

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE 5 PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA
ASIGNATURA DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS POR MEDIO DEL
SISTEMA SIMULACIÓN DE FÁBRICA DE FISCHERTECHNIK**

**CAMILA ANDREA DÍAZ SERRANO
JHON ALEXANDER GÓMEZ QUINTANILLA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2017**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE 5 PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA
ASIGNATURA DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS POR MEDIO DEL
SISTEMA SIMULACIÓN DE FÁBRICA DE FISCHERTECHNIK**

**CAMILA ANDREA DÍAZ SERRANO
JHON ALEXANDER GÓMEZ QUINTANILLA**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Electrónico**

**DIRECTOR
JOSÉ ALEJANDRO AMAYA PALACIO
MSc en Potencia Electrica**

**CO-DIRECTOR:
JUAN DAVID BASTIDAS RODRIGUEZ
PhD. en ingeniería con énfasis en ingeniería eléctrica y electrónica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2017**

DEDICATORIA

A Dios, A mi madre Leonor Serrano Prada, A mi Padre Luis Francisco Díaz, a mis hermanas Lizeth Díaz y Nathalia Díaz, y a mi sobrina Salomé Londoño, por ser siempre mi fortaleza y mi motivación.

Camila Andrea Díaz Serrano

A mi padre Luis Humberto Gómez Garzón y mi madre Orfenia Quintanilla Díaz, por ser el pilar más importante que he tenido, por ayudarme en el proceso de cumplir mis metas y por su apoyo incondicional.

A mi familia que siempre estuvieron motivándome y me ayudaron en momentos difíciles.

Jhon Alexander Gómez Quintanilla

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme en mi camino.

A mi Familia por siempre estar a mi lado incondicionalmente.

A mis amigos por acompañarme en esta etapa de mi vida.

A los profesores Jose Alejandro Amaya y Juan David Bastidas por brindarnos ayuda en el desarrollo de este proyecto.

Y a todas las personas que de una u otra forma aportaron a mi crecimiento personal y profesional.

Camila Andrea Díaz Serrano

A los profesores José Alejandro Amaya y Juan David Bastidas, por los conocimientos, los materiales y el apoyo brindado durante el desarrollo de este proyecto.

A los compañeros que contribuyeron de manera directa e indirecta en este proyecto.

Jhon Alexander Gómez Quintanilla

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	18
1.1. ELEMENTOS DE DIALOGO HUMANO-MAQUINA	19
1.2. ACCIONADORES	23
1.2.1. Accionadores eléctricos.	23
1.2.2. Accionadores neumáticos.	28
1.3. SENSORES	32
2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA	38
2.1. ALMACÉN ELEVADO AUTOMATIZADO	38
2.2. MANIPULADOR DE ASPIRACIÓN AL VACÍO	42
2.3. MULTIESTACIÓN DE PROCESAMIENTO CON HORNO DE COCCIÓN	46
2.4. CINTA DE CLASIFICACIÓN CON RECONOCIMIENTO DE COLOR	53
3. GUÍA DE PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE ROBO PRO.	56
4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS	68
4.1. PROGRAMACIÓN DE CADA PRÁCTICA	68
4.2 DISEÑO DE LAS PRÁCTICAS	68
4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS	70
5. CONCLUSIONES	77
6. RECOMENDACIONES Y/O OBSERVACIONES	78
6.1 TRABAJO FUTURO	78

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	80
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS	84

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistema Simulador de Fabrica FISCHERTECHNIK	18
Figura 2. Controlador ROBOTICS TXT.....	20
Figura 3. Batería “Botón de Moneda de Dióxido de Manganeso de Litio”	23
Figura 4. Componente “Motor DC”	24
Figura 5. Engranaje del motor DC	24
Figura 6. Componente “Motor con <i>Encoder</i> con Efecto Hall”	25
Figura 7. Circuito encoder del componente “Motor con <i>Encoder</i> con Efecto Hall”	25
Figura 8. Componente “Rueda de Impulso”	26
Figura 9. Componente “Válvula Electromagnética”	26
Figura 10. Estructura de una válvula de 3/2 vías	27
Figura 11. Componente “Lámpara de Lente”	27
Figura 12. Componente “Compresor”	28
Figura 13. Bomba de membrana del componente “Compresor”	30
Figura 14. Componente “Manguera”	30
Figura 15. Componente “Cilindro Neumático”	31
Figura 16. Diagrama de circuitos - con la válvula activada	31
Figura 17. Diagrama de circuitos - estado de reposo	31
Figura 18. Componente “Bomba de Vacío”	32
Figura 19. Componente “Ventosa”	32
Figura 20. Componente “Sensor de color”	34
Figura 21. Diagrama interruptor básico.....	35
Figura 22. Componente “Interruptor Final de Carrera”	35
Figura 23. Componente “Sensor Fototransistor”	36
Figura 24. Componente “Sensor de pista”	37
Figura 25. Componentes de la estación de trabajo “Almacén Elevado Automatizado”	39
Figura 26. Componentes de la estación de trabajo “Manipulador de aspiración al vacío”	44
Figura 27. Componentes de la estación de trabajo “Proceso de Horneado”	47
Figura 28. Componentes de la estación de trabajo “Proceso de Mezclado”	51
Figura 29. Componentes de la estación de trabajo “Cinta de Clasificación con Reconocimiento de Color”	54
Figura 30. Diagrama de flujo para girar el motor “M1”	57
Figura 31. Diagrama de flujo para desplazamiento de motores <i>encoders</i> a través de pulsos.	59
Figura 32. Diagrama de flujo del contenido del subprograma.....	61

