arriba / abajo contadores - 20 kHz (dos fases)
- Controlador de salida de estado
- Modulación por ancho de pulso (PWM)
- Pulso de salida del generador (PLS)

Controladores Twido se programan utilizando TwidoSoft que permite a las siguientes funciones para ser usado en:

- PWM
- Contadores
- PID

Controladores Twido tiene uno, o un segundo puerto opcional serie que se utiliza para tiempo real o los servicios del sistema de gestión. Los servicios en tiempo real proporcionan datos de funciones de distribución para el intercambio de datos con dispositivos I / O y las funciones de mensajería para comunicarse con dispositivos externos. Los servicios del sistema de gestión configuraran el controlador a través de TwidoSoft. Cualquiera de los puertos serie se utiliza para cualquiera de estos servicios, pero sólo es un puerto serie para comunicarse con TwidoSoft.

Para proporcionar estos servicios, hay tres protocolos disponibles en cada controlador:

- Mando a distancia
- Modbus
- ASCII

Además, el controlador TWDLCAE40DRF compacto incorpora un conector RJ45 en comunicaciones puerto Ethernet que permite realizar todas las comunicaciones en tiempo real y tareas del sistema de gestión a través de la red.

Comunicaciones Ethernet implementa el siguiente protocolo:

- Modbus TCP / IP

En la tabla 16 y 17 se proporciona las especificaciones generales para los controladores compactos.

| Especificaciones de funcionamiento de los PLCs compactos | | | | |
|--|---|----------------------|----------------------|----------------------|
| Controlador compacto TWDL C... | AA 10DRF DA 10DRF | AA 16DRF DA 16DRF | AA 24DRF DA 24DRF | AA 40DRF AE 40DRF |
| Temperatura | 0 a 55°C operando a temperatura ambiente | | | |
| Temperatura de almacenamiento | - 25°C a +70°C | | | |
| Humedad relativa | Nivel RH1, de 30 a 95% (sin condensación) | | | |
| Grado de contaminación | 2 (IEC60664) | | | |
| Grado de protección | IP20 | | | |
| Inmunidad a la corrosión | Libre de gases corrosivos | | | |
| Altitud | Funcionamiento: 0 a 2.000 m (0 a 6.560 pies) Transporte: de 0 a 3.000 m (0 a 9.840 pies) | | | |
| Resistencia a la vibración | Cuando se monta en un carril DIN: 10-57 Hz amplitud 0,075 mm, 57-150 Hz aceleración de 9,8 ms ² (1G), 2 horas por eje en cada uno de los tres ejes perpendiculares. Cuando se monta en una superficie del panel: 2-25 Hz, amplitud de 1,6 mm, 25-100 Hz aceleración de 39,2 ms ² (4G) de Lloyd's de 90 minutos por eje en cada uno de los tres ejes perpendiculares. | | | |
| Resistencia al impacto | 147 ms ² (15G), 11 ms de duración, 3 golpes por eje, en tres ejes perpendiculares (IEC 61131) | | | |
| Peso | 230 g | 250 g | 305 g | 522 g |

Tabla 16. Especificaciones de funcionamiento de los PLC compactos. [43]

| Especificaciones eléctricas de los PLCs compactos | | | | |
|---|--|---|---|---|
| Controlador compacto TWDL C... | AA10DRF DA10DRF | AA16DRF DA16DRF | AA24DRF DA24DRF | AA40DRF AE40DRF |
| Tensión nominal de alimentación | 100 a 240 VAC | | | |
| Rango admisible de tensión | 85 a 264 VAC | | | |
| Frecuencia nominal de alimentación | 50/60 Hz (47 a 63 Hz) | | | |
| Corriente de entrada máxima | 0.25 A (85 VAC) | 0.30 A (85 VAC) | 0.45 A (85 VAC) | 0.79 A (85 VAC) |
| Máximo consumo de energía | 30 VA (264 VAC), 20 VA (100 VAC) Este controlador de consumo de energía incluye 250 mA de potencia del sensor. | 31 VA (264 VAC), 22 VA (100 VAC) Este controlador de consumo de energía incluye 250 mA de potencia del sensor. | 40 VA (264 VAC), 33 VA (100 VAC) Este controlador más 4 módulos I / O el consumo de energía incluye 250 mA de potencia del sensor. | 77 VA (264 VAC), 65 VA (100 VAC) Este controlador más 7 módulos I / O el consumo de energía incluye 400 mA de potencia del sensor. |
| Interrupción momentánea de energía permitidos | 20 ms (en las entradas y salidas nominal) (IEC61131) | | | |
| Rigidez dieléctrica | Entre los terminales de alimentación y tierra: 1500 VCA, 1 min. Entre terminales E / S y la tierra: 1500 VCA, 1 min. | | | |
| Resistencia de aislamiento | Entre los terminales de alimentación y tierra: un mínimo de 10 mW (500 VCC) Entre terminales E / S y la tierra: 10 mW mínimo (500 VCC) | | | |
| Resistencia al ruido | Terminales de alimentación de CA: 1,5 KV, 50 ns a 1 ms Terminales E / S (pinza de acoplamiento): 1,5 KV, 50 ns a 1 ms | | | |
| Corriente de arranque | 35 A máx. | 35 A máx. | 40 A máx. | 35 A máx. |
| Cableado de tierra | UL1007 16 AWG (1.30 mm ²) | | | |
| Cableado de alimentación | UL1015 22 AWG (0.33 mm ²), UL1007 18 AWG (0.82 mm ²) | | | |
| Efecto de la conexión incorrecta de alimentación | Inversión de polaridad: el funcionamiento normal Voltaje o frecuencia: puede causar daño permanente Las conexiones del conductor de conexión: puede causar daño permanente | | | |

Tabla 17. Especificaciones eléctricas de los PLC compactos. [43]

Las especificaciones del cableado de las E/S de la máquina están esquematizadas tal como se muestra en la figura 46.

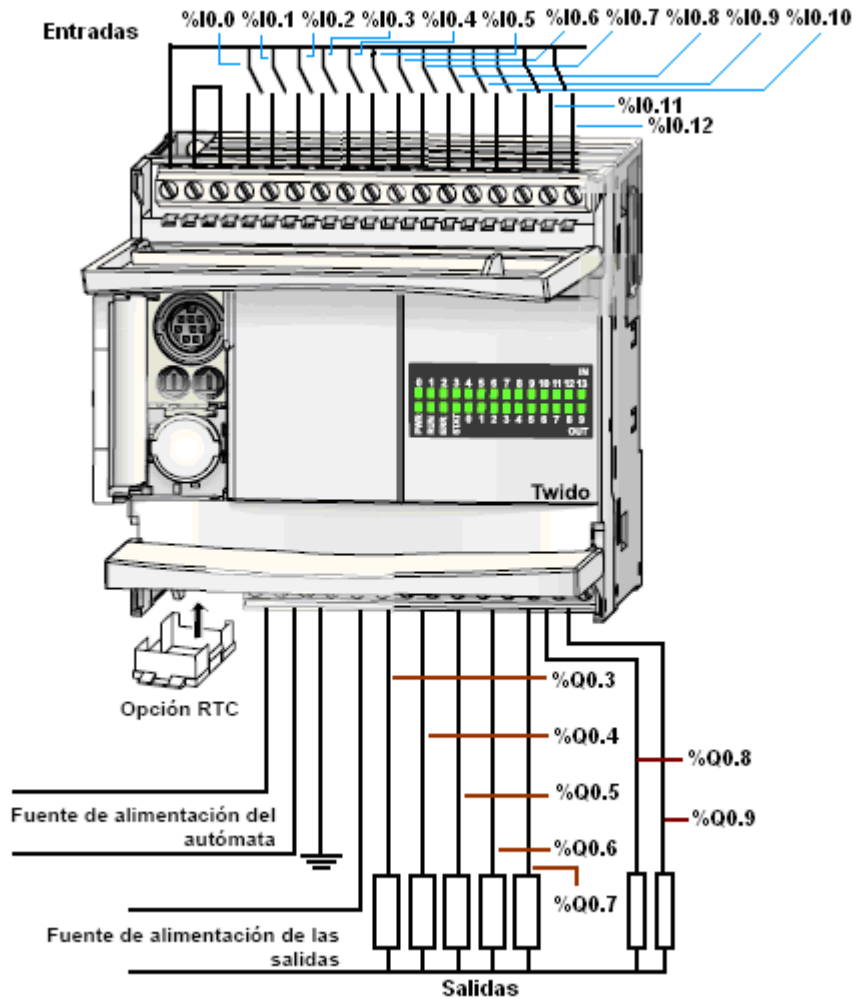


Figura 46. Especificaciones del cableado de las E/S. [44]

| Las entradas de la máquina están representadas de la siguiente manera: | | |
|--|-----|--|
| % I0.0 | 1PB | Inicia la operación de la máquina y del motor en un sentido. |
| % I0.1 | 2PB | Condiciones iniciales. |
| % I0.2 | S2 | Posición inicial de extendido del cilindro CN1. |
| % I0.3 | S3 | Posición de contracción del cilindro CN1. |
| % I0.4 | S1 | Sensor fotoeléctrico ubicado en las bandejas. |
| % I0.5 | S4 | Detecta y detiene la bandeja para el llenado. |
| % I0.6 | S5 | Recoge sustrato del silo. |
| % I0.7 | S6 | Deposita sustrato en bandeja. |
| % I0.8 | S8 | Detecta y detiene la bandeja para la colocación de semilla. |
| % I0.9 | S9 | Posición del cilindro CN3 para dejar caer la semilla. |
| % I0.10 | S10 | Posición del cilindro CN3 de inicio. |
| % I0.11 | 3PB | Activa el motor en sentido de giro inversor. |
| % I0.12 | SW2 | Parada de emergencia de la máquina. |
| Las salidas de la máquina se conforman de la siguiente forma: | | |
| % Q0.3 | EV1 | Electroválvula para retraer vástago del cilindro CN1. |
| % Q0.4 | EV1 | Electroválvula para expulsar vástago del cilindro CN1. |
| % Q0.5 | EV2 | Electroválvula para el control del cilindro CN2. |
| % Q0.6 | EV3 | Electroválvula para el control del cilindro CN3. |
| % Q0.7 | 2CR | Motor giro izquierda. |
| % Q0.8 | 3CR | Motor giro derecha. |
| % Q0.9 | 1CR | Motor en silo del sustrato con un sentido de giro. |

Tabla 18. Conexiones al PLC.

4.3. NIVEL DE COMUNICACIONES

El nivel de comunicación se encarga de efectuar el transporte de la información o datos entre los niveles de instrumentación, RTU, centro de control y aplicaciones avanzadas.

El PLC TWIDO TWDLCAE40DRF soporta varios tipos de redes de comunicación. Se comunica mediante el puerto serie de la máquina de destino (RS232 / RS485) o el puerto RJ45 Ethernet integrado y se añade un controlador. El controlador se selecciona en el cuadro de diálogo “*Nueva interfaz de controlador*”. (Ver figura 47).

Una red seleccionada se denomina una interfaz de controlador. Los controladores disponibles para acceder a las redes de comunicación son:

- Modbus (RTU).
- Modbus TCP/IP.
- FIPWAY.
- Uni – Telway.
- USB.

La red seleccionada en el prototipo fue la Modbus TCP/IP. (Visualizar figura 47).

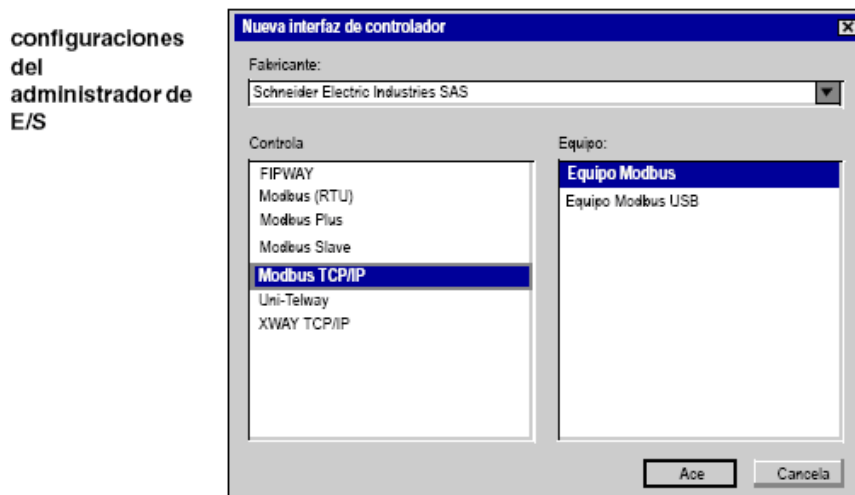


Figura 47. Interfaz del controlador. [45]

4.4. NIVEL CENTRO DE CONTROL

Este nivel esta conformado por tableros de control, PLC TWIDO, portátil con el software de programación requerido, software de adquisición y monitoreo de datos, además de una interfaz grafica para la supervisión del usuario, los cuales permiten interactuar con los diferentes elementos instalados en la máquina, para el control y mando en el proceso de la siembra de semillas de tabaco.

En este nivel se desarrollan las estrategias de control o sistemas de supervisión y se administra el proceso para garantizar su óptimo desempeño.

El sistema de control y mando implementado en la máquina para el sembrado automático de semillas esta compuesto por el software de programación TWIDOSUITE que es un entorno de desarrollo grafico, el cual esta diseñado para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los PLCs Twido de Telemecanique empleado en el proceso. También se dispone del software de VIJEO-DESIGNER para la configuración y programación del terminal táctil Magelis XBT GT2330.


4.4.1. Software TWIDOSUITE. Es un programa basado en **Windows** de 32 bits para un ordenador personal (PC) que se ejecuta en los sistemas operativos **Microsoft Windows 2000 y XP Professional**. Además de ser un entorno de desarrollo gráfico de fácil manejo, lleno de funciones para desarrollar, editar y conservar aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido de Telemecanique. En la cual permite crear programas con distintos tipos de lenguaje y después transferir la aplicación para que se ejecute en un autómata.



Figura 48. Pantalla inicial de TwidoSuite. [46]

- **Modo “Programación”**: Modo para la creación de una aplicación.
- **Modo “Vigilancia”**: Modo que nos permite comprobar su funcionamiento sin necesidad de sincronizar su aplicación con la que hay cargada en la memoria del autómeta.
- **Actualización de autómatas**: Es un programa que indica todos los pasos necesarios para actualizar el **Firmware** del controlador programable Twido.

4.4.2. Configuración del Control en la máquina para el sembrado automático de semillas. Para el sistema de control del proceso se configuro un PLC de la línea Twido a través de los siguientes pasos descritos a continuación:

En el PC diríjase a *Inicio* → *Todos los Programas* → *Schneider Electric* → *TwidoSuite* →  *TwidoSuite*. Una vez se accede al software aparece la pantalla inicial, tal como se muestra en la figura 48 y se elige Modo “Programación”.

Aparece el espacio de trabajo de la ventana principal de TwidoSuite como el que se observa en la figura 49, en donde se puede crear, abrir e introducir la información del proyecto. En la cual para el prototipo el proyecto creado se diseño “Sembradora”.

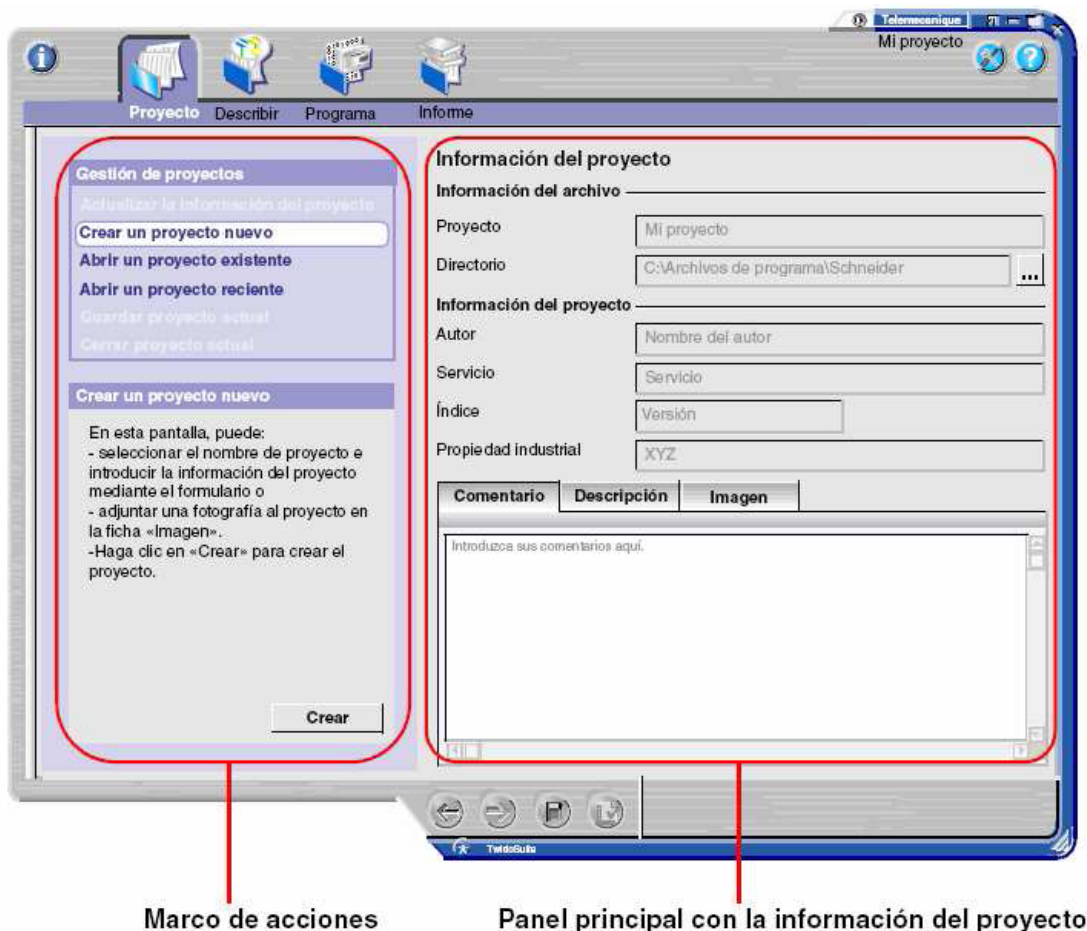


Figura 49. Ventana de la pestaña de “proyecto”. [46]

En el espacio de trabajo general del TwidoSuite encontraremos siempre las siguientes series de barras, pestañas y menús que tendrán las siguientes funciones, tal como se visualiza en la figura 50.