Figura 33. Diagrama de flujo del subprograma desplazamiento de motores M2 y M3.	61
Figura 34. Programa principal de motores que se desplazan 100 pulsos.....	62
Figura 35. Diagrama de flujo simulador de torreta giratoria.	64
Figura 36. Diagrama de flujo identificador de rango de colores.....	65
Figura 37. Diagrama de flujo para el conteo de botellas.....	66
Figura 38. Configuración TXT/TX <i>display</i>	67
Figura 39. Porcentajes de la primera pregunta encuesta.....	71
Figura 40. Porcentajes de la segunda pregunta encuesta.....	71
Figura 41. Porcentajes de la tercera pregunta encuesta.....	72
Figura 42. Porcentajes de la cuarta pregunta encuesta.....	72
Figura 43. Porcentajes de la quinta pregunta encuesta.....	73
Figura 44. Porcentajes de la sexta pregunta encuesta.....	74
Figura 45. Porcentajes de la séptima pregunta encuesta.....	74
Figura 46. Porcentajes de la octava pregunta encuesta.....	75
Figura 47. Porcentajes de la novena pregunta encuesta.....	76
Figura 48. Porcentajes de la décima pregunta encuesta.....	76

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Conexión entre componentes “Almacén Elevado Automatizado” y el controlador ROBOTICS TXT.....	39
Tabla 2. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de movimiento horizontal.....	41
Tabla 3. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de movimiento frontal y posterior.....	41
Tabla 4. Conexión entre componentes “Manipulador de Aspiración al Vacío” y el controlador ROBOTICS TXT.....	44
Tabla 5. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de movimiento horizontal.....	46
Tabla 6. Conexión entre componentes “Proceso de Horneado” y el controlador ROBOTICS TXT.....	48
Tabla 7. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del compresor.....	49
Tabla 8. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de la plataforma.....	49
Tabla 9. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de movimiento de la ventosa.....	50
Tabla 10. Conexión entre componentes “Proceso de Mezclado” y el controlador ROBOTICS TXT.....	51
Tabla 11. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de la plataforma giratoria.....	52
Tabla 12. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del compresor.....	53
Tabla 13. Conexión entre componentes “Cinta de clasificación con reconocimiento de color” y el controlador ROBOTICS TXT.....	54
Tabla 14. Elementos de entrada y salida del sistema del primer ejercicio.....	56
Tabla 15. Elementos de entrada y salida del sistema del segundo ejercicio.....	58
Tabla 16. Elementos de entrada y salida del sistema del tercer ejercicio.....	62
Tabla 17. Elementos de entrada y salida del sistema del cuarto ejercicio.....	64
Tabla 18. Elementos de entrada y salida del sistema del quinto ejercicio.....	67
Tabla 19. Datos de la primera pregunta encuesta.....	70
Tabla 20. Datos de la segunda pregunta encuesta.....	71
Tabla 21. Datos de la tercera pregunta encuesta.....	72
Tabla 22. Datos de la cuarta pregunta encuesta.....	72
Tabla 23. Datos de la quinta pregunta encuesta.....	73
Tabla 24. Datos de la sexta pregunta encuesta.....	73
Tabla 25. Datos de la séptima pregunta encuesta.....	74
Tabla 26. Datos de la octava pregunta encuesta.....	75
Tabla 27. Datos de la novena pregunta encuesta.....	75
Tabla 28. Datos de la décima pregunta encuesta.....	76

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. GUIA DEL SOFTWARE ROBOPRO.....	84
ANEXO B. GRÁFICO FUNCIONAL DE MANDO ETAPA/TRANSICIÓN Y PROGRAMACIÓN DE CADA PRÁCTICA DE LABORATORIO	111
ANEXO C. ENCUESTA	112
ANEXO D. PRÁCTICAS	114

RESUMEN

TITULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE 5 PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS POR MEDIO DEL SISTEMA SIMULACIÓN DE FÁBRICA DE FISCHERTECHNIK*

AUTOR: CAMILA ANDREA DÍAZ SERRANO
JHON ALEXANDER GOMEZ QUINTANILLA**

PALABRAS CLAVE: Automatización de procesos, Sistemas de control, Motores.

DESCRIPCIÓN:

Con el fin de aumentar los equipos tecnológicos en el laboratorio de la asignatura Automatización de procesos, con este trabajo de grado se deja un equipo llamado simulador de fábrica FISCHERTECHNIK. El equipo simulador de fábrica FISCHERTECHNIK está compuesto por cuatro estaciones de trabajo, las cuales son: “Almacén Elevado Automatizado”, “Manipulador de Aspiración al Vacío”, “Cinta de clasificación con reconocimiento de color” y “Multiestación de procesamiento con horno de cocción”, en donde cada estación de trabajo cuenta con un controlador ROBOTICS TXT (propio de la marca FISCHERTECHNIK), excepto la “Multiestación de procesamiento con horno de cocción”, debido a que esta estación se divide en dos (2) procesos, los cuales son el proceso de horneado y el proceso de mezclado, en donde cada proceso posee un controlador ROBOTICS TXT . En este trabajo de grado se diseñaron e implementaron cinco (5) prácticas de laboratorio para el Simulador de Fábrica FISCHERTECHNIK, en donde cuatro (4) prácticas son aplicadas a cada estación de trabajo individualmente y la quinta al sistema en global. Para diseñar la estructura y contenido de las prácticas, se realizó el siguiente procedimiento: 1) Identificación de los componentes de cada estación de trabajo describiendo el principio de funcionamiento de cada componente, 2) Caracterización de la unión de cada componente con su respectivo controlador ROBOTICS TXT, 3) Descripción del funcionamiento de cada estación de trabajo, de forma escrita y por medio del lenguaje de programación grafcet para posteriormente traducirlo al software ROBO Pro, el cual es utilizado en los controladores ROBOTICS TXT, 4) Elaboración de una guía de programación del software ROBO Pro, según los elementos utilizados en la programación de cada estación de trabajo. Una vez realizado el anterior procedimiento se hace una prueba piloto, de la cual se elaboran mejoras a las prácticas.

* Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones Director: Jose Alejandro Amaya Palacio PhD

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF 5 LABORATORY PRACTICES IN THE SUBJECT OF PROCESS AUTOMATION THROUGH THE FISCHERTECHNIK FACTORY SIMULATION SYSTEM*

AUTHOR: CAMILA ANDREA DÍAZ SERRANO
JHON ALEXANDER GOMEZ QUINTANILLA**

KEYWORDS: Process automation, Control systems, Motors.

DESCRIPTION:

In order to increase the devices in the laboratory of the subject Automation of process, in this degree work we leave a device called "Factory simulator FISCHERTECHNIK". The device Factory simulator FISCHERTECHNIK is compound for four (4) stations, they are called: "Automated high warehouse", "Vacuum Aspiration Manipulator", "Classification tape with color recognition" and "Multi-slice processing with baking oven", where each station has a controller ROBOTICS TXT (own brand FISCHERTECHNIK), except "Multi-slice processing with baking oven" because this station has two process and they are called process of boked and process of mixed, therefore each one has its own controller ROBOTICS TXT. In this degree work we design and implement, five practices of laboratory about the device Factory simulator FISCHERTECHNIK, where four practices are for each station and one is for the global system. For designing structure and content of practices, we perform the following procedure: 1) Identification of components of each station, describing its own operating principle, 2) Characterization of each union component with its own controller ROBOTICS TXT, 3) Description of each functioning station in written form and by the programming language *grafcet* for be traduced to the software ROBO Pro used in controller ROBOTICS TXT, 4) Elaboration of a programming guide of the software ROBO Pro, according each program station. And finally we do a pilot test and it improve own practices.

* Bachelor Thesis

** Physico-Mechanical Engineering Faculty. School of Electrical and Electronic Engineering.
Director: Jose Alejandro Amaya Palacio, PhD.

INTRODUCCIÓN

En la escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander se han llevado a cabo avances en la enseñanza al estudiantado. Un hecho de gran valor fue el ajuste de asignaturas al pensum de la carrera de ingeniería electrónica, como la adición de la asignatura de Automatización de procesos mejorando el perfil del estudiante de ingeniería electrónica a las exigencias del desarrollo industrial, en donde la asignatura Automatización de Procesos abarca los conceptos básicos de la lógica cableada y su aplicación en sistemas automáticos, los conceptos básicos de arranque y parada de motores eléctricos AC, la definición del controlador lógicos programable PLC, la programación de los PLCs utilizando grafcet y el lenguaje Ladder, el funcionamiento y programación de los controladores industriales PID, y las características y formas de implementar una red industrial de PLCs.

Como aporte a la asignatura de Automatización de procesos se dotará el Simulador de Fábrica de la empresa FISCHERTECHNIK, el cual se adquirió por medio del proyecto Escuela Básica III liderado por vicerrectoría académica. El simulador de fábrica está compuesto por los siguientes modelos de entrenamiento: 1) Manipulador de aspiración al vacío, 2) Almacén elevado automatizado, 3) Multiestación de procesamiento con horno de cocción, 4) Cinta de clasificación con reconocimiento de color.

El presente trabajo tiene como objetivo principal diseñar e implementar cinco prácticas de laboratorio de la asignatura Automatización de procesos, en donde por cada estación de trabajo habrá una práctica de laboratorio y una por el simulador de fábrica de la empresa FISCHERTECHNIK. Para ello este documento se divide en cinco capítulos y cuatro anexos.

El capítulo uno está dedicado a describir los componentes del sistema, tales como los accionadores, los sensores y el elemento de dialogo humano-máquina, que posee el simulador de fábrica de la empresa FISCHERTECHNIK.

En el capítulo dos se indica la caracterización del sistema, la cual presenta el funcionamiento a realizar por cada estación de trabajo. Además se identifica y caracteriza cada elemento físico que la compone.

El capítulo tres contiene la guía de programación del software ROBO Pro, la cual está compuesta por un conjunto de ejercicios que sirven para instruir el manejo de elementos del simulador de Fábrica de la empresa FISCHERTECHNIK, por medio del software ROBO Pro. Este capítulo se complementa en el anexo A.

El capítulo cuatro muestra el diseño e implementación de las prácticas, el cual está dedicado a explicar cómo se diseñó cada práctica de laboratorio, como se realizó la implementación de cada práctica y el análisis de la encuesta realizada a cada estudiante que desarrolló las prácticas. Este capítulo se complementa con los anexos B, C y D.

El capítulo cinco contiene las conclusiones obtenidas a partir del proceso de diseñar, verificar e implementar las prácticas de laboratorio.

En el anexo A se presenta la guía del software ROBO Pro, en donde se detalla la instalación del software, se describe cada una de las partes que componen la interfaz del software ROBO Pro y una descripción de los elementos de programación disponibles en el software que se emplean en la programación del simulador de fábrica FISCHERTECHNIK.

En el anexo B se encuentra el GRAFCET (*Grphe Fonctionnel de Commande Etape Transition*) y la programación de cada práctica de laboratorio, demostrando una relación directa entre los *grafcets* y los diagramas de flujo para programar el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK. También se detalla cada uno de los *grafcets* y de los diagramas de flujo.