- **Barra de pasos de la aplicación:** Muestra los cuatro pasos de la aplicación TwidoSuite (Proyecto, Describir, Programar, Documentar).
- **Barra de subpasos del programa:** Muestra los tres subpasos del programa (Configurar, Programa, Depuración). Aparece únicamente cuando el paso Programar está seleccionado.
- **Barra de tareas:** Proporciona acceso a todas las tareas que puede realizar en el paso o subpaso seleccionado de la aplicación.
- **Barra de funciones:** Proporciona acceso a funciones especiales asociadas a la tarea seleccionada.
- **Barra de acceso rápido:** Muestra los comandos Anterior/Siguiente y los accesos directos a Guardar y a Analizar el programa en todo momento.
- **Editores y visualizadores:** Se trata de ventanas de TwidoSuite que organizan los controles de programación y configuración de manera que las aplicaciones puedan desarrollarse correctamente.
- **Barra del cuadro de lista Error:** Muestra información acerca de los posibles errores o advertencias de la aplicación.

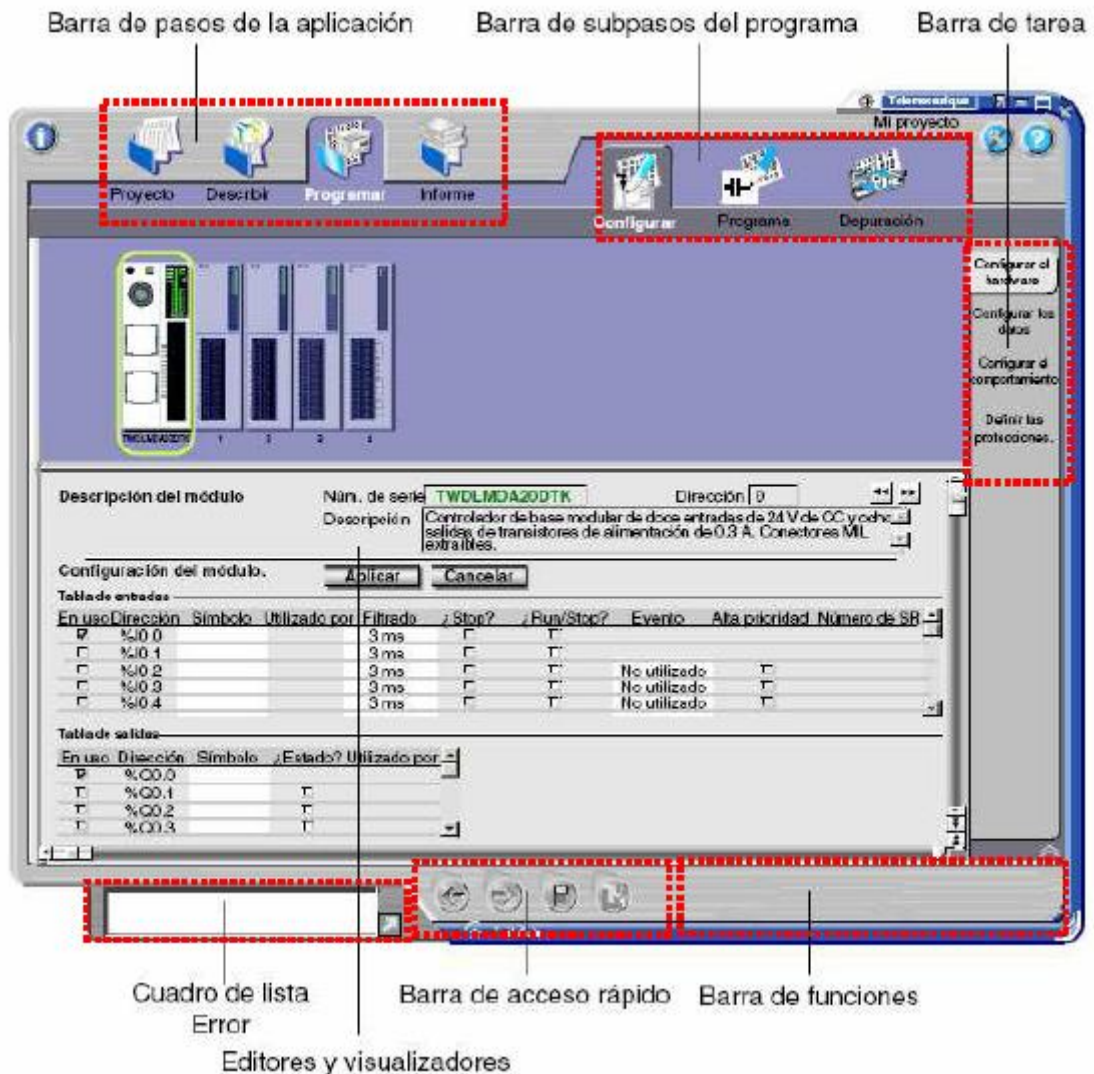


Figura 50. Espacio general de trabajo del TwidoSuite. [46]

Antes de empezar a programar es necesario iniciar la configuración del



hardware en el software haciendo clic sobre el icono “**Describir**” de la barra de pasos del TwidoSuite. Se abrirá la ventana de configuración, donde observaremos lo siguiente:

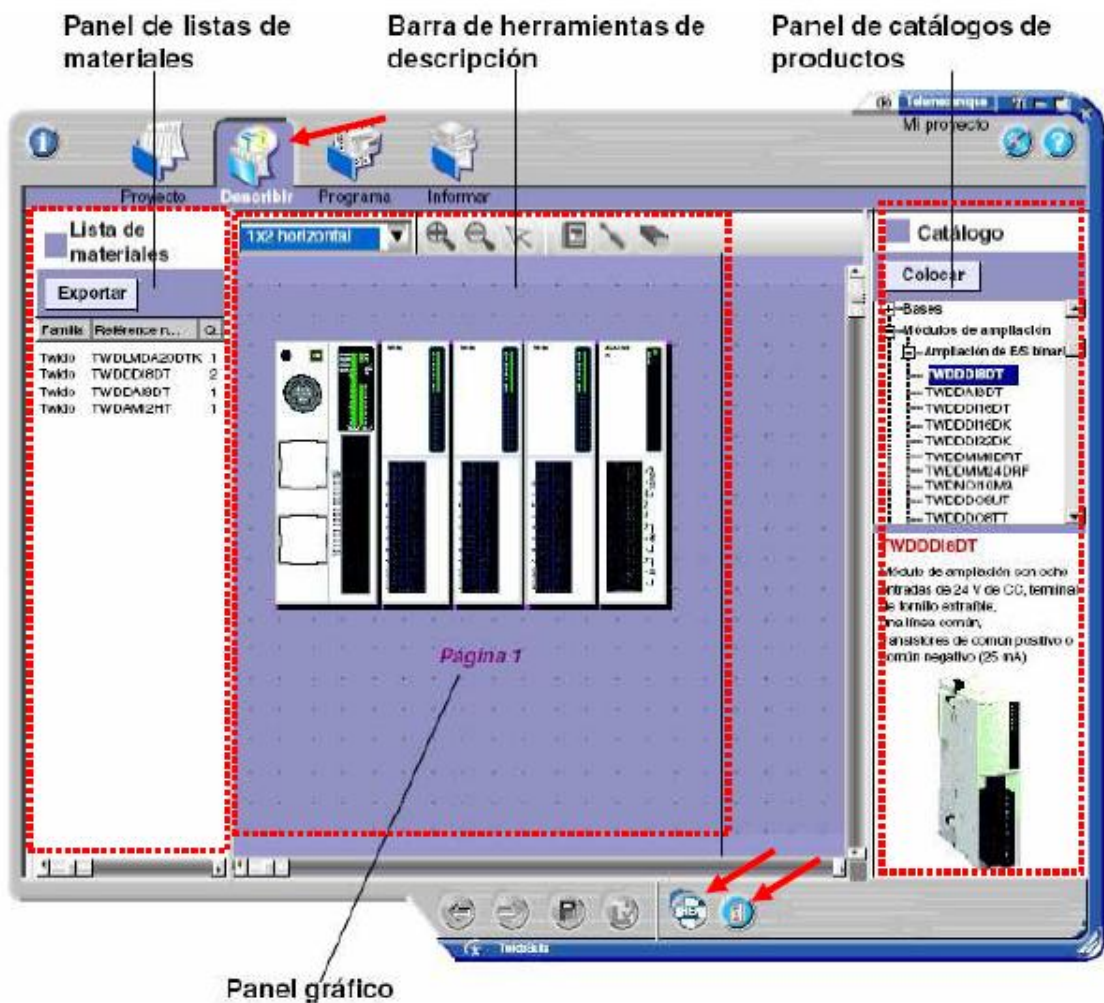


Figura 51. Ventana de configuración de Hardware “Describir”. [46]

- El **Panel gráfico** es el área donde se construye la representación gráfica de la configuración agregando elementos de hardware.
- El **Panel de catálogos de productos** muestra el catálogo de elementos de hardware Twido, incluidos la base compacta y los autómatas modulares, módulos de expansión, opciones, elementos de red en estructura con forma de árbol. La parte inferior del panel proporciona una breve descripción del elemento de hardware seleccionado.
- El **Panel de listas de materiales** es un área adicional que muestra una lista de materiales de elementos de hardware que actualmente forman el proyecto abierto. Puede hacer clic cómodamente en Exportar para guardar la lista de materiales en un archivo con formato .CSV.

Para ir creando la configuración, se selecciona el Hardware Twido **TWDLCAE40DRF** incluido en la base compacta del panel de catálogos de productos y se arrastra al panel grafico para construir paulatinamente el sistema de automatización del proceso. (Ver figura 52).

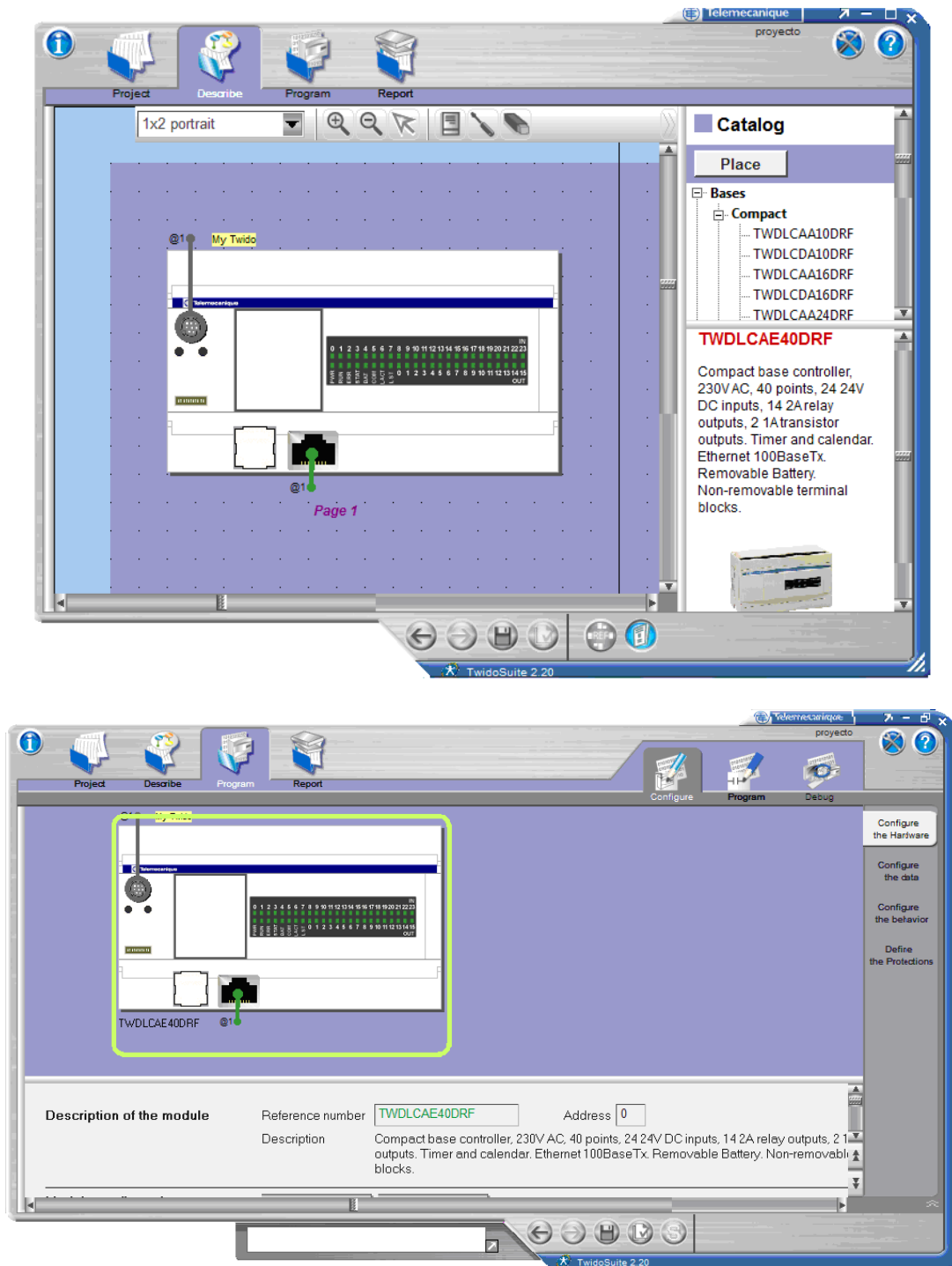


Figura 52. Configuración de Hardware Twido. [46]

Después de la configuración del hardware se definen los símbolos de las E/S de la aplicación, a través de la pestaña “Programar” de la barra de pasos de la aplicación, donde aparece directamente en la pestaña “Programa” de la barra de subpasos del programa y hacemos clic en la opción “Definir símbolos” que es situada en la barra de tareas en la parte derecha de la ventana, tal como se observa en la figura 53.

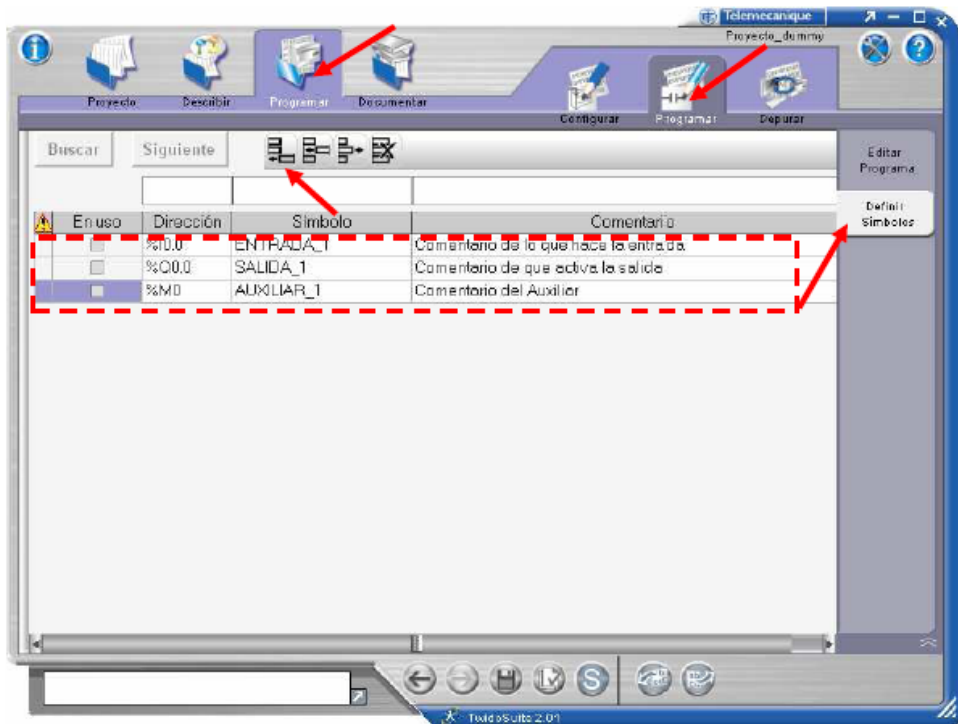


Figura 53. Ventana para la creación de símbolos. [46]

Para escribir el programa del proceso de siembra se escogió el lenguaje de programación **Ladder** (diagrama de contactos) en donde se presenta lo siguiente:

- Todas las entradas están representadas por símbolos de contactos (H).)
- Todas las salidas están representadas por símbolos de bobinas (T).
- Las operaciones numéricas están incluidas en el conjunto de instrucciones de Ladder gráficas.

Se abre el editor de programa para crear la programación de la aplicación con el lenguaje **Ladder**.

Para abrir el editor de programas se pulsara la pestaña de “Programar” en la barra de pasos de la aplicación y en la barra de subpasos del programa pulsar en la pestaña de “Programa”, aparece la ventana para la edición de programa.

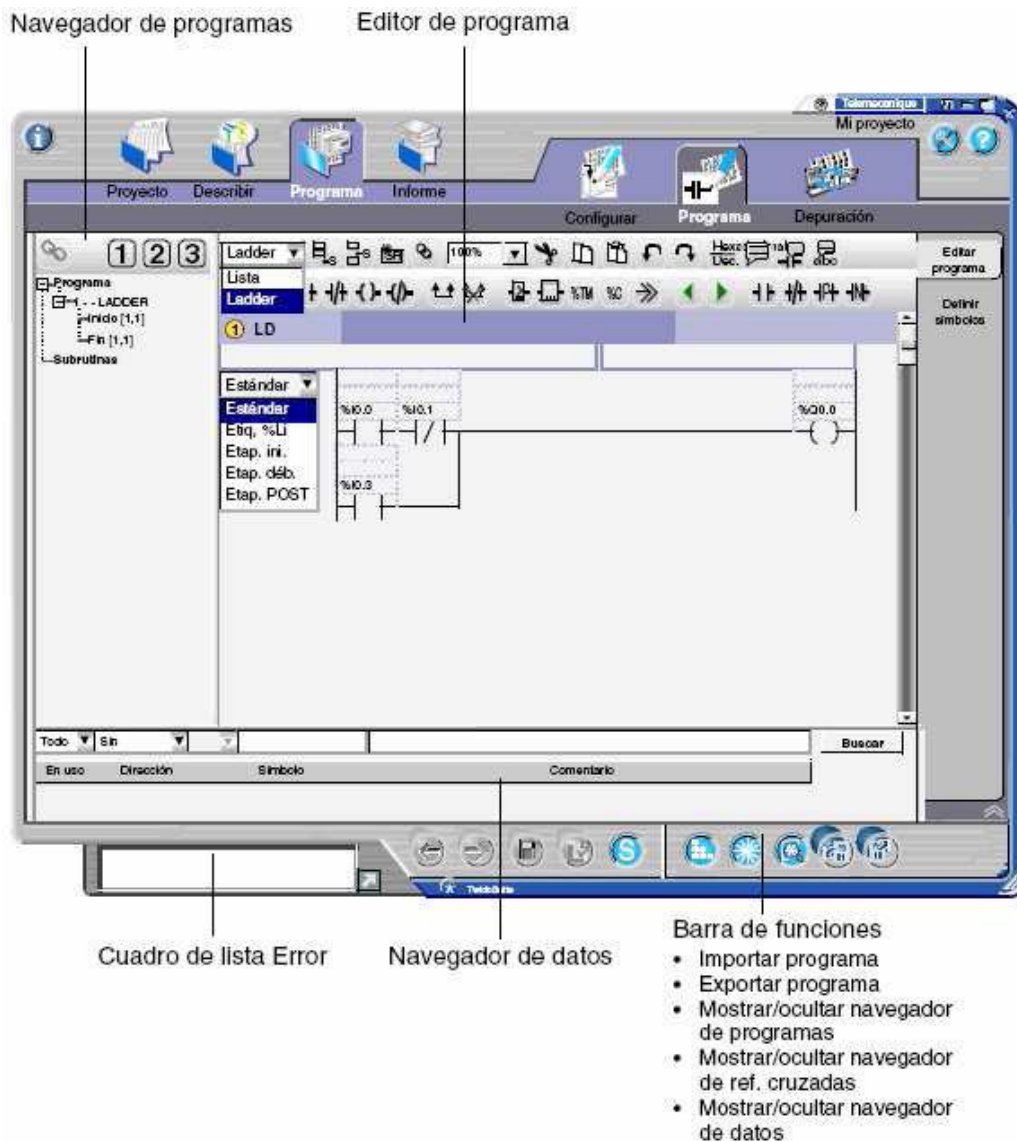


Figura 54. Ventana del editor de programa. [46]

- **Navegador de programas:** En esta área se puede observar las diferentes secciones del programa, así como las subrutinas.
- **Editor de programa:** Es el área donde se realizará la programación propiamente dicha de nuestra aplicación.
- **Navegador de datos:** Esta ventana nos permite buscar donde están siendo usados los símbolos o direcciones, en que partes del programa.

Para comenzar a programar se tiene que introducir la primera sección del programa para ello en la barra de herramientas pulsaremos el icono de

“agregar una sección”. 

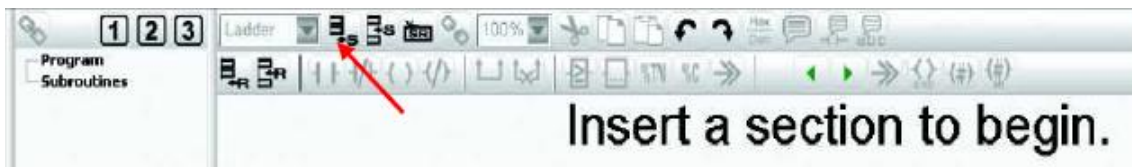


Figura 55. Insertar primera sección.

La primera sección se inserta en el Editor de Ladder Logic, de forma que muestra el primer escalón vacío, como la figura a continuación.

(Tenga en cuenta que un programa debe contener al menos una sección.)



Figura 56. Sección insertada.

1. Haga doble clic en el encabezado de la sección para introducir el título de la sección y los comentarios.
2. Haga doble clic en la cabecera de escalón para introducir título de escalón y comentarios.
3. Seleccione la línea de alimentación derecha e izquierda del escalón.

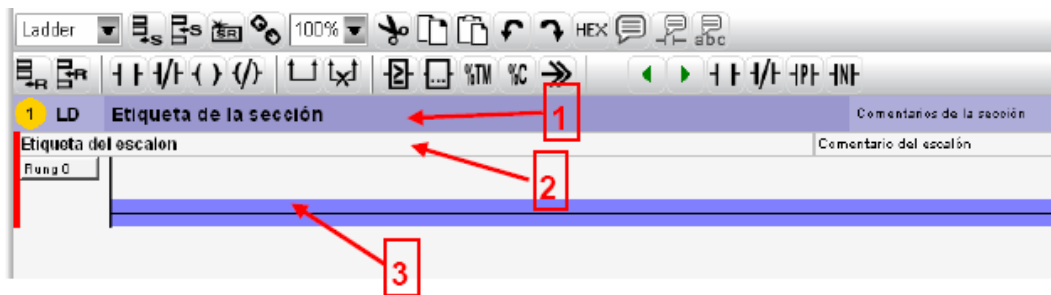
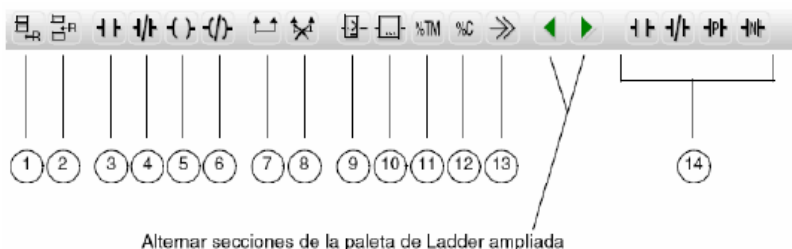


Figura 57. Introducir títulos, comentarios, etc.

La línea seleccionada se pone de color azul y se inserta algunas de las instrucciones básicas que dispone la paleta de Ladder, las cuales pueden ser:



| | |
|---|--|
| 1 Agregar escalón | 2 Insertar escalón |
| 3 Agregar contacto normal abierto | 4 Agregar contacto normal cerrado |
| 5 Agregar bobina | 6 Agregar bobina inversa |
| 7 Agregar conexión | 8 Eliminar conexión |
| 9 Agregar bloque de comparación | 10 Agregar bloque de operación |
| 11 Agregar bloque de temporizador | 12 Agregar bloque de contador |
| 13 Agregar llamada de subrutina o salto | 14 Botones de la paleta de Ladder ampliada |

Figura 58. Instrucciones básicas de la paleta de Ladder. [46]

Ahora dependiendo del programa inserta la instrucción y se define con que variable esta relacionado, en donde la instrucción grafica de entrada se ubica en la parte mas hacia la izquierda del escalón y la instrucción grafica de salida hacia la parte mas derecha del mismo.

4.4.3. Diagrama de estados del proceso de siembra. El diagrama de estados se realizo en Grafcet, debido a que permite realizar un modelo del proceso de siembra a automatizar, contemplando las entradas, acciones a efectuar, y los procesos intermedios que inducen estas acciones. Para el prototipo de la maquina se implementaron los siguientes diagramas:

1. Diagrama del Proceso de siembra.
2. Diagrama de control del motor.

A continuación se muestran en la figura 59 los diagramas de estados empleados en el proceso.

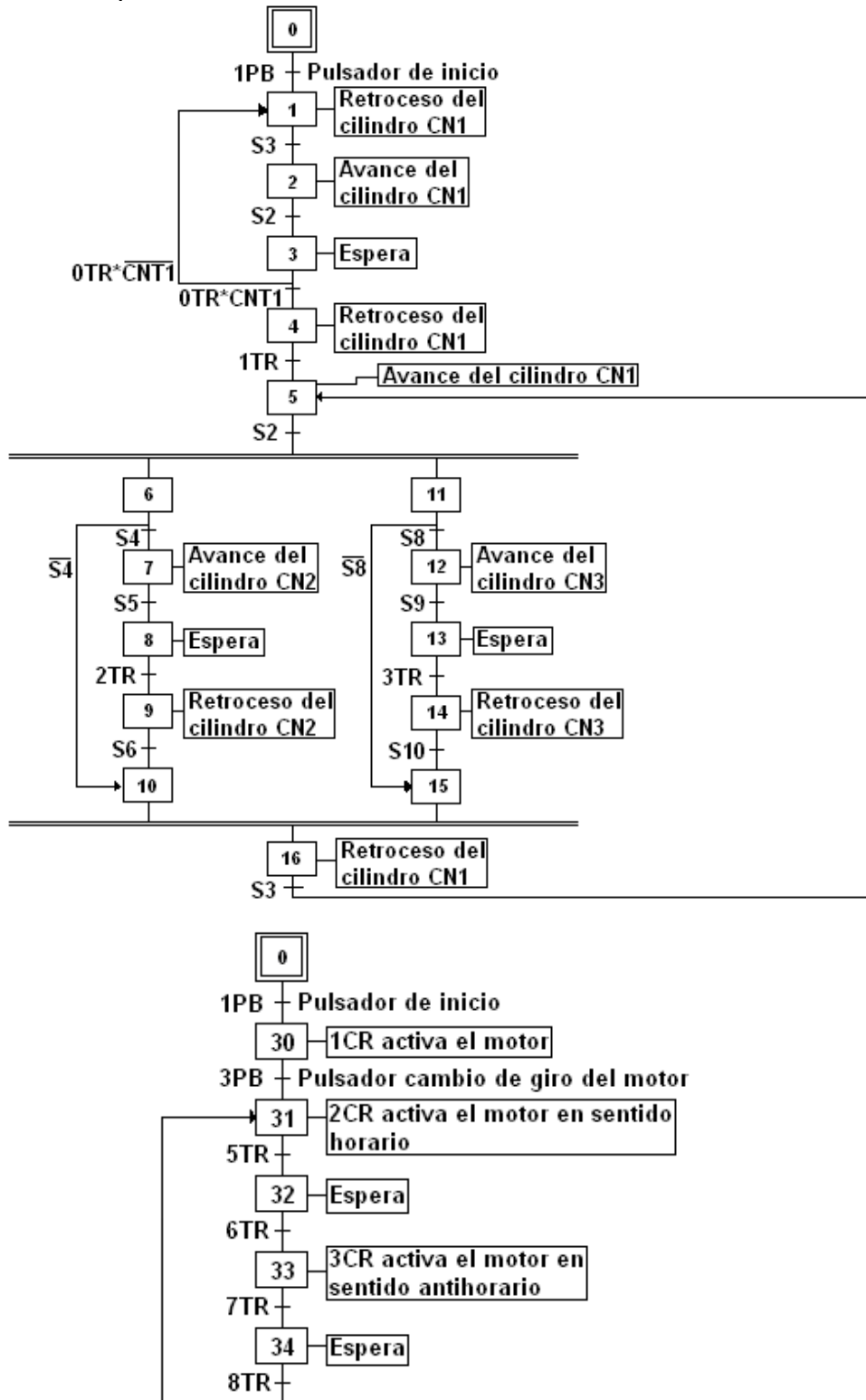


Figura 59. Diagramas de estado del proceso y control del motor. [50]

4.4.4. Programa implementado en la máquina para el sembrado automático de semillas. Para la automatización del prototipo se efectúan una sucesión de etapas mediante un Grafcet. En donde cada etapa tiene sus acciones asociadas, de manera que en el momento que se encuentre activa una etapa se realizan las correspondientes acciones; pero estas acciones no podrán ejecutarse nunca si la etapa no esta activa.

Entre 2 etapas hay una transición o condición que se ha de cumplir, además de estar la etapa anterior activa para realizar la etapa siguiente y desactivar las anteriores.

El programa esta conformado por una secuencia de la siguiente manera:

1. **Traslado de las bandejas e arranque del motor en un solo sentido de giro.**
2. **llenado de sustrato y la colocación de las semillas de tabaco en los alvéolos de la bandeja.**
3. **Opción de seleccionar giro inversor en el motor.**

La secuencia en el programa permite una fácil comprensión y monitoreo de cada una de las etapas del proceso de la siembra de semillas en el prototipo.

En las primeras etapas se programo el desplazamiento de las bandejas, se inicia con un primer escalón encargado de iniciar el proceso de sembrado, además de convertir en movimientos repetitivos la expulsión y contracción del pistón en el cilindro 1 (CN1). Tal como se observa en la figura 60.

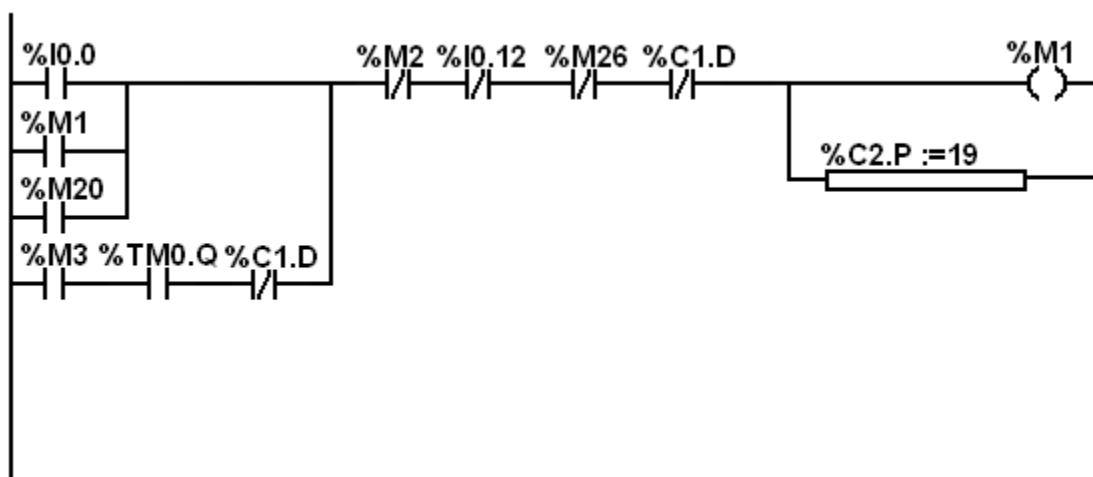


Figura 60. Inicio del proceso. [46]

El contacto de INICIO es un pulsador cuya entrada es **%I0.0**, mientras que el de PARADO es un selector de posición que se monitorea a través de **%I0.12**, ambos situados en el tablero de control, el contacto **%M20** cumple la misma función que el pulsador INICIO y el contacto **%M26** la idéntica función que el selector de posición de PARADO, pero estos están localizados en la HMI.

Al presionar el pulsador de INICIO en el tablero o en la pantalla táctil es activada la bobina auxiliar **%M1** de comienzo de programa y se retrae el pistón del cilindro 1 (CN1) e inicia el conteo ascendente del contador **%C1**.

Este se retrae hasta que se energiza el sensor magnético (S3), el cual desactiva la etapa anterior y activa la etapa siguiente que expulsa el pistón del cilindro 1 (CN1) hasta energizar el sensor magnético (S2), que da paso a un tiempo de espera.

Cada vez que se halla terminado el tiempo de espera del timer **%TM0**, no haya culminado el contador, empieza de nuevo el ciclo. (Ver figura 61).

Siempre que se termine el conteo ascendente del contador **%C1**, genera una contracción mas profunda del cilindro 1, encargado del desplazamiento de las bandejas, lo cual permite la caída de la siguiente bandeja, además se activa un timer **%TM1**, que proporciona un tiempo de espera de 2 s e energiza la bobina auxiliar **%M5** para reiniciar el ciclo, contador y proporcionar un inicio continuo al traslado de las bandejas de alvéolos dispuestas en el prototipo. (Visualizar figura 62).

Al irse activando la etapa siguiente va desactivando la anterior.

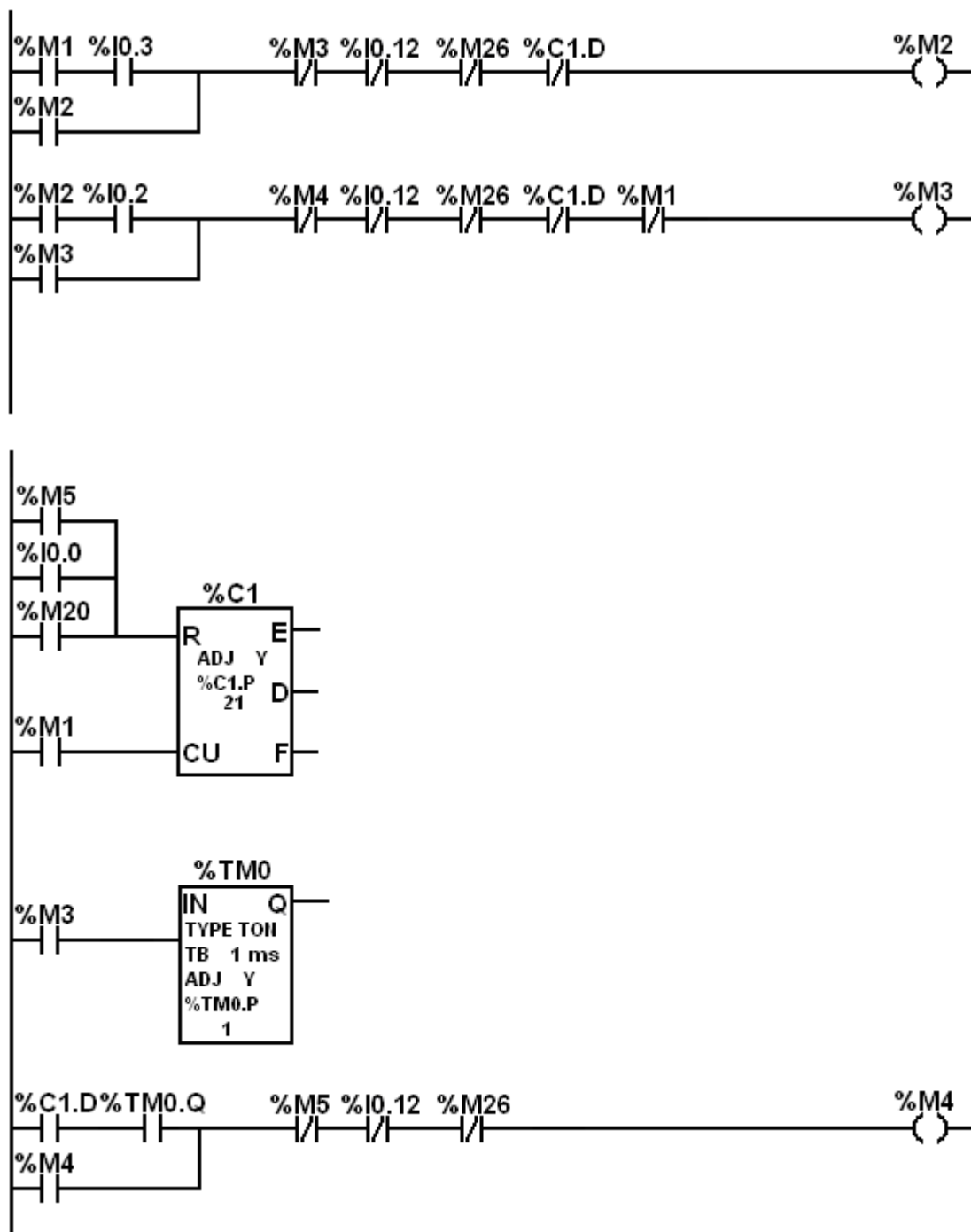


Figura 61. Desplazamiento de las bandejas de alvéolos. [46]