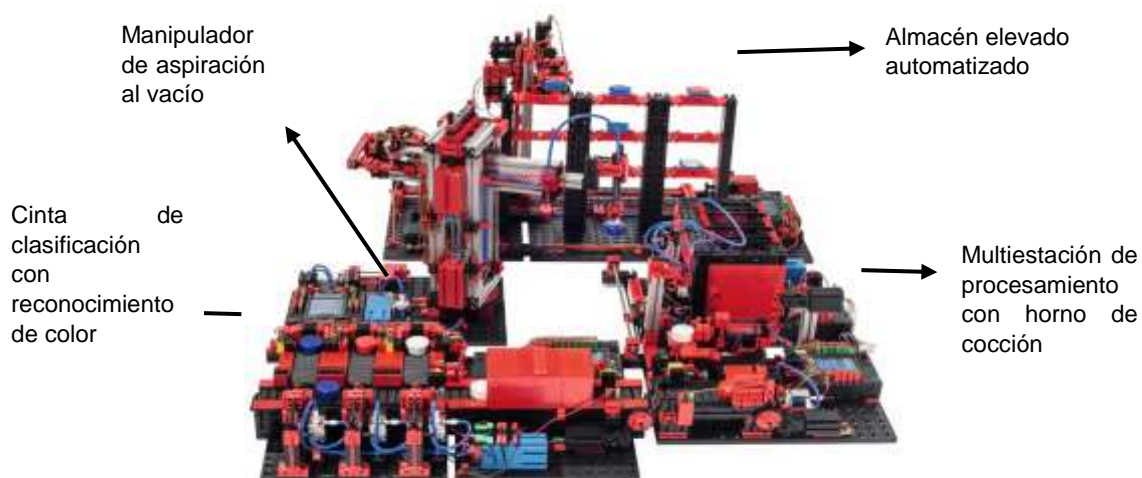
El anexo C contiene la encuesta realizada a los estudiantes que desarrollaron las prácticas del sistema simulador de fábrica FISCHERTECHNIK anteriormente diseñadas.

En el anexo D se encuentran las cinco prácticas diseñadas para el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK en la asignatura Automatización de procesos.

1. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

El presente capítulo presenta la descripción de los componentes del sistema simulador de fábrica FISCHERTECHNIK (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) realizada por los autores de este documento. Este sistema está compuesto por cuatro estaciones de trabajo: 1) Almacén elevado automatizado, 2) Manipulador de aspiración al vacío, 3) Multiestación de procesamiento con horno de cocción, 4) Cinta de clasificación con reconocimiento de color.

Figura 1. Sistema Simulador de Fabrica FISCHERTECHNIK



Fuente: [1]

El proceso que realiza el sistema simulador de fabrica es el siguiente: La matriz de almacenamiento de la estación de trabajo “Almacén Elevado Automatizado” contiene nueve tapas (tres rojas, tres azules, tres blancas) sin procesar, cada una dentro de una caja. Para trasladar cada una de las tapas, la plataforma de la estación de trabajo “Almacén Elevado Automatizado” recoge y transporta cada tapa en su caja hacia la banda transportadora. La banda transportadora de la estación de trabajo “Almacén Elevado Automatizado” conecta la estación de “Almacén Elevado Automatizado” con la estación “Manipulador de Aspiración al Vacío”. La ventosa de la estación “Manipulador de Aspiración al Vacío” absorbe la tapa, y la lleva a la estación de trabajo “Multiestación de Procesamiento con Horno de Cocción”, luego la estación “Almacén Elevado Automatizado” lleva la caja sin la tapa a su posición inicial en la matriz de almacenamiento. En la estación de trabajo “Multiestación de Procesamiento con Horno de Cocción” cada tapa realiza los procesos de horneado y mezclado, y una vez finalizados entregan cada tapa a

la estación de trabajo “Cinta de Clasificación con Reconocimiento de Color”. Esta estación clasifica cada tapa según el color y las posiciona en sus respectivas rampas. Ubicadas las nueve tapas en las rampas la estación “Manipulador de Aspiración al Vacío” devuelve cada tapa a la estación Almacén Elevado Automatizado” y esta las organiza en su posición inicial en la matriz de almacenamiento. Cada estación será detallada en la secuencia del proceso a realizar y se identificarán los componentes y el modo de operación de cada uno de ellos, en el capítulo 2.

Las estaciones de trabajo están compuestas por elementos de un sistema de automatización como lo son los accionadores, los sensores, y el elemento dialogo humano-maquina, en donde la base teorica fue recolectada de documentos de FISCHERTECHNIK y la identificación de las conexiones entre los componentes y el controlador fue realizada por los autores de este documento.

En los documentos de FISCHERTECHNIK no se encuentra las especificaciones técnicos de ningún componente del sistema, debido a que estos elementos no son de venta libre.

1.1. ELEMENTOS DE DIALOGO HUMANO-MAQUINA

Los datos suministrados a continuación en los elementos de dialogo humano-maquina fueron recopilados a partir de documentación presente en la pagina web de FISCHERTECHNIK.

Los elementos de dialogo humano-maquina permiten el diálogo entre el operador y la unidad de control. Están implantados en el pupitre de la máquina: pilotos, pulsadores, teclados, visualizadores.