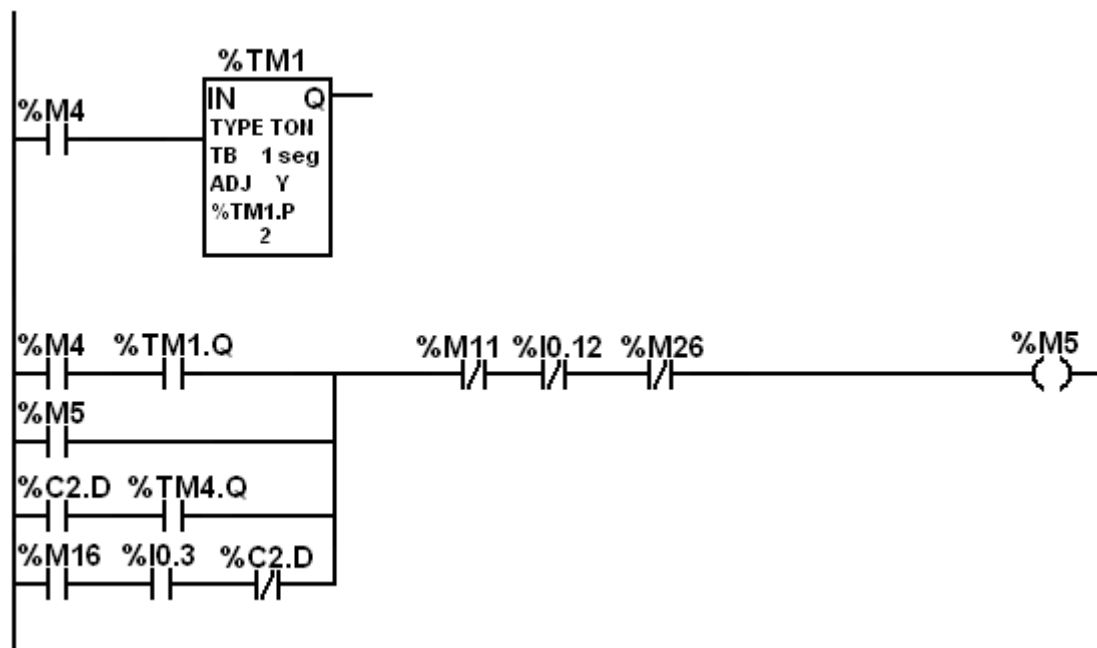


Figura 62. Caída de las bandejas de alvéolos. [46]

Seguido de la etapa 5 se presenta una divergencia AND para llevar a cabo la distribución del sustrato y la deposición de semillas en cada uno de los alvéolos de la bandeja.

En el caso del llenado de sustrato en la bandeja, se detiene momentáneamente el desplazamiento de la bandeja cada vez que se encuentren activas las bobinas auxiliares **%M6** y **%M17** que identifica el sensor fotoeléctrico (S4) detecta un flanco de subida, lo que logra activar la bobina auxiliar **%M7**, la cual desactiva las etapas anteriores, las cuales impiden el movimiento de la bandeja, además de extender el acople colocado en el cilindro 2 para el llenado de sustrato.

Al estar extendido el vástago del cilindro 2, se activa el sensor magnético (S5) que se refleja en la entrada **%I0.7**, la cual activa la bobina **%M8** mediante la cual se activa también el timer **%TM2**, con el que se obtiene un tiempo de espera para la cantidad de sustrato requerida en el llenado de los alvéolos de la bandeja.

Culminado el tiempo se desenergiza la bobina **%M8** y activa la bobina **%M9** hasta el sensor magnético (S6) para permitir la caída del sustrato y continuar con las siguientes etapas para de nuevo ocasionar el desplazamiento de las bandejas. (Ver figura 63).

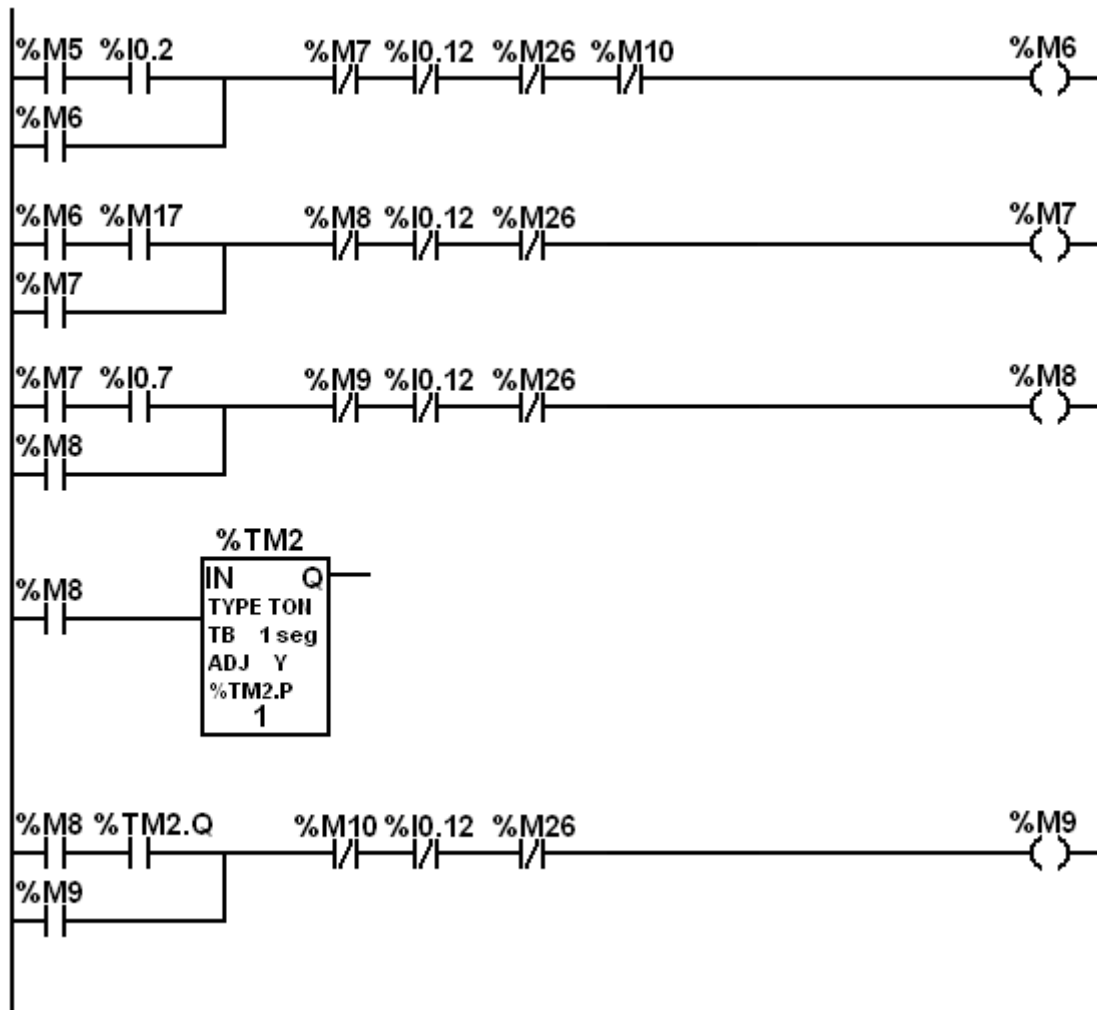


Figura 63. Detección de la bandeja y llenado de sustrato. [46]

En el caso de que no se detecte la presencia de la bandeja en el lugar de llenado, al no estar activada la bobina **%M17**, se sigue con el traslado de la bandejas. (Ver figura 64).

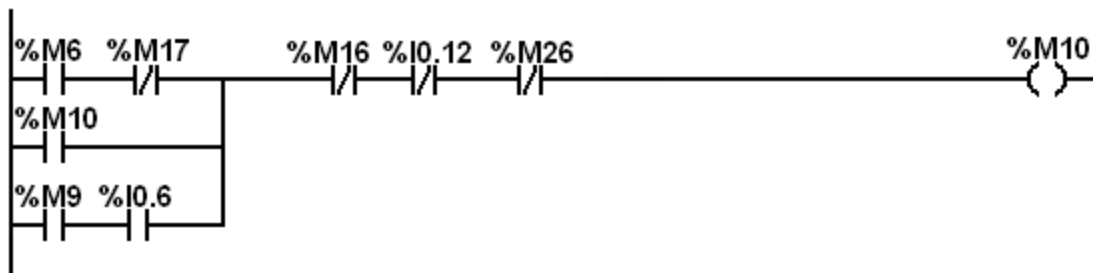


Figura 64. Salto en caso de no detectar sensor fotoeléctrico (S4). [46]

Para la secuencia de deposición de semillas, también se interrumpe momentáneamente el desplazamiento de la bandeja cada vez que se encuentren activas las bobinas auxiliares **%M11 y %M18** que representa el sensor fotoeléctrico (S8) identificado en el programa como la entrada **%I0.8**, el cual al detectar un flanco de subida activa la bobina auxiliar **%M12**, la cual desactiva las etapas anteriores, las cuales impiden el movimiento de la bandeja, además de iniciar el proceso de colocación de semillas al detectar la entrada **%I0.9**, la cual representa el sensor magnético (S9) del cilindro 3, permitiendo la activación de la bobina **%M13**, mediante la cual se extiende el vástago con su debido acople durante un tiempo, proporcionando la caída de las semilla en los alvéolos.

Terminado el tiempo del timer **%TM3**, se desactiva la bobina **%M13**, lo que ocasiona que se energicé la bobina **%M14**, la cual brindara que el vástago del cilindro 3 retorne a su posición inicial hasta presenciar el sensor magnético (S10), así lograr activar las etapas siguientes para iniciar el traslado nuevamente de las bandejas. (Ver figura 65).

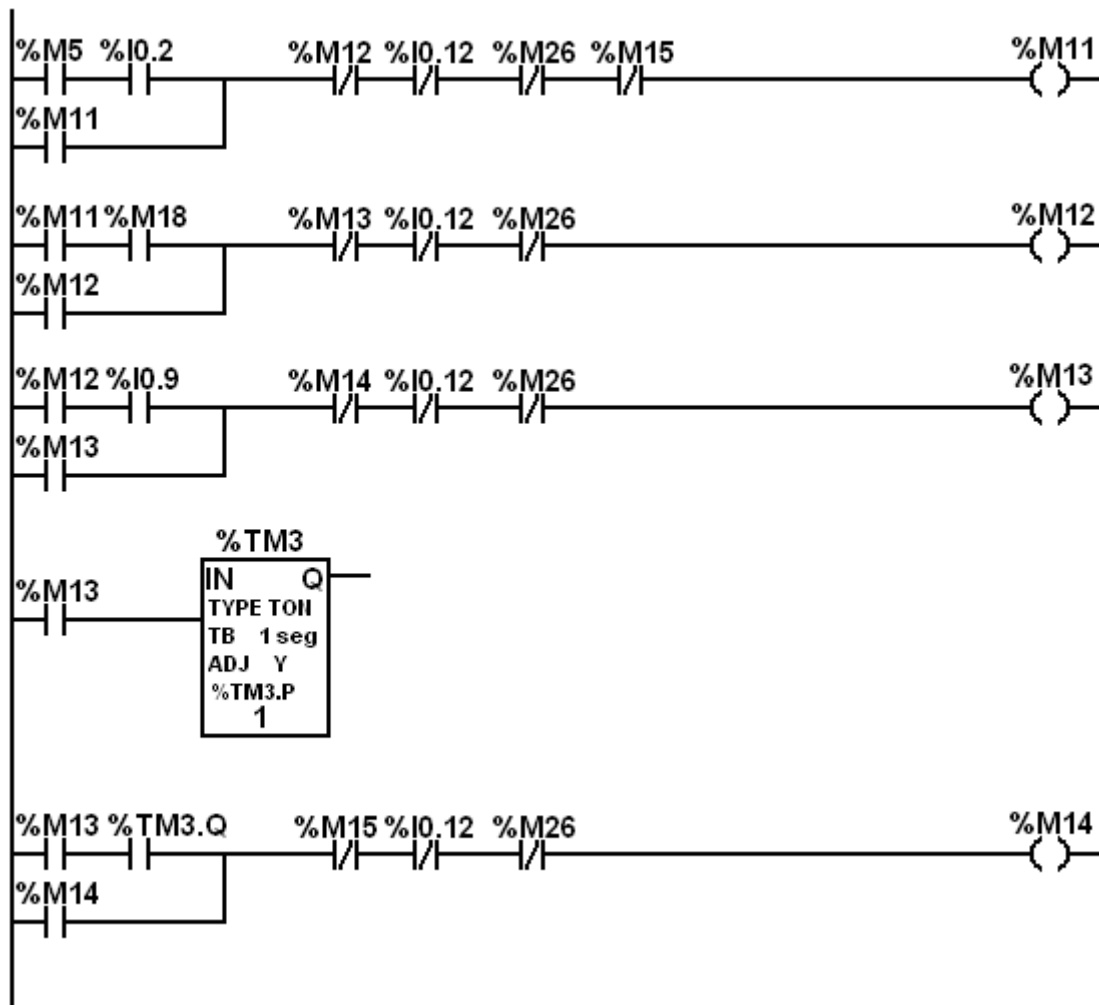


Figura 65. Detección de la bandeja y colocación de semilla. [46]

En el caso de que no se detecte la presencia de la bandeja en el lugar de la colocación de semillas, al no estar activada la bobina **%M18**, se sigue con el desplazamiento de la bandejas. (Visualizar figura 66).

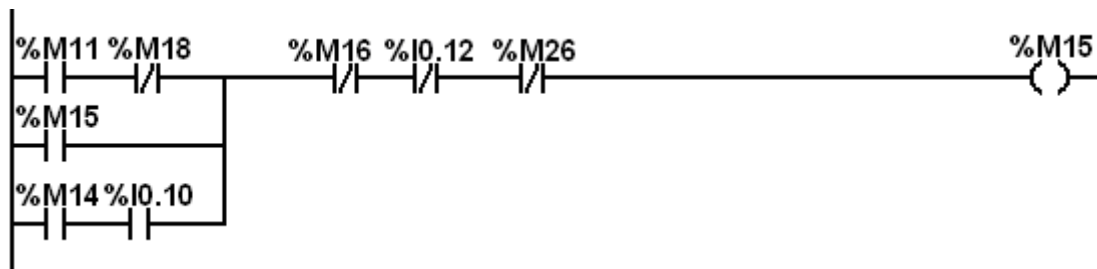


Figura 66. Salto en caso de no detectar sensor fotoeléctrico (S8). [46]

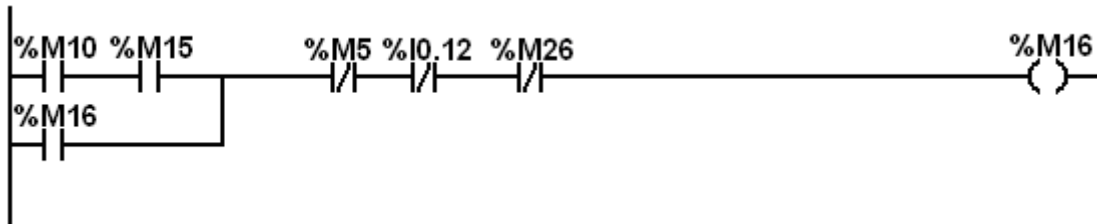


Figura 67. Reinicio del desplazamiento de las bandejas. [46]

Mediante la activación de las bobinas %M10 y %M15 se continúa con el desplazamiento de las bandejas en el proceso de la siembra de semillas de tabaco. (Ver figura 67).

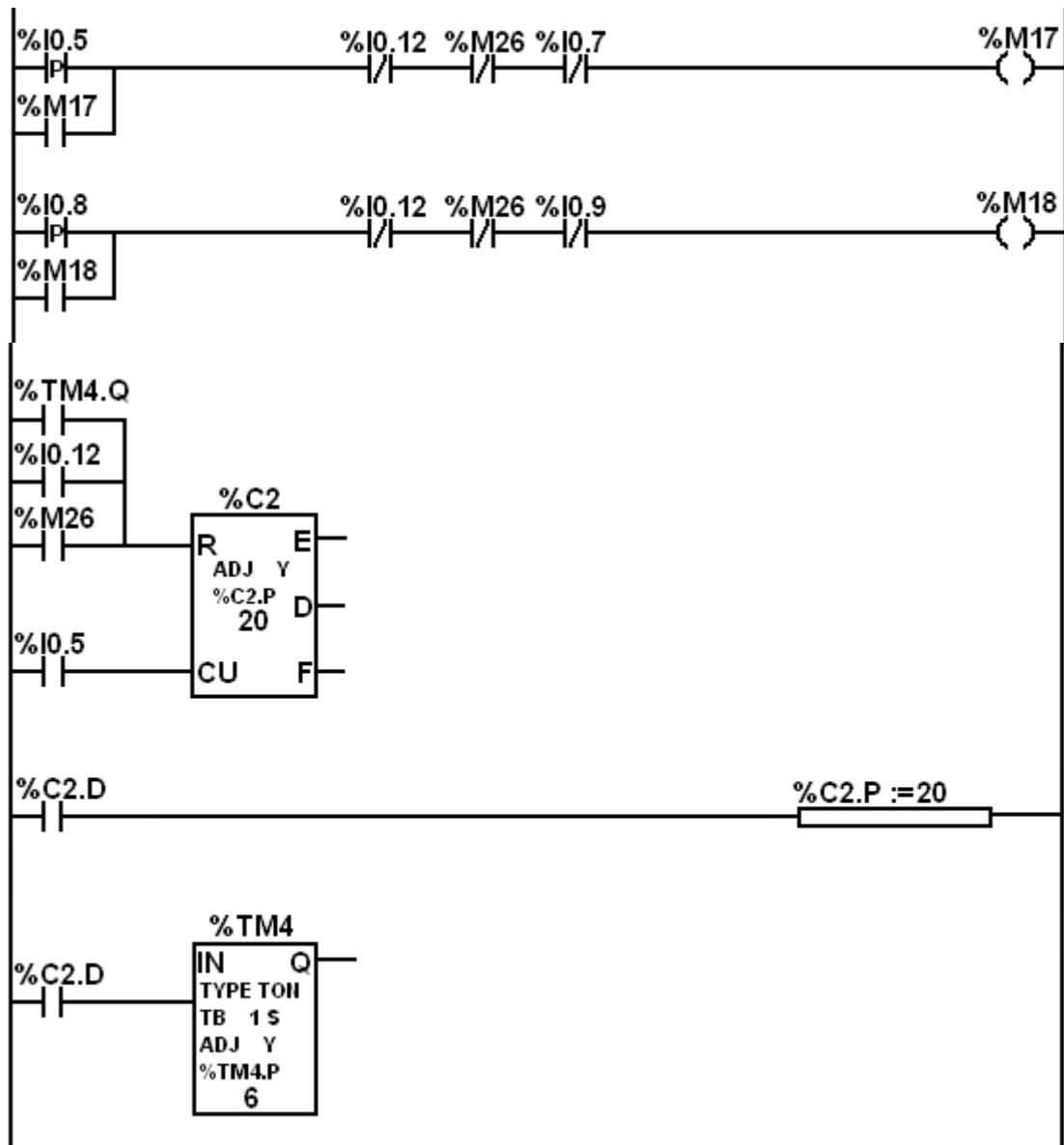


Figura 68. Contador C2. [46]

Para mantener la activación de los sensores fotoeléctricos (S4, S8) dispuestos para el llenado y deposición de semillas al detectar sus respectivos flancos de subida se energizan las bobinas auxiliares %M17 y %M18, las cuales se desactivan al presenciar la activación de los sensores magnéticos (S6, S9). Tal como se muestra en la figura 68.