En el caso del simulador de fábrica FISCHERTECHNIK, se emplea un controlador explicado a continuación:

Cada estación de trabajo es operada mediante un controlador “*Robotics TXT*” (propio de la marca FISCHERTECHNIK). Este, posee un doble procesador ARM Cortex A8 que transmite a tasa de 32 bits a 600 [MHz] y un *display* táctil que permite realizar ajustes como por ejemplo, modificar la jerarquia de comunicación con otros controladores como Maestro ó Esclavo (Extensión), cambios de idioma (facilitando la comunicación humano-máquina,) y proporciona una red de

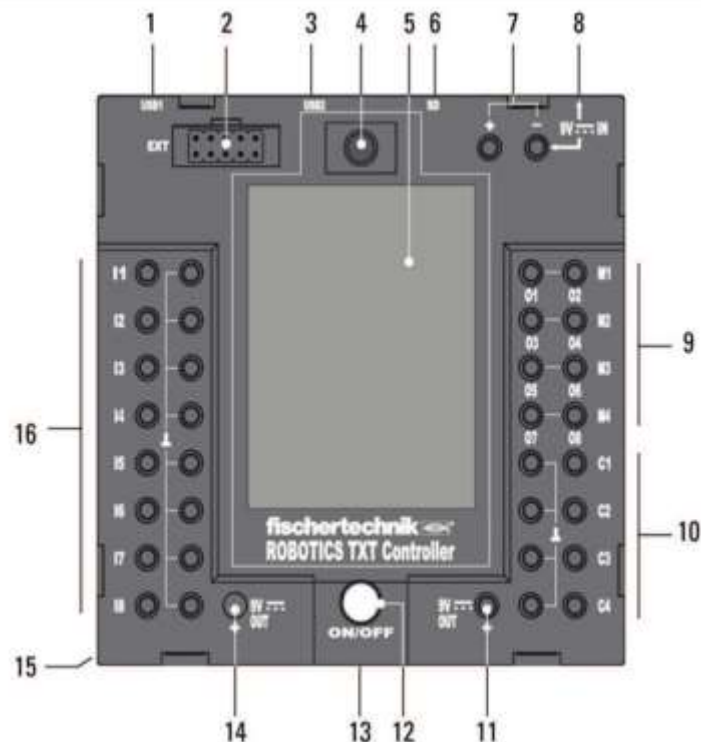
comunicación entre el controlador y el computador para reducir las conexiones físicas, por medio de Bluetooth o WLAN (*Wireless local area network* ó red de area loca inalámbrica).

El controlador se puede programar de tres diferentes formas: 1) Modo online, esta se realiza por medio de un cable entre el controlador y el computador, 2) Memoria RAM de 128 [MB], en la cual se cargan los programas al controlador y se conservan hasta que se apague el controlador, 3) Memoria flash de 64 [MB], mantiene los programas descargados en el controlador hasta que estos sean borrados.

En la

se observa un esquema de distribución de los bornes de comunicación y de alimentación del Controlador TXT como también los elementos que lo componen [2].

Figura 2. Controlador ROBOTICS TXT



Fuente: [2]

1. Puerto USB (USB-1): Permite la comunicación entre el controlador y los componentes FISCHERTECHNIK, como con la cámara, por medio del protocolo USB 2.0 [2].
2. EXT conexión para extensiones: Este puerto realiza una comunicación directa con otro controlador Robotics TXT y de este modo se aumenta el número de señales de entrada y salida, según lo requerido. Además presenta una interfaz de comunicación I^2C (Inter-Integrated Circuit), la cual proporciona un bus de campo maestro – esclavo [2].
3. Puerto Mini-USB (USB-2): Es un puerto de comunicación de protocolo USB 2.0 entre el controlador ROBOTICS TXT y el computador, permitiendo la transmisión de datos [2].
4. Diodo receptor IR: Es un diodo infrarrojo receptor que puede captar señales transmitidas por otro controlador anteriormente programado [2].
5. *Display* Táctil: Es una pantalla táctil de 2.4" (320x240 pixeles) que permite seleccionar, activar o desactivar las funciones del controlador y programas cargados al controlador. En este, se puede detallar el estado del controlador,

el menú de configuraciones y cuál programa ha sido cargado a la memoria del mismo [2].

6. Espacio de tarjeta Micro SD: Es un espacio disponible para insertar una tarjeta micro SD que permite la expansión de la capacidad de memoria del controlador [2].
7. Batería recargable con entrada a 9 [Vdc]: Esta conexión permite usar una fuente de alimentación propia a través de la batería FISCHERTECHNIK [2].
8. Conexión 9 volts en corriente directa [Vdc]: Es un terminal de 3.45mm de diámetro que recibe 9 [Vdc] a través de una fuente de alimentación externa (adaptador) y esta a su vez suministra la potencia para el funcionamiento del controlador [2].
9. Bornes para señales de salida de M1 a M4 ó O1 a O8: Estos bornes de salida están diseñados para suministrar señales PWM (*Pulse Width Modulation*). Las señales PWM presentan dos estados de trabajo, el primer estado tiene un valor de voltaje de cero y el segundo estado un valor de voltaje máximo. De esta manera permite variar la velocidad de un motor o luminosidad de una lámpara. Los cambios de estados se realizan por medio de *switches* rápidos.

Para variar la velocidad de los motores, estos se deben conectar a los puertos M#, y para modificar la luminosidad de las lámparas, estas son conectadas a los puertos O# con una tierra en común.

La potencia suministrada a la carga es medida en un ciclo de trabajo, el cual es la proporción entre el tiempo en el que los interruptores se encuentran encendidos y el tiempo en el que se encuentran apagados. Cuando el ciclo de trabajo es de 100% los interruptores se encuentran encendidos y cuando el ciclo es de 0% los interruptores se encuentran apagados todo el tiempo.

El PWM de FISCHERTECHNIK presenta una frecuencia de 210 [Hz], permite enviar a la carga 210 veces un pulso por un segundo. El ciclo útil es proporcional a la velocidad del motor y la luminosidad de la lámpara.

Las borneras de salida se encuentran distribuidas de dos formas diferentes:

- Las borneras de numeración O# presentan un valor de tensión máximo de 8 [V] en la señal PWM, estos bornes se encuentran conectados internamente a un *switch* de estado sólido encargado producir la señal PWM.
- En las borneras de numeración M# el valor de tensión máximo es de 7.6 [V] en la señal PWM, estos bornes se encuentran conectados internamente a una configuración puente H, encargada de generar la señal PWM y su vez

producir el cambio en el sentido de giro de los motores (cambiando polaridad de la señal PWM) [2].

10. Bornes de C1 a C4: Los bornes de C1 a C4 son entradas digitales, en estas entradas se conectan los contadores que trabajan a una frecuencia de 1 [kHz] (1000 pulsos por segundo), como los motores *encoders* de FISCHERTECHNIK [2].
11. Salida de 9 Voltios: Este terminal es usado como una fuente de alimentación que proporciona una tensión de 9 [Vdc] con referencia a tierra. A esta bornera son conectados componentes electrónicos usados en los sistemas FISCHERTECHNIK (principalmente por los sensores activos) [2].
12. Botón de encendido/apagado: Por medio de este pulsador se enciende o se apaga en controlador [2].
13. Altavoz: Genera sonidos, como, por ejemplo, a el momento de estar manipulando el *display* táctil [2].
14. Salida de 9 Voltios: Este terminal tiene la misma función del ítem número 11 [2].
15. Compartimiento de la batería de tipo botón: El controlador posee una señal de reloj alimentada por medio de una batería de dióxido de manganeso de litio (CR 2032 de 3 Volts,

CR 2032



) [2].

Figura 3. Batería “Botón de Moneda de Dióxido de Manganeso de Litio”.

CR 2032



Fuente: [3]

16. Entradas universales I1 a I8: Estas son entradas para señales de uso analógico y digital, en donde la configuración de estas entradas se puede desarrollar por medio del software ROBO Pro. Las entradas se encuentran protegidas para no ser muy sensibles a las señales suministradas, por esto mismo los valores de tensión aplicados a estos bornes deben presentar variaciones de voltaje entre los 75 – 100 [mV] [2].

Si es necesario usar las entradas universales como digitales o como análogas se debe tener en cuenta que estas trabajan de dos diferentes maneras: El primer modo con una señal de 0- 10 [VDC] y el segundo modo es con señales de 0 - 5 [kΩ]. [4].

1.2. ACCIONADORES

Los accionadores son los elementos finales del control que actúan sobre la variable. Tienen la función de participar en la realización física de la tarea [5]. En el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK se encuentran dos tipos de accionadores, accionadores eléctricos y accionadores neumáticos, los cuales se verán a continuación.

1.2.1. Accionadores eléctricos. Emplean como fuente de energía la energía eléctrica, tomando diferentes formas como son: electroválvulas, motores eléctricos, lámparas [5].

Los accionadores eléctricos empleados en el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK, se describen a continuación.

- **Motor eléctrico**

El motor FISCHERTECHNIK (

) es un motor de corriente continua de imanes permanentes, en el cual se pueden realizar cambios de velocidad [6]. Los cambios de velocidad son efectuados, por medio, del puerto de salida del controlador FISCHERTECHNIK TXT, que permite realizar cambios en la tensión de alimentación por medio del control PWM, como se vio en la sección 1.1 [4].

Figura 4. Componente “Motor DC”



Fuente: [7]

Debido a que el motor DC FISCHERTECHNIK no cuenta con la fuerza necesaria para vencer el torque de la carga el motor, el motor tiene un engranaje (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) para realizarla [6].

Figura 5. Engranaje del motor DC



Fuente: [7]

Para poder accionar el motor se deben conectar los terminales del motor FISCHERTECHNIK a los puertos de salida M del controlador.

- **Motor con *encoder***

El sistema de Simulación de Fabrica FISCHERTECHNIK presenta dos tipos de motor con *encoder*, los cuales son motor con *encoder* por medio de efecto hall y motor con *encoder* por medio de rueda de impulso, explicados a continuación.

- Por medio de Efecto Hall

Figura 6. Componente “Motor con *Encoder* con Efecto Hall”



Fuente: [6]

El motor con *encoder* con efecto hall FISCHERTECHNIK (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) es un motor de corriente continua con un reductor de engranajes en un extremo. Estos motores son eficientes generando movimiento preciso y exacto, debido a que cuentan las revoluciones generadas por el motor [6]. El conteo se realiza con un sensor que detecta el campo magnético por medio del efecto Hall. En la

se aprecia el circuito *encoder*, en donde, el disco negro (1) es un imán que gira con el eje del motor, el circuito integrado negro (2) es el sensor de efecto Hall, el cual genera un cambio del estado de 1 al estado 0 con el polo sur del imán en la salida digital del sensor [4].