Cada vez que se detecte el sensor fotoeléctrico (S4), encargado de la fase de llenado de sustrato, se genera un segundo conteo ascendente para la caída de la siguiente bandeja y continuo traslado de las bandejas.

Para el funcionamiento del motor se instalan 2 estilos de giro con el fin de evitar que se compacte el sustrato, los cuales son:

- **Motor en un solo sentido de giro continuo.**
- **Motor con sentido inversor de giro.**

Para el sentido inversor de giro, se dispone de un pulsador de INICIO en el tablero de control representado en el PLC por la entrada %I0.11, así como un contacto %M24 localizado en el terminal táctil. (Ver figura 69).

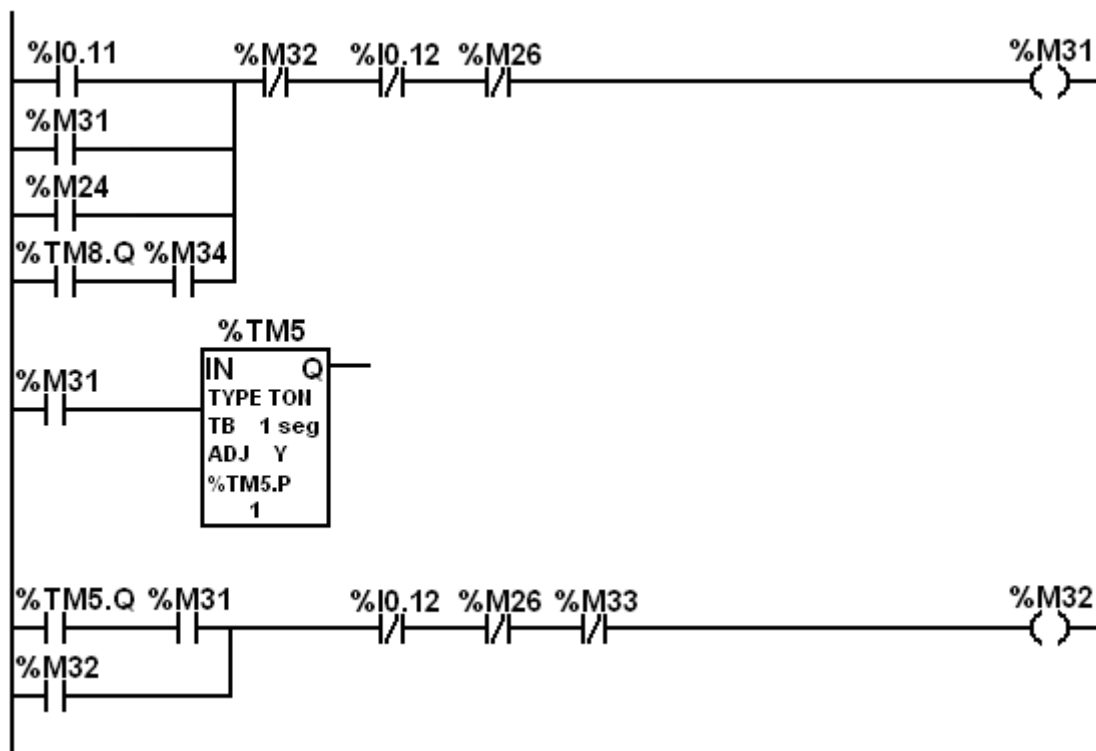


Figura 69. Sentido inversor de giro del motor. [46]

Al activarse la bobina auxiliar **%M31**, el motor comienza a girar en sentido horario durante un lapso determinado en el timer **%TM5**.

Terminado ese periodo se energiza la bobina **%M32**, la cual desenergiza el motor por una determinada duración establecida mediante el timer **%TM6**.

Acabado ese tiempo se activa la bobina auxiliar **%M33**, la cual hace girar al motor en sentido antihorario en tanto finalizó el periodo del timer **%TM7** que activa la bobina **%M34**, la cual inhabilita la **%M33** y da inicio a un tiempo de espera controlado a través del timer **%TM8** para volver a comenzar el ciclo. (Ver figura 70).

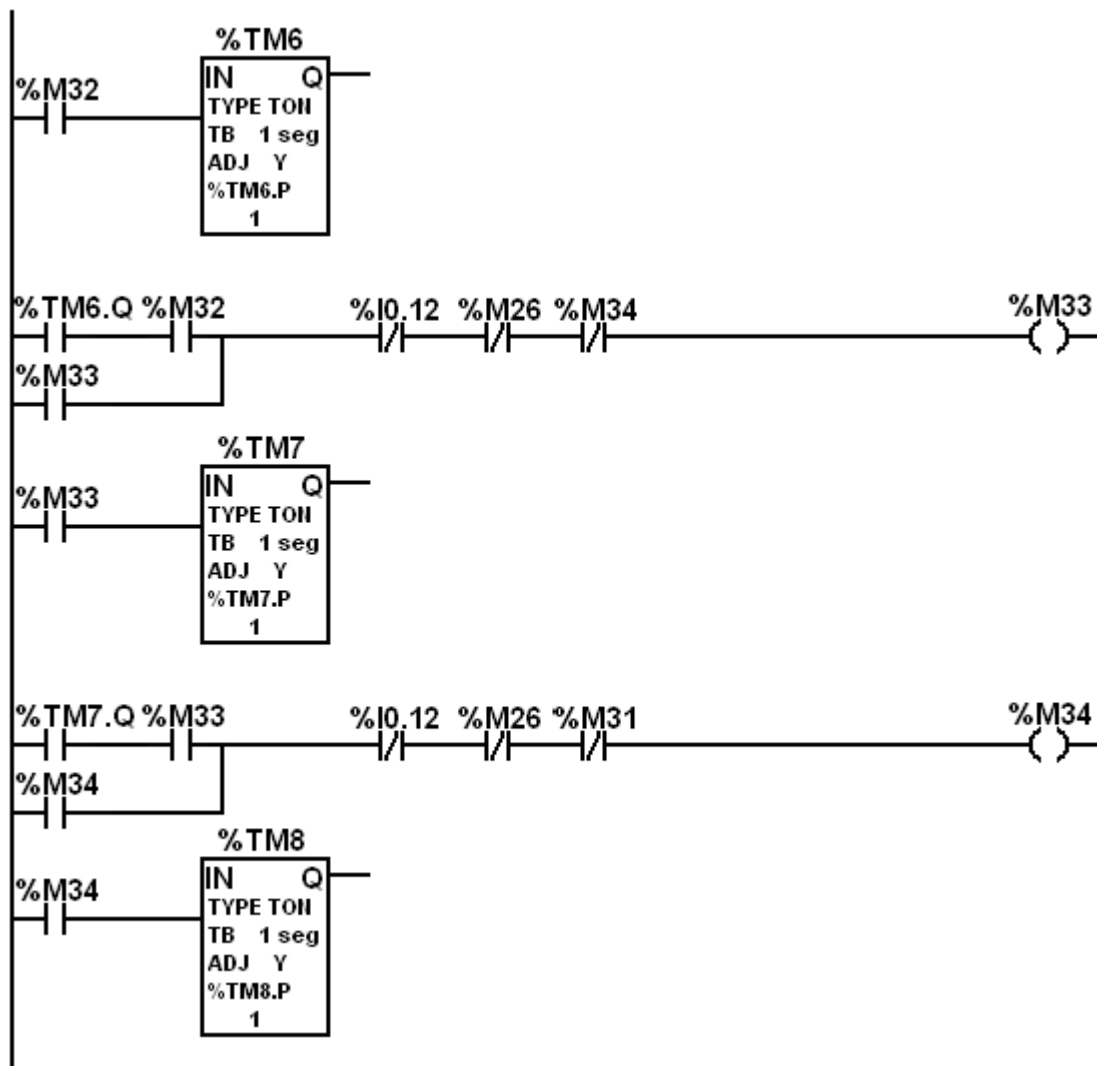


Figura 70. Ciclo del motor inversor. [46]

Mientras que al iniciarse el prototipo también empieza a girar el motor continuamente en sentido horario hasta que se selecciona el estilo de giro inversor o se detiene el proceso. (Visualizar figura 71).

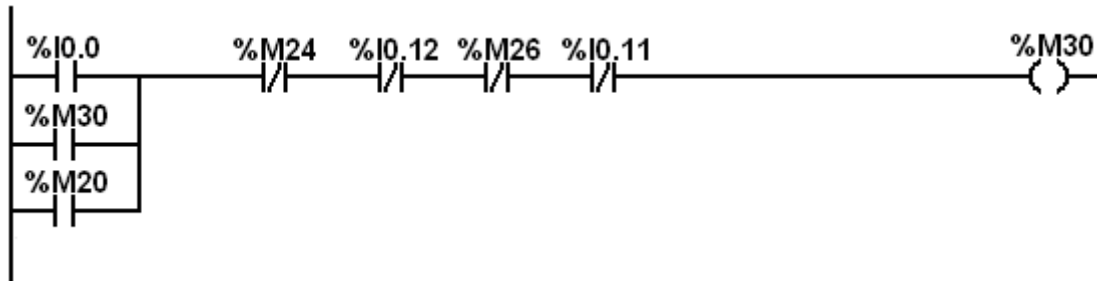


Figura 71. Motor en sentido horario. [46]

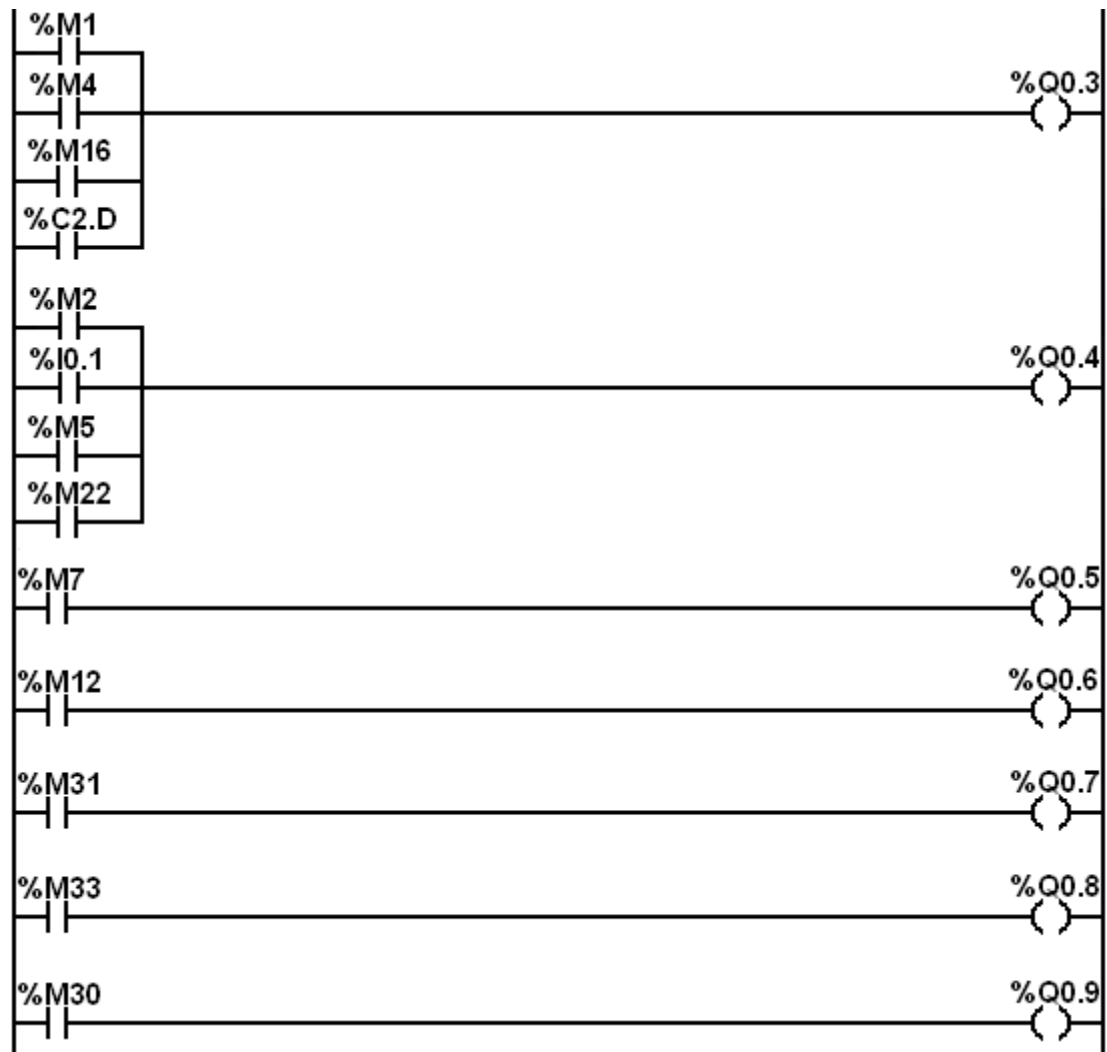


Figura 72. Control de las salidas en el PLC. [46]

Por ultimo se establecen cada una de las bobinas auxiliares que activaran a cada una de las salidas en el PLC para control del motor y electroválvulas dispuestas en el prototipo, con el fin de realizar el proceso de la siembra de semillas deseada. (Ver figura 72).

4.4.5. Software VIJEO-DESIGNER. Vijeo-Designer es una aplicación de software en la cual se crean interfaces graficas de usuario y se configuran parámetros para dispositivos conocidos como HMI (Human Machine Interface), que permiten realizar la configuración de aplicaciones de supervisión a través de la utilización de paneles de operador y visualización.

Este programa proporciona las herramientas necesarias para el diseño de un proyecto HMI, desde la adquisición de datos hasta la creación y la visualización de paneles animados.

La familia de terminales de dialogo **Magelis** va asociada al software Vijeo-Designer.

Los terminales gráficos **Magelis XBT GT** son productos táctiles y se comunican con los autómatas a través de uno o dos enlaces serie integrados con protocolos de comunicación.

Los proyectos pueden transferirse a diversas plataformas HMI y ejecutarse en ellas sin necesidad de operaciones de conversión.

Vijeo Designer utiliza dos tipos de datos:

- Los datos internos creados en la aplicación del usuario.
- Los datos suministrados por dispositivos externos, como los autómatas y módulos de E/S remotos.

Vijeo Designer está compuesto de dos aplicaciones de software:

- **Vijeo-Designer**, el software de desarrollo de pantallas.
- **Vijeo Designer Runtime**, el software de ejecución del proyecto.



Figura 73. Vijeo - Designer y Vijeo - Designer Runtime. [47]

Además proporciona un entorno de desarrollo de fácil manejo para la creación de aplicaciones de supervisión, que incluye seis ventanas de herramientas que permiten desarrollar el proyecto de forma fácil y rápida. El entorno de un proyecto se presenta de la siguiente manera (Ver figura 74):

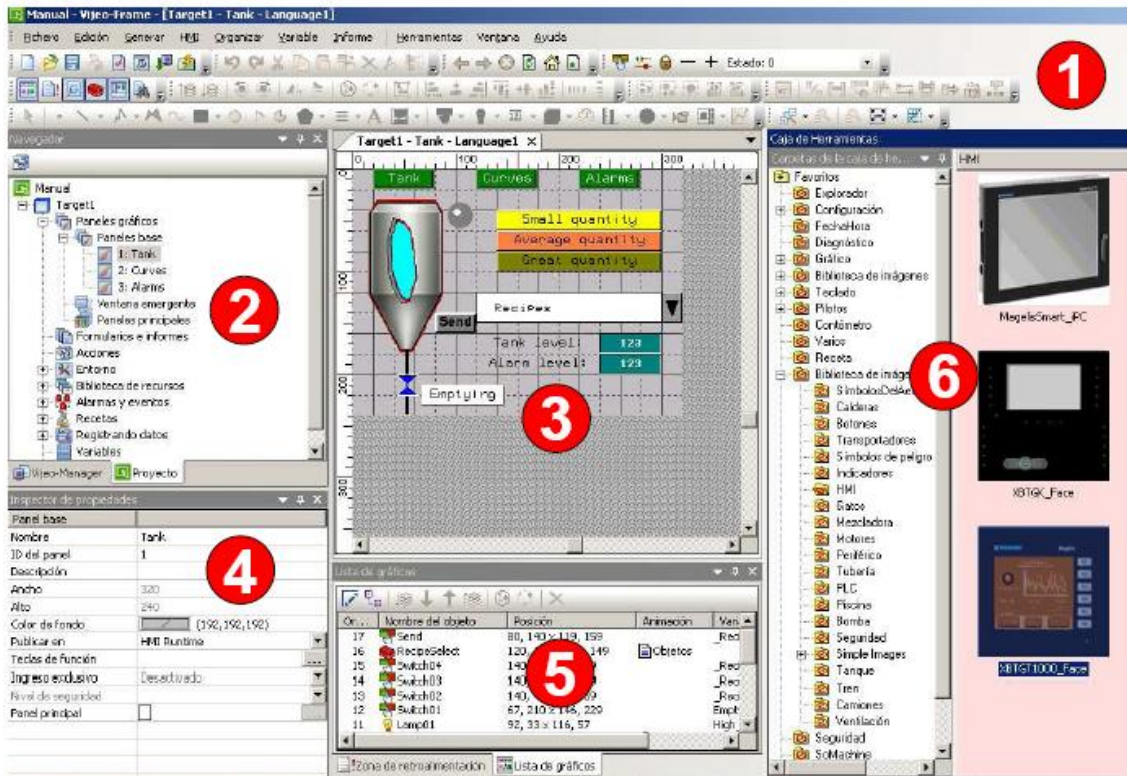


Figura 74. Entorno Vijeo-Designer. [47]

- 1. Barra de herramientas:** en esta área se encuentra el menú contextual y las barras de iconos para las distintas acciones que se pueden efectuar en el proyecto.
- 2. Navegador:** muestra la estructura del proyecto (árbol del proyecto) y permite administrarlo.
- 3. Área de trabajo:** espacio donde se crea la aplicación a través de imágenes, objetos en movimiento, símbolos animados, etc.
- 4. Inspector de propiedades:** muestra los parámetros del objeto seleccionado en el área de trabajo.
- 5. Zona de retroalimentación/lista de gráficos:** se visualizan los errores o advertencias en la compilación de la aplicación, en cambio en la lista de gráficos se muestra todos los objetos que hay en ese momento en el panel del área de trabajo.

6. **Caja de herramientas:** se encuentran los diferentes objetos e imágenes que ya hay creados y guardados en la librería, los cuales podemos incluir en nuestra aplicación.

Para iniciar **Vijeo Designer**, en el Menú de **Inicio** de Windows, seleccione la ruta '*Programas/ Schneider Electric/ Vijeo Designer/ Vijeo Designer*'.

También se puede hacer doble clic en el icono de acceso rápido a Vijeo Designer que hay en el escritorio para abrir **Vijeo Designer**.



Antes de comenzar a crear la aplicación, es imprescindible configurar el proyecto correctamente. En este, se emplearán variables internas y externas.

El asistente se abre al iniciar Vijeo-Designer por primera vez (Fig. 75). En esta surgen tres opciones que son: para crear un proyecto, abrir último proyecto y abrir proyecto existente, de las cuales se selecciona crear un proyecto.

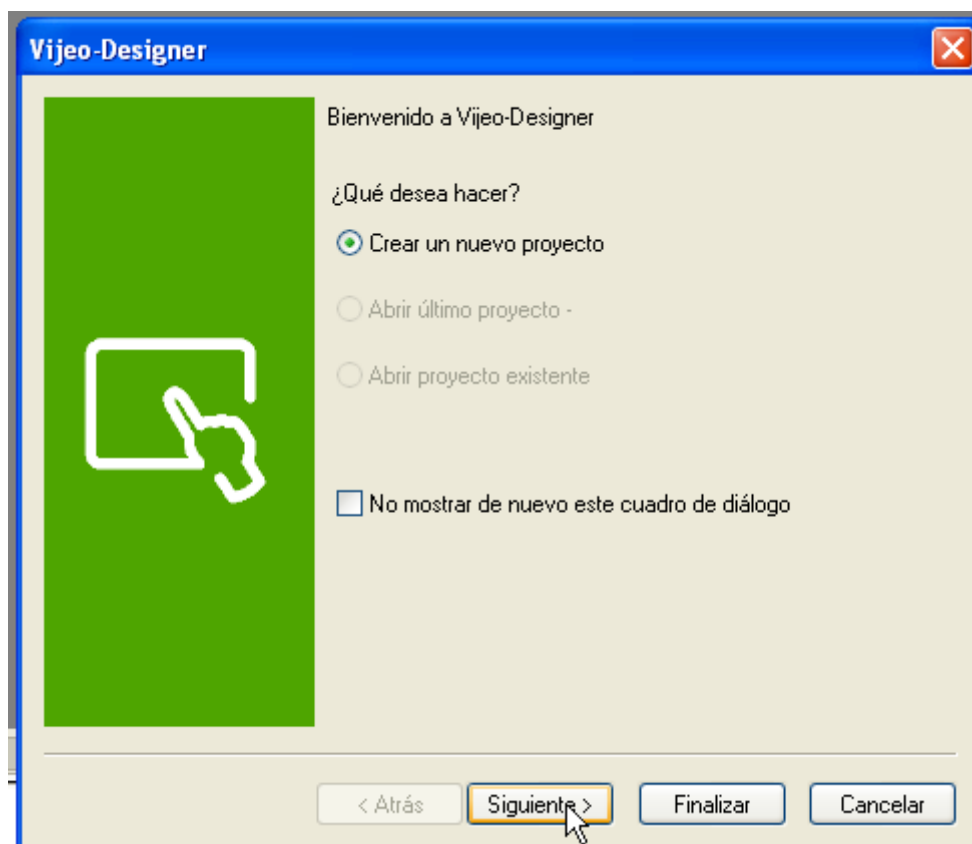


Figura 75. Ventana inicial Vijeo-Designer. [48]

A continuación se configuran los siguientes campos:

- **Nombre del proyecto:** *Escribe un nombre para el proyecto*
- **Descripción o comentario:** *Descripción del proyecto. (Opcional)*
- **Tipo:** *Selecciona el un único destino o varios destinos. Si tiene varios destinos, especifique el número.*
- **Contraseña del proyecto:** *Para seguridad en caso de que se desee o necesite, habilítelo, e ingrese una contraseña y un recordatorio de contraseña.*

Crear un nuevo proyecto

Introduzca el nombre del proyecto a crear

Nombre del proyecto sembradora

Descripción o comentario

Tipo

Proyecto con un sólo destino

Proyecto con 2 destinos

Contraseña del proyecto

Ingrese contraseña

Confirme contraseña

Recordar (opcional)

< Atrás Siguiente > Finalizar Cancelar

Figura 76. Configuración de un proyecto. [48]

En el siguiente paso se determina el terminal de destino al que será transferido el proyecto, en esta aplicación será el terminal táctil **Magelis XBT GT2330** tal como se observa en la figura 77. En la figura 78 se puede visualizar la configuración de la comunicación implementada con el HMI, la cual se realizara a través del modulo Ethernet que tiene la terminal de destino.

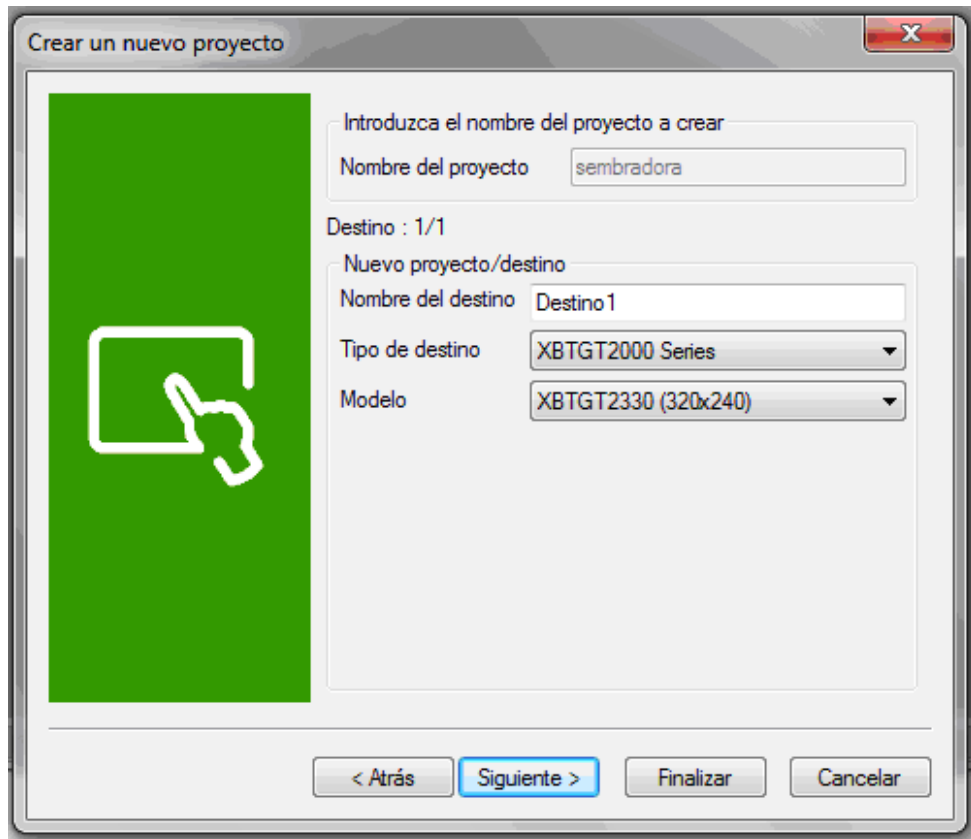


Figura 77. Selección del modelo del terminal táctil. [48]

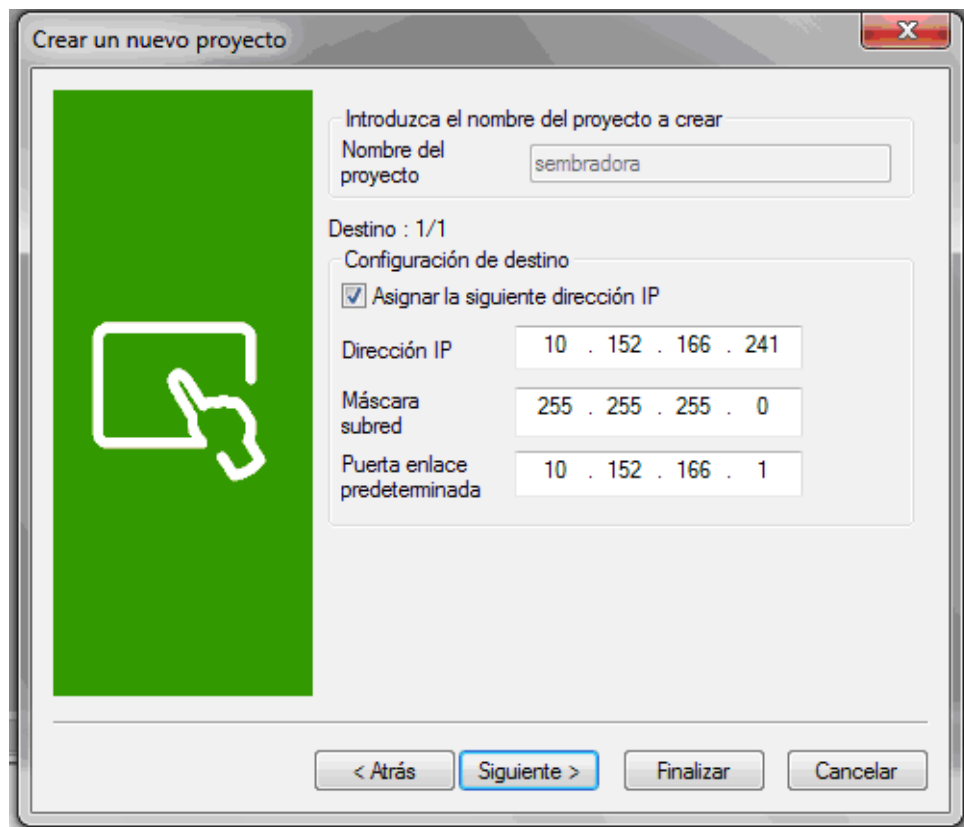


Figura 78. Configuración de la red Ethernet. [48]

Al finalizar de crear el proyecto nuevo se genera la pantalla principal como la de la figura 79, mediante la cual se inicia el diseño de la HMI que se implemento en este proyecto y este se mostrara en la pestaña proyecto.

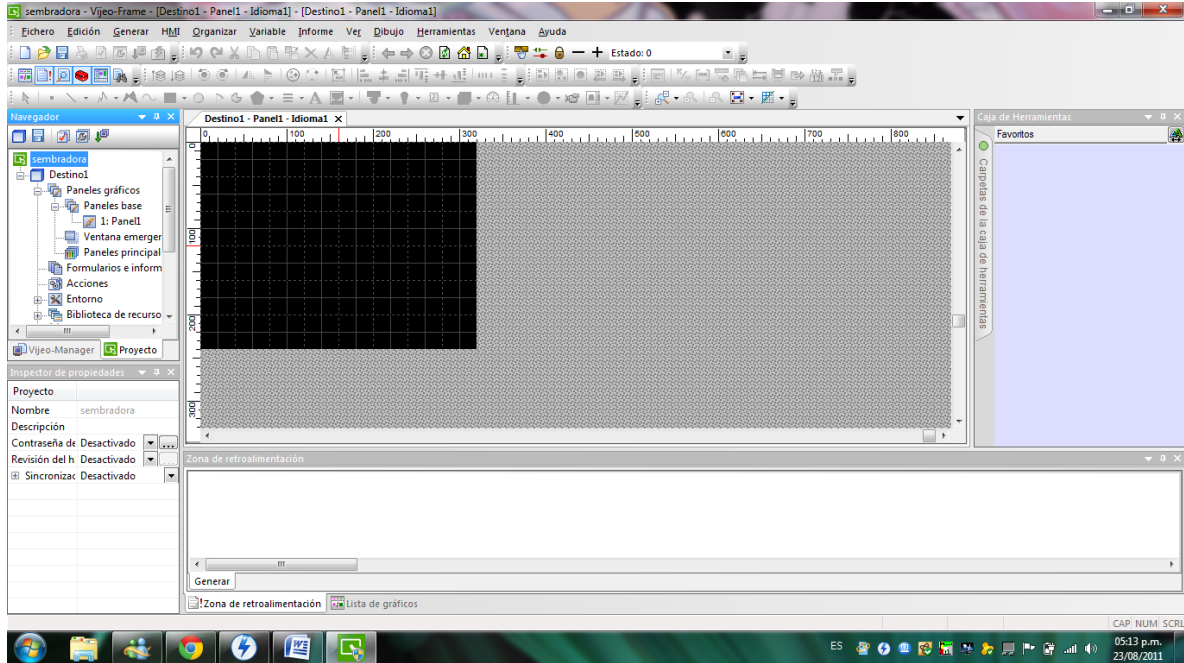


Figura 79. Pantalla principal del proyecto creado. [48]

El proyecto esta compuesto por 5 paneles de pantalla, tal como se observa en la figura 80.

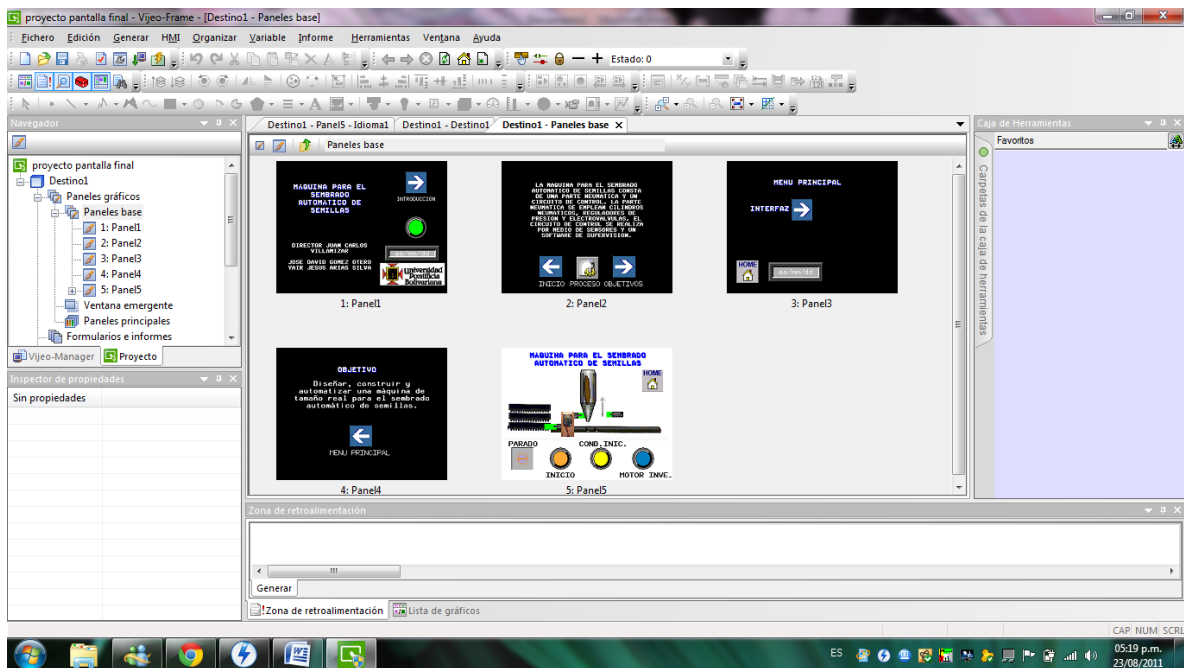


Figura 80. Paneles del proyecto “Sembradora”. [48]

Estos paneles son los siguientes:

- **Panel 1.** El panel 1 esta compuesto por los siguientes elementos:

| NUMERO | DESCRIPCION |
|--------|--|
| 1 | Titulo, director e integrantes del proyecto. |
| 2 | Botón para cambiar de pantalla. |
| 3 | Botón para configurar la HMI. |
| 4 | Escudo de la universidad. |

Tabla 19. Elementos panel 1. [49]

A continuación se muestra en la figura 81 un diagrama del panel 1.