Figura 7. Circuito *encoder* del componente “Motor con *Encoder* con Efecto Hall”

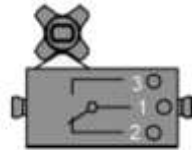


Fuente: [4]

Este motor cuenta con un cable que tiene un extremo azul, que va conectado al motor y el otro extremo va conectado al controlador. Las conexiones de los terminales del motor con *encoder* con efecto hall que van a los pines del controlador, son las siguientes:

- El cable rojo es el terminal de alimentación conectado al pin 9 [V].
- El cable verde es el terminal a tierra conectado a la tierra de C.
- El cable negro es el terminal de señal conectado a C.
 - **Por medio de rueda de impulso**

Figura 8. Componente “Rueda de Impulso”



Fuente: [8]

Este tipo de motor codificado presenta una rueda de impulso conectada a su eje, la cual acciona cuatro veces un interruptor por cada rotación como se ve en la

Figura 8. Dicho interruptor aumenta su conteo apenas haya un cambio de estado de 0 a 1 [8]. Para identificar el conteo, el terminal 3 del interruptor va conectado al terminal de la tierra de C y el terminal 1 del interruptor va conectado al terminal de señal de C.

- **Válvula electromagnética**

Una válvula electromagnética (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) tiene la tarea de controlar la dirección de aire al cilindro neumático.

Figura 9. Componente “Válvula Electromagnética”

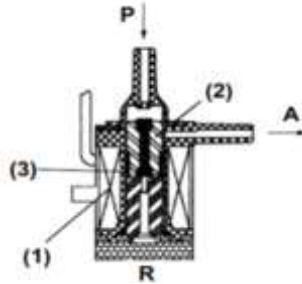


Fuente: [9]

La válvula empleada en el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK es una válvula de 3/2 vías, es decir, 3 vías y 2 estados de conmutación. También maneja 9 [Vcc] / 130 [mA]. Los terminales van conectados uno al puerto O del controlador y el otro a tierra [9].

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se pueden apreciar las 3 vías y los 2 estados de conmutación de la válvula electromagnética, que presenta el siguiente funcionamiento: Se la aplica una tensión a la bobina (1), la cual crea un campo magnético que impulsa el núcleo (2) hacia abajo, de esta forma es abierta la válvula y permite que el aire fluya de la conexión "P" a la conexión "A". Cuando no se aplica tensión en la bobina (1), el núcleo es presionado hacia arriba a través del muelle (3) y la válvula se cierra. Con la válvula cerrada la conexión "A" queda enlazada con la conexión "R" [9].

Figura 10. Estructura de una válvula de 3/2 vías



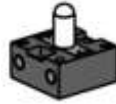
Fuente: [9]

- **Lámpara de lente**

El simulador de fábrica FISCHERTECHNIK maneja una bombilla (

), que concentra la luz para montar una barrera de luz y hacer funcionar al fototransistor. Se diferencia del fototransistor porque su base es de color gris [10].

Figura 11. Componente "Lámpara de Lente"



Fuente: [10]

Para conectar sus terminales al controlador, la conexión se realiza de la siguiente manera:

- El terminal rojo debe ir al puerto de 9[V] del controlador.
- El terminal verde a la tierra del controlador.

1.2.2. Accionadores neumáticos. La neumática implica la transferencia de energía mediante aire presurizados para crear y controlar movimientos.

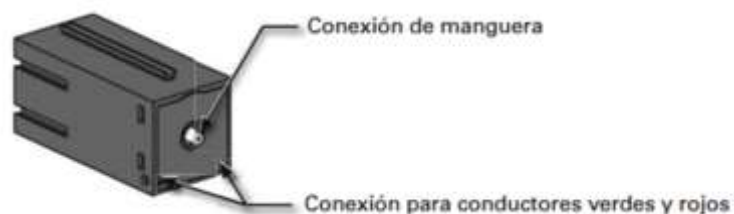
Unas ventajas de la neumática son:

- Acumular aire comprimido.
- Transportar aire comprimido a través de grandes distancias a través de tubos y mangueras o transportarlo en recipientes apropiados.
- El aire comprimido es limpio y no genera suciedad.
- Los movimientos con aire comprimido pueden ser ejecutados con rapidez.
- Realiza movimientos con cilindros neumáticos sin una compleja mecánica.
- Es seguro contra explosiones [11] [10] [9].

En el simulador de fábrica de FISCHERTECHNIK se encuentran los siguientes dispositivos neumáticos:

- **La bomba de membrana como compresor**

Figura 12. Componente “Compresor”



Fuente: [11]

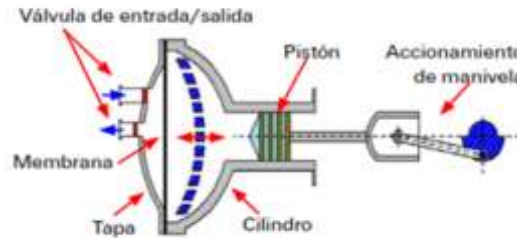
El compresor (

) es el generador de aire comprimido debido a que suministra la presión necesaria para controlar los modelos neumáticos individuales [11].

La bomba de membrana (compresor) se aprecia en la

, está constituida por dos cámaras separadas por una membrana, dos válvulas (entrada y salida), un pistón, y una manivela. La membrana es elástica permitiendo que se mueva hacia adelante o hacia atrás a través de la fuerza que aplica un pistón, el cual funciona por el accionamiento de una manivela. En la carrera ascendente la membrana es tirada hacia atrás y en la segunda cámara se aspira aire a través de la válvula de entrada. En la carrera descendente la membrana presiona el aire a través de la válvula de salida fuera del cabezal de la bomba [9].

Figura 13. Bomba de membrana del componente “Compresor”



Fuente: [9]

La conexión del compresor con el controlador debe ser la siguiente:

- El terminal rojo va al puerto O.
- El terminal verde va a la tierra común de las salidas.

- **Distribuidor de aire comprimido**

Con mangueras azules (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) se transporta el aire comprimido desde el compresor hacia las electroválvulas y desde las electroválvulas hacia los cilindros [6].