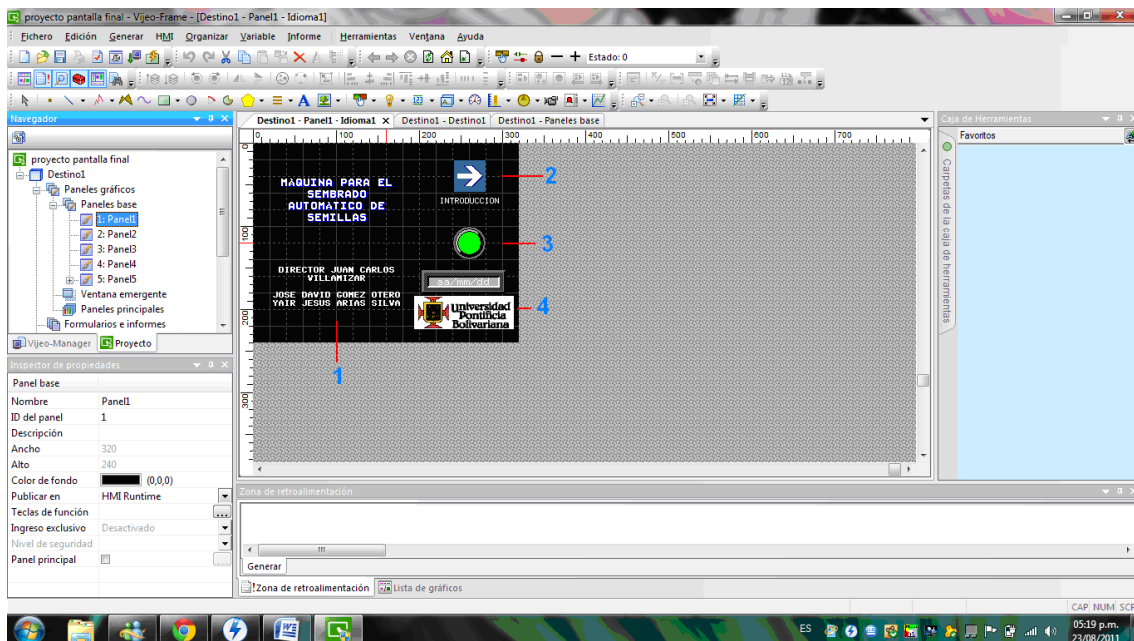


Figura 81. Diagrama del panel 1. [48]

Este panel representa la pantalla inicial, en la cual se visualiza el nombre del proyecto, creadores y director, tal como se observa en la figura 82.



Figura 82. Pantalla inicial del proyecto. [48]

Además de brindar la opción de configurar la HMI **Magelis XBT GT2330**, tal como se observa en la figura 83. También permite cambiar a la siguiente pantalla.



Figura 83. Configuración de la terminal Magelis XBT GT2330. [48]

- **Panel 2.** El panel 2 contiene los siguientes elementos:

| NUMERO | DESCRIPCIÓN |
|--------|--|
| 1 | Reseña del prototipo |
| 2 | Botón para regresar a la pantalla anterior |
| 3 | Botón para cambiar de pantalla |
| 4 | Botón para avanzar a la siguiente pantalla |

Tabla 20. Elementos panel 2. [49]

En la siguiente figura se muestra un diagrama del panel 2.

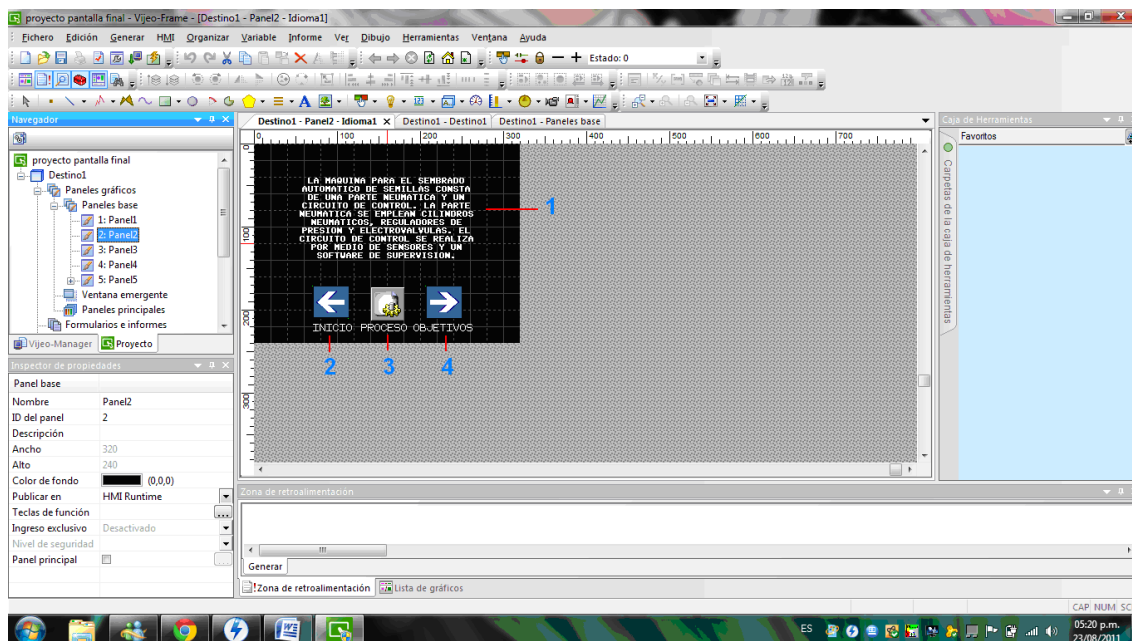


Figura 84. Diagrama del panel 2. [48]

Este panel presenta una breve introducción del proyecto, además de botones que permiten retroceder a la pantalla inicial, avanzar a la siguiente o posicionarse en la pantalla del proceso del prototipo. Tal como se observa en la figura 85.

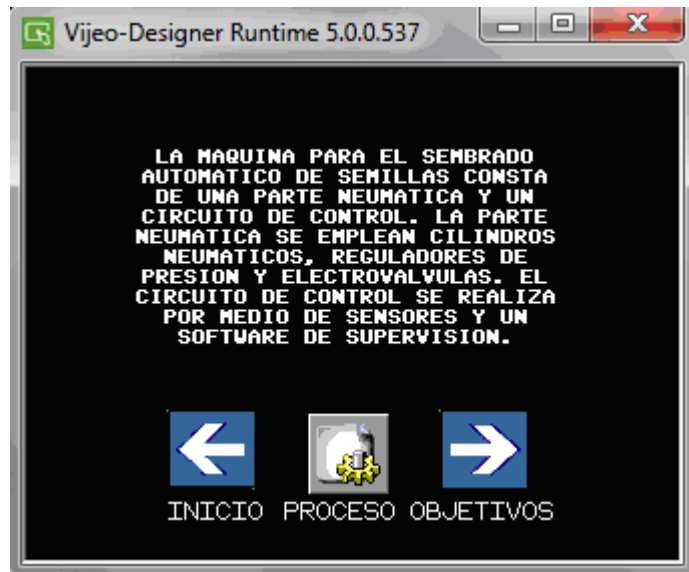


Figura 85. Reseña del prototipo. [48]

- **Panel 3.** El panel 3 esta creado con los siguientes elementos:

| NUMERO | DESCRIPCIÓN |
|--------|--|
| 1 | Titulo. |
| 2 | Botón para cambiar de pantalla. |
| 3 | Botón para volver a la pantalla inicial. |

Tabla 21. Elementos panel 3. [49]

A continuación se muestra en la figura 86 un diagrama del panel 3.

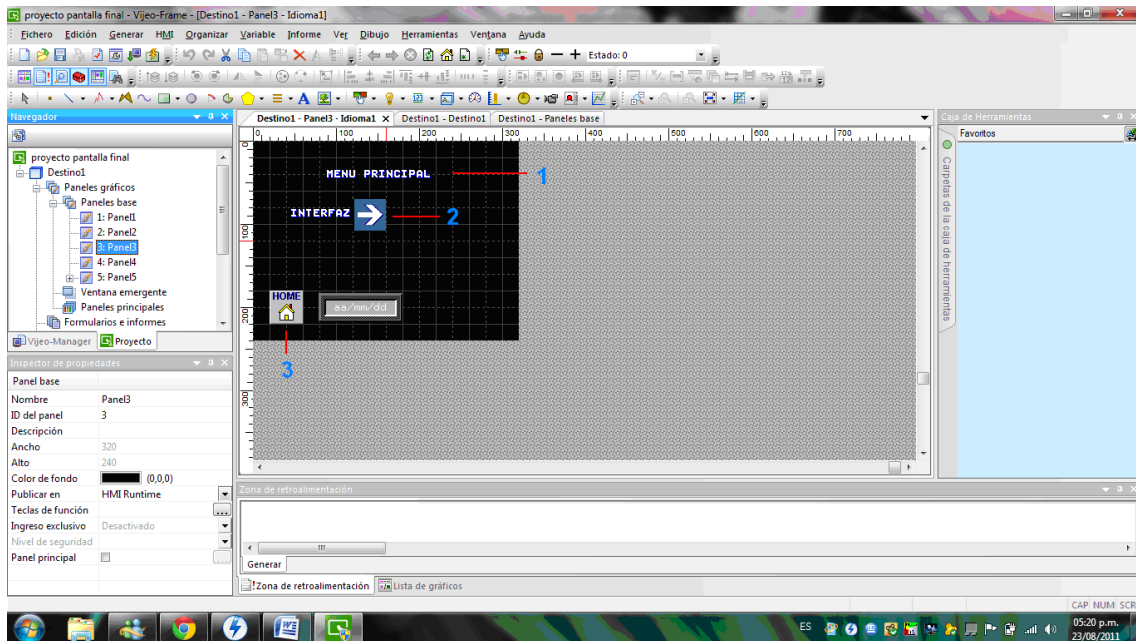


Figura 86. Diagrama del panel 3. [48]

Este panel posee un título, un botón que nos traslada a la interfaz de procesos del prototipo y un botón que nos regresa a la pantalla inicial.

- **Panel 4.** El panel 4 esta diseñado con los siguientes elementos:

| NUMERO | DESCRIPCIÓN |
|--------|---------------------------------|
| 1 | Objetivo general del proyecto. |
| 2 | Botón para cambiar de pantalla. |

Tabla 22. Elementos panel 4. [49]

En la siguiente figura se presenta el diagrama del panel 4.

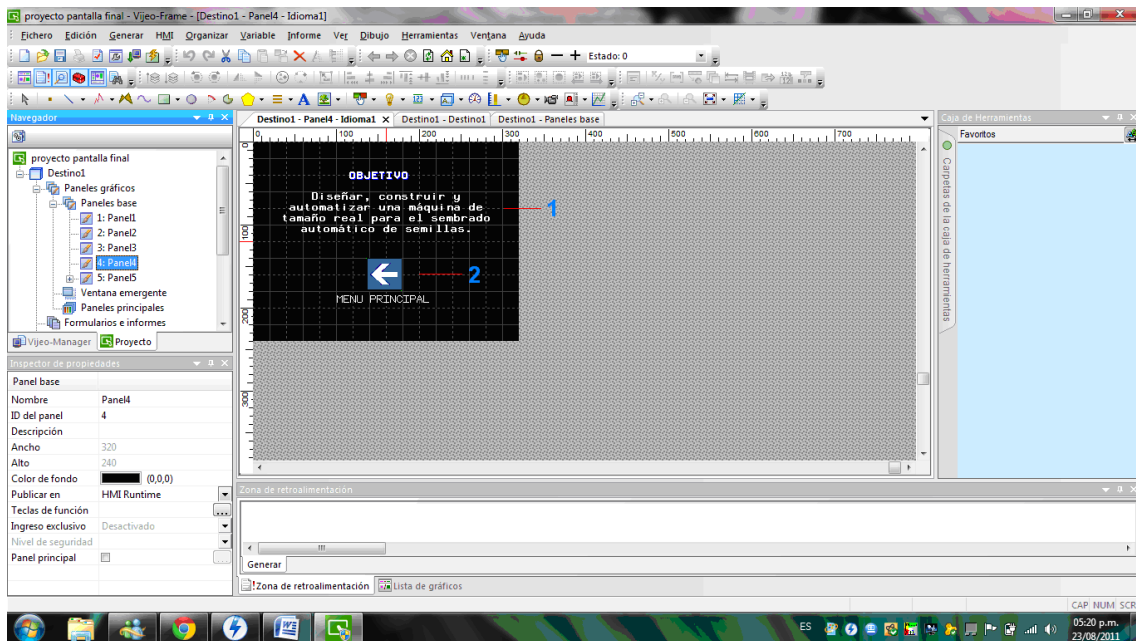


Figura 87. Diagrama del panel 4. [48]

El panel 4 contiene el objetivo general del proyecto y un botón para ir al menú principal. (Ver figura 88).

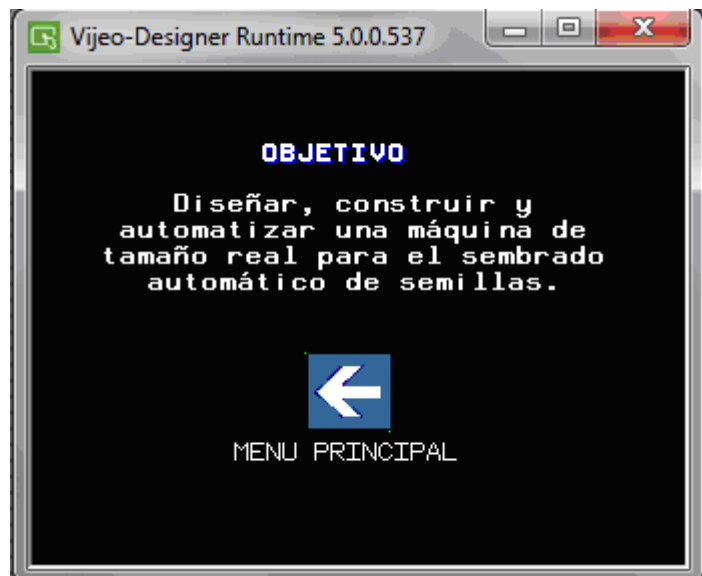


Figura 88. Objetivo general del proyecto. [48]

- **Panel 5.** el panel 5 esta conformado por los siguientes elementos:

| NUMERO | DESCRIPCIÓN |
|--------|---|
| 1 | Nombre del proyecto. |
| 2 | Deposito de la caja de herramientas de animación. |
| 3 | Cilindros neumáticos de la caja de herramientas de animación. |
| 4 | Imagen de jeringa. |
| 5 | Imagen de bandejas. |
| 6 | Imagen de motor. |
| 7 | Pulsador de inicio de proceso y simulación. |
| 8 | Pulsador de condiciones iniciales. |
| 9 | Pulsador de motor inversor. |
| 10 | Perilla de parado de emergencia. |
| 11 | Botón de retorno a la pantalla inicial. |

Tabla 23. Elementos panel 5. [49]

A continuación se muestra en la figura 89 un diagrama del panel 5.

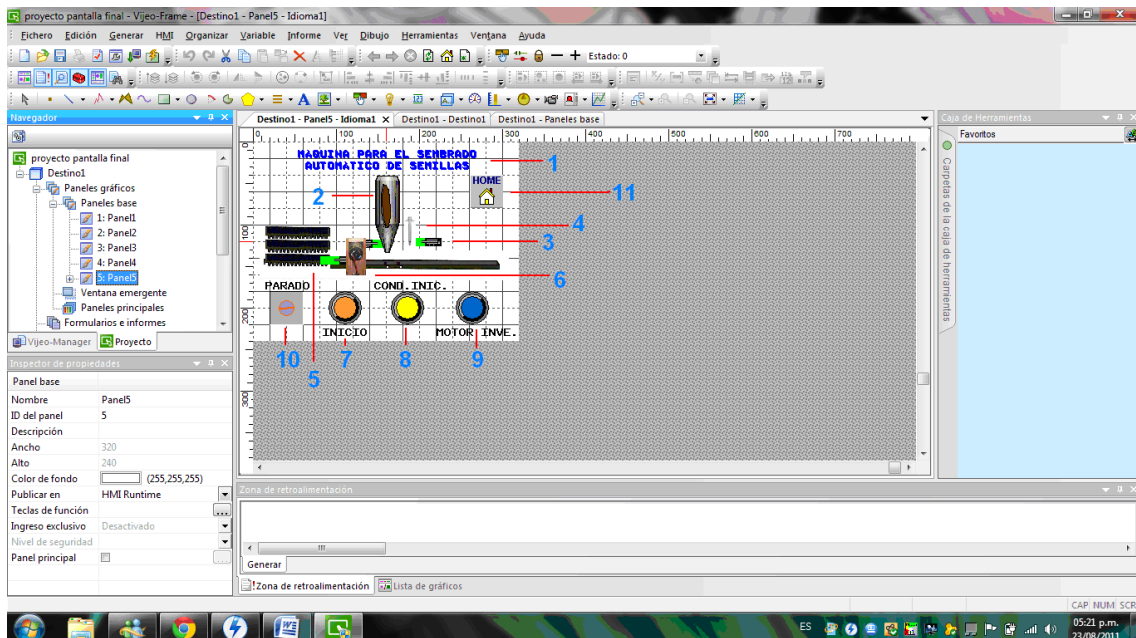


Figura 89. Diagrama del panel 5. [48]

El panel 5 es donde se ejecuta el proceso de la siembra de semillas mediante 15 variables internas y 4 variables externas que se comunican con el dispositivo modbus.

Las variables externas están representadas por los pulsadores INICIO, COND. INIC, MOTOR INVE y un selector de posición para el PARADO.

Al presionar el pulsador INICIO comienza el proceso de la siembra de semillas de tabaco, arranca el motor en un solo sentido de giro, además de visualizar en la terminal HMI la simulación en tiempo real del proceso de la siembra.

Esta simulación se logra mediante depósito, cilindros neumáticos de la caja herramientas de animación, además de imágenes de la jeringa, motor y bandejas de alvéolos animadas y controladas a través de las variables internas empleadas en el diseño.

Al oprimir el pulsador COND. INIC el cilindro 1 retorna a su posición inicial, el cual esta encargado del traslado de las bandejas de alvéolos. Utilizarse antes de iniciar el proceso de la siembra en el prototipo.

Al pulsar el pulsador MOTOR INVE se configura el motor en estado inversor, es decir, que el motor gira durante determinado tiempo en sentido horario y antihorario cíclicamente.

Para detener el proceso de la siembra en cualquier momento se selecciona el selector de posición PARADO, además de presentar un botón que retorna a la pantalla inicial del proyecto.



Figura 90. Pantalla de proceso. [48]

5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

- Antes de dar inicio al proceso pulsar el pulsador de COND. INIC.
- Se cumple con la tasa de dosificación requerida para semillas por COLTABACO, la cual es no más de 3 semillas por alvéolo.
- Se mitiga el daño a las semillas al no estar expuestas directamente.
- Aumenta la eficiencia en la siembra, debido a una mejor distribución y uso de los insumos.
- Se regula la presión de aire de cada una de las secciones de acuerdo a lo que se desea, con el fin de controlar la velocidad de desplazamiento de los cilindros neumáticos dentro del prototipo.
- El motor de corriente continua empleado con un acople en piñones, el cual controla un rodillo al interior del silo del sustrato, mediante cualquiera de sus dos maneras de giro logra evitar que se compacte el sustrato en el silo.
- El prototipo realiza la deposición de 20 semillas desnudas por ciclo en cada fila de la bandeja.
- El tiempo empleado por el prototipo para sembrar una bandeja es 2.5 minutos y realiza 20 ciclos repetitivos en el llenado del sustrato y colocación de semillas.
- El número de ciclos de trabajo varían según la cantidad de filas que tenga la bandeja de alvéolos.
- Se requiere de un operario para el funcionamiento del prototipo.
- El método de individualización de semilla por analogías dimensionales (semilla - orificio) proporciona la tasa de dosificación establecida de 1 o 2 de semillas de tabaco.
- Fuente de alimentación del motor entre 15 V y 22 V; terminal táctil y sensores 24 V.
- Se simula a través de la terminal táctil en tiempo real el proceso de la siembra.
- La cantidad mínima requerida de semillas en cada uno de los depósitos es de 4 ml para efectuar la siembra en una bandeja.
- La cantidad mínima requerida de sustrato en el silo es de 700 gramos para llenar los 200 alvéolos de una bandeja.

RECOMENDACIONES

Antes de iniciar el proceso de la siembra verificar el estado de los distintos elementos instalados y revisar las conexiones eléctricas entre los diferentes dispositivos de la máquina para el sembrado automático de semillas esté acorde con el diagrama de conexiones al PLC, las cuales deben establecerse y desconectarse sólo cuando la tensión principal esté cortada, de presentarse anomalías avisar a la persona encargada.

Conectar el suministro de aire comprimido y regular gradualmente la presión de operación deseada en cada uno de los cilindros neumáticos del proceso mediante las válvulas reguladoras de caudal implementadas en la máquina.

Verificar que funcionen las entradas y salidas mediante la observación en el Software de programación TwidoSuite y PLC Twido.

Pasar los cilindros neumáticos a la posición de inicio de acuerdo con el ciclo de operación establecido.

No desconectar conductos de aire que estén bajo presión y no intervenir manualmente a no ser que la máquina se halle parada.

Realizar una limpieza minuciosa y adecuada de la máquina después de cada uso para evitar la presencia de polvo, sustrato y partículas extrañas que pueden afectar todos los componentes.

Conectar y verificar que el suministro de voltaje para cada uno de los elementos sea el requerido.

Para la realización de trabajos de mantenimiento en la máquina se deberá desconectar la alimentación eléctrica y neumática con el fin de evitar inconvenientes al estudiante y al equipo.

En futuras fases del proyecto que conciernen a ajustes de los parámetros óptimos del proceso, se requiere de una investigación donde se evalúe el mejoramiento de la estructura de la máquina, un sistema que retorne el sustrato excesivo al depósito, un método para la descarga de bandejas y demás aplicaciones que se deseen automatizar e implementar al proceso de la siembra de semillas.

CONCLUSIONES

Para lograr la construcción de un prototipo de un equipo especializado para el sembrado automático de semillas en bandejas, en tamaño real, fue necesario realizar diferentes acciones de manera secuencial que contribuyeron con el desarrollo de dos fases importantes en el proceso de la siembra de semillas en bandejas, tales como el llenado de los recipientes con sustrato y colocación de la semilla de tabaco.

Inicialmente, se recopiló un marco teórico acerca del proceso de siembra y máquinas existentes en el mercado, lo que permitió identificar y emular algunos procedimientos determinantes en el proceso.

Se seleccionó la instrumentación y software necesarios para el monitoreo y control del proceso de siembra de semillas de tabaco.

A continuación se elaboró la programación en TwidoSuite, la cual se encarga de controlar el proceso y en último lugar se implementó la interfaz gráfica de usuario del terminal Magelis XBT GT 2330, con la cual el operario tendrá contacto directo para modificar aspectos del proceso y controlar el prototipo mediante el uso de botones dispuestos en la pantalla en tiempo real.

En el prototipo se limitó la intervención del operario a tareas de supervisión para el monitoreo y control del sembrado de semillas, así como el suministro de los insumos (bandejas, sustrato y semillas).

La máquina para el sembrado automático de semillas puede ser utilizada para siembra de aromáticas, hortalizas, florales y tabaco, debido a su manera rápida, homogénea y precisa en la dosificación del sustrato y semilla.

BIBLIOGRAFÍA

[1] CÓRDOBA N, Ernesto. Manufactura y Automatización. REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACION, VOL.26 No.6, Diciembre de 2006. 120-128p [Consulta: 2011-02-02]

[2] OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN. [Pagina de Internet]
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatización/Automatizacion.htm#> Objetivos de la automatización [Consulta: 2011-02-10]

[3] PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN. [Pagina de Internet]
http://www.uhu.es/antonio.barragan/files/archivos_usuarios/AAI/piramide.gif [Consulta: 2011-02-02] / SENSORES, [Pagina de Internet]
<http://sensoresquimica.blogspot.com/> [Consulta 2011-02-10]

[4] SENSORES DE PROXIMIDAD, [Pagina de Internet]
<http://sensoresdeproximidad.galeon.com/> [Consulta 2011-02-10] / SENSOR MAGNÉTICO, [Pagina de Internet]
http://www.eisefac.com/Documentos/Camozzi/Cam_01/18.pdf [Consulta 2011-02-10]

[5] SENSORES OPTICOS, [Pagina de Internet]
<http://www.bitmakers.com/Sensores/Sensores-Opticos-Digitales.html> [Consulta 2011-02-20]

[6] TIPOS DE SEMILLEROS, [Paginas de Internet]
<http://es.wikipedia.org/wiki/Semillero>
http://www.walcoagro.com/exposiciones/tecnica_semilleros_hidro.htm [Consulta 2011-02-8]

[7] CILINDROS NEUMÁTICOS, [Pagina de Internet]
<http://industriasociadas.com/Airtac/Cilindros.htm>,
<http://automatastr.galeon.com/a-actuador.htm> [Consulta 2011-03-10] / Juan Carlos Villamizar Rincón. Control de procesos industriales, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga. 2004.

[8] ELECTROVÁLVULA, [Página de Internet]
<http://www.industriasociadas.com/Airtac/Pdf/98-105.pdf> [Consulta 2011-03-10] / Juan Carlos Villamizar Rincón. Control de procesos industriales, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga. 2004.

- [9] VÁLVULAS NEUMÁTICAS, [Pagina de Internet]
<http://www.industriasasociadas.com/Airtac/Pdf/180.pdf> [Consulta 2011-03-10]
- [10] UNIVERSIDAD DE CARABOBO VENEZUELA. Fundamentos de los PLC`s. [Página de Internet]
http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_l/contenido_menu/Unidad_IV/pag_ppal.htm [Consulta: 2011-04-21]
- [11] CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC). Manual de formación TwidoSuite. Schneider Electric. Versión 2.1, 23 de julio del 2003.
- [12] CLASIFICACIÓN DE LOS PLC. [Pagina de Internet]
<http://www.mitecnologico.com/iem/Main/TiposDePLC> [Consulta: 2011-04-21] /
 Jhon W. Webb y Ronald A. Reis. Programable Logic Control. Tercera edición, Prentice Hall, ISBN 0-02-424980-7, U.S.A. 1992.
- [13] VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS PLC. [Pagina de Internet]
http://books.google.com.co/books?id=o7yP4sPRCyEC&pg=PA107&dq=definicion+de+plc&hl=es&ei=9S9kTZGHDMGBIAfauZD1Cw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCkQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false [Consulta: 2011-04-21]
- [14] LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN. [Pagina de Internet]
<http://www.mailxmail.com/curso-controladores-logicos-programables/programacionplc-1> [Consulta: 2011-02-16]
- [15] MAGELIS XBT GT. [Pagina de Internet] http://www.schneiderelectric.com.co/sites/colombia/es/productos-servicios/automatizacion-control/oferta-deproductos/presentacion-derango.page?c_filepath=/templatedata/Offer_Presentation/3_Range_Datasheet/data/es/local/automation_and_control/magelis_xbt_gt.xml# [Consulta: 2011-03-17]
- [16] TERMINALES TÁCTILES FAMILIA MAGELIS. Manual de formación Vijeo-Designer. Schneider Electric. Versión 1.2, 27 de octubre del 2010.
- [17] PROFIBUS. [Pagina de Internet]
<http://www.etitudela.com/profesores/mpm/profibusomron/downloads/profibus1.pdf> [Consulta: 2011-03-08]
- [18] PROFIBUS. [Página de Internet] <http://www.ethernetindustrial.es/>
 [Consulta: 2011-03-08]
- [19] SEMBRADORA MANUAL Y SEMIAUTOMÁTICA. [Pagina de Internet]
<http://impocanedo.over-blog.es/article-35787155.html> [Consulta: 2011-04-08]

- [20] SEMBRADORA TAMBOR. [Página de Internet]
http://www.hamilton-design.co.uk/leaflets/drumseeder_spanish.pdf [Consulta: 2011-04-08]
- [21] SEMBRADORA A INYECCIÓN GRANETTE. [Página de Internet]
<http://www.horticom.com/pd/imagenes/59/529/59529.html> [Consulta: 2011-04-08]
- [22] COMPRESOR. Especificaciones e imagen de la universidad pontificia bolivariana, Bucaramanga.
- [23] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Racores y mangueras en el prototipo. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [24] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. MÁQUINA PARA EL SEMBRADO AUTOMÁTICO DE SEMILLAS. Trabajo de Grado (Ingeniero Electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Facultad de Ingeniería Electrónica. Agosto 20 de 2011.
- [25] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Pieza de desplazamiento de las bandejas. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [26] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Motor DC. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [27] SENSOR MAGNÉTICO. [Página de Internet]
<http://www.industriasociadas.com/Airtac/Pdf/44.pdf> [Consulta: 2010-10-08]
- [28] SENSOR FOTOELÉCTRICO RÉFLEX TIPO BARRERA. [Página de Internet]
<http://www.conch.com.tw/index.php?option=product&lang=en&task=showinfo&id=16258> [Consulta: 2010-10-08]
- [29] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Inventario de señales de control del proceso. Bucaramanga, Mayo 24 de 2011.
- [30] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. COMPONENTES DE LA MÁQUINA PARA EL SEMBRADO AUTOMÁTICO DE SEMILLAS. Trabajo de Grado (Ingeniero Electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Facultad de Ingeniería Electrónica.
- [31] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Elementos para el desplazamiento de bandejas. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [32] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Silo del sustrato con motor. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.

- [33] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Acople para el llenado. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [34] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Elementos para el llenado de las bandejas. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [35] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Deposito de las semillas de tabaco. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [36] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Acople para la colocación de las semillas. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [37] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Elementos para la deposición de las semillas en las bandejas. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [38] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Interruptor TemBreak XS50CS. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [39] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Tacos termomagnéticos. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [40] RODRIGUEZ PENNIN, Aquilino. Sistemas SCADA: Sistemas de Visualización Industrial. Barcelona: Marcombo, 2006. 476p.
- [41] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. PLC TWIDO TWDLCAE40DRF. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [42] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Modelo del controlador. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [43] Controlador Lógico Programable TWIDO TWDLCAE40DRF. [Página de Internet]
<http://www.elmatik.ee/info/kasutusjuhendid/TWIDO%20Hardware%20Reference%20Guide%20V2.5.pdf> [Consulta: 2011-03-08]
- [44] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Especificaciones del cableado. Bucaramanga, Mayo 2 de 2011.
- [45] INTERFAZ DEL CONTROLADOR. Software Vijeo-Designer. Schneider Electric. Bucaramanga, Agosto 15 de 2011.
- [46] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Programa del Software TwidoSuite aplicado al prototipo e imágenes del manual de formación. Bucaramanga, Agosto 15 de 2011.

[47] ENTORNO VIJEO-DESIGNER Y VIJEO-DESIGNER RUNTIME. Manual de formación Vijeo-Designer. Schneider Electric. Versión 1.2, 27 de octubre del 2010.

[48] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Capturas de pantalla del Software Vijeo-Designer. Bucaramanga, Agosto 15 de 2011.

[49] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Elementos de los paneles diseñados en el Software Vijeo-Designer. Bucaramanga, Agosto 15 de 2011.

[50] ARIAS S., Yair Jesús y GÓMEZ O., José David. Diagramas de estado del proceso y control del motor en Grafcet. Bucaramanga, Agosto 15 de 2011.

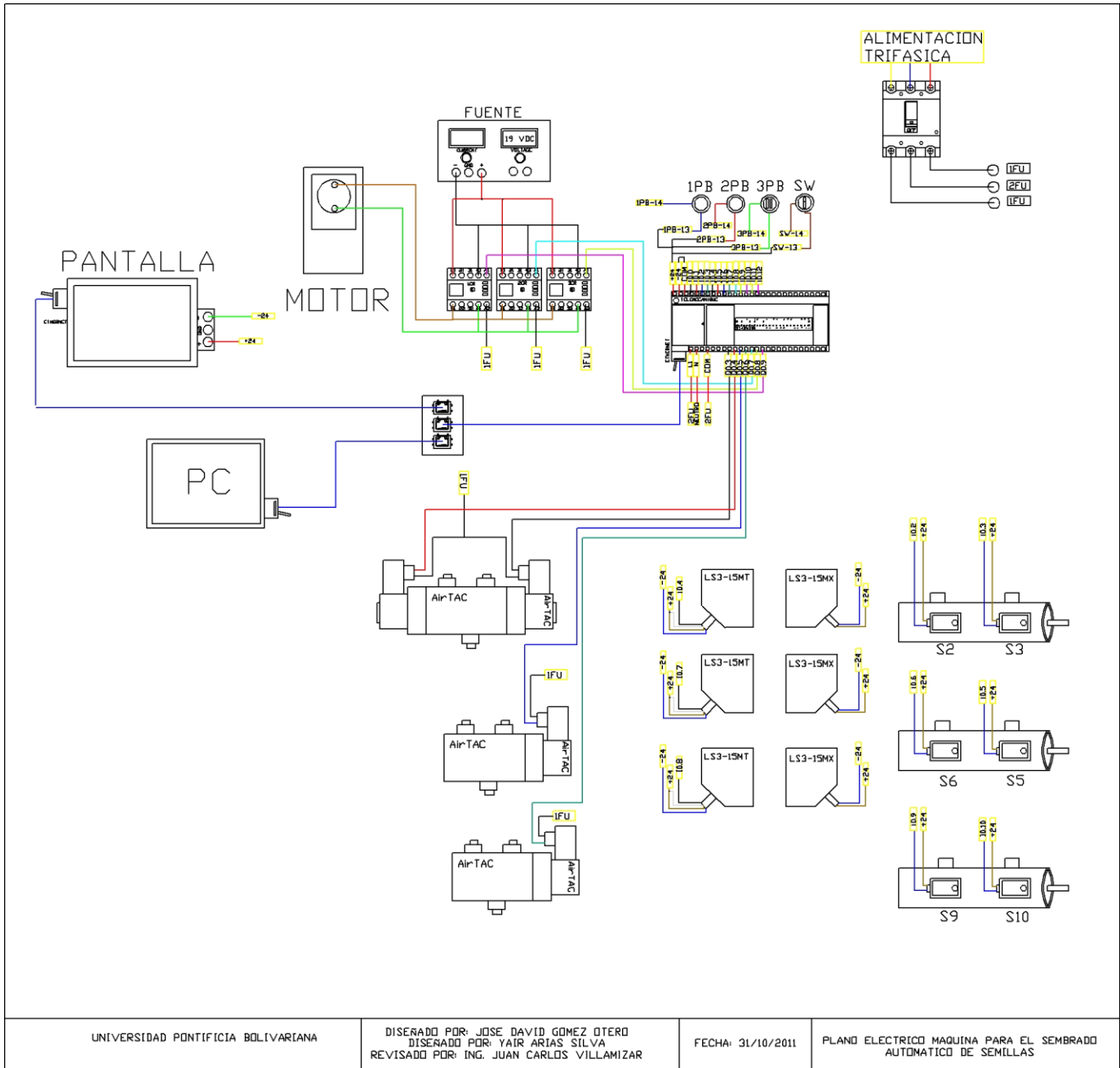
[51] REQUISITOS PARA LA SIEMBRA EN SEMILLEROS. [Página de Internet] <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/932/93215306.pdf> [Consulta: 2011-04-08]

ANEXOS

Anexo A. Presupuesto General del Proyecto

| GASTOS GENERALES DEL PROYECTO | | | | |
|---|-----------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| RECURSOS | CANTIDAD | PROVEEDOR | COSTO INDIVIDUAL APROXIMADO | COSTO GENERAL APROXIMADO |
| Compresor | 1 | UPB (Evans) | 500000 | \$ 500000 |
| Sensor magnético | 6 | UPB (Airtac) | 42340 | \$ 254040 |
| Sensor fotoeléctrico réflex | 3 | UPB (Conch) | 182932 | \$ 548796 |
| PLC Telemecanique | 1 | UPB (Schneider Electric) | 1700000 | \$ 1700000 |
| Cilindros neumáticos | 3 | UPB (Airtac) | 139200 | \$ 417600 |
| Electroválvulas | 3 | UPB (Airtac) | 208800 | \$ 626400 |
| Reguladores de presión | 3 | UPB (Airtac) | 20880 | \$ 62640 |
| Madera | | ARDISA | 120000 | \$ 120000 |
| Aluminio | | ARDISA | 70000 | \$ 70000 |
| Silos de acrílico | 2 | ACRIL-TEC | 80000 | \$ 80000 |
| Semilla | 2(kilogramo) | PROTABACO | 5750 | \$ 11500 |
| Sustrato (Tolva) | 2(kilogramo) | PROTABACO | 5750 | \$ 11500 |
| Bandeja | 3 | | 5000 | \$ 15000 |
| Software Twido | 1 | UPB (Schneider Electric) | 1331500 | \$ 1331500 |
| Pantalla Táctil | 1 | UPB (Schneider Electric) | 2672000 | \$ 2672000 |
| Software Vijeo Designer, terminales XBT GT, licencia para 1 PC | 1 | UPB (Schneider Electric) | 1371426 | \$1371426 |
| TOTAL | | | | \$ 9792402 |

Anexo B. Plano eléctrico máquina para el sembrado automático de semillas



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

DISEÑADO POR: JOSE DAVID GOMEZ OTERO
 DISEÑADO POR: YAIR ARIAS SILVA
 REVISADO POR: ING. JUAN CARLOS VILLAMIZAR

FECHA: 31/10/2011

PLANO ELECTRICO MAQUINA PARA EL SEMBRADO AUTOMATICO DE SEMILLAS