Figura 14. Componente “Manguera”



Fuente: [6]

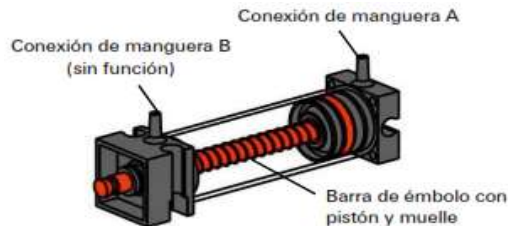
- **Cilindro neumático**

El cilindro neumático está constituido por una barra de émbolo con un pistón, un muelle, una conexión de manguera A y una conexión de manguera B, como se ve en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

La barra de émbolo con pistón es móvil y está sellada mediante juntas contra la pared del cilindro. Si se sopla aire dentro del cilindro por la conexión “A”, el pistón se mueve hacia la conexión “B” y apenas se deja de suministrar aire en la

conexión "A" se presenta un retorno por muelle. Este tipo de cilindro se llama cilindro de simple efecto debido a que puede moverse neumáticamente en una sola dirección [9].

Figura 15. Componente "Cilindro Neumático"



Fuente: [9]

En la

se aprecia el diagrama de circuito cuando la válvula está abierta, es decir cuando se está suministrando aire y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el diagrama de circuito cuando la válvula está cerrada (no se suministra aire).

Figura 16. Diagrama de circuitos - con la válvula activada

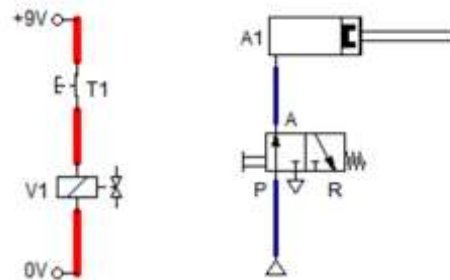
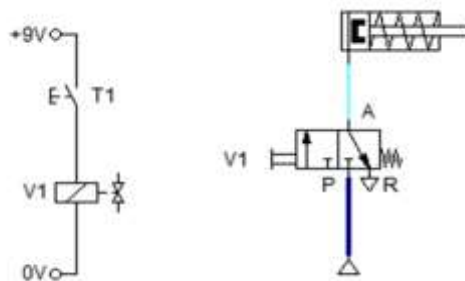


Figura 17. Diagrama de circuitos - estado de reposo

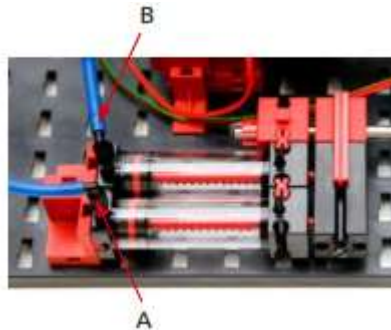


- **Bomba de vacío**

Las bombas de vacío son los dispositivos encargados de extraer moléculas de gas de un volumen sellado, debido a su alto costo FISCHERTECHNIK emplea una solución simple, la cual consiste en generar el vacío por medio de dos cilindros unidos con las barras de émbolo como se ve en la

. La conexión “A” se conecta a través de la válvula electromagnética con el compresor y la conexión “B” conduce a la ventosa (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Al activarse la electroválvula en la conexión A entra el aire del compresor trasladando ambos pistones hacia adelante. Si en la ventosa (conexión B) se encuentra una pieza, el aire aspira la pieza a través del segundo pistón, generando una presión negativa [9].

Figura 18. Componente “Bomba de Vacío”



Fuente: [9]

Figura 19. Componente “Ventosa”



Fuente: [9]

1.3. SENSORES

El sensor es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio. Su importancia va ligada a lo siguiente: 1) Detección de presencia utilizada para monitorear, regular y controlar los procesos, 2) Comprobar que los pasos fundamentales del proceso se realicen como es debido. También son los

elementos encargados de comunicar al órgano de mando el estado del sistema o de los eventos que sucedan en él. Los sensores reciben las señales necesarias para conocer el estado del proceso y decidir su desarrollo futuro [12].

Hay dos tipos de sensores, los sensores de contacto y los sensores sin contacto.

- **Sensores de contacto**

Son dispositivos electromecánicos que detectan cambios a través del contacto físico directo con el objeto en cuestión [12].

- *Beneficios de los sensores de contacto*

- 1) Generalmente no requieren energía eléctrica.
- 2) Pueden soportar más corriente y tolerar mejor las alteraciones de la línea eléctrica.
- 3) Generalmente son más fáciles de entender y diagnosticar.

- *Algunos sensores de contacto*

- 1) *Encoders* por rueda de impulso → Transforman el movimiento de las maquinas en señales y datos.
- 2) Interruptores de final de carrera → Son utilizados cuando es posible un contacto físico con el objeto.

- **Sensores sin contacto**

os sensores sin contacto son dispositivos electrónicos de estado sólido que crean un campo de energía o haz y reaccionan ante una alteración en ese campo. Estos sensores son susceptibles a la energía emitida por otros dispositivos o procesos [12].

- *Beneficios de los sensores sin contacto*

- 1) No se requiere contacto físico.
- 2) No tienen componentes móviles que puedan atascarse, desgastarse o romperse.
- 3) Generalmente operan más rápido.
- 4) Son más flexibles en cuanto a su aplicación.

- *Algunos sensores sin contacto*

1. Sensores fotoeléctricos.
2. Sensores inductivos.
3. Sensores capacitivos.
4. Sensores ultrasónicos.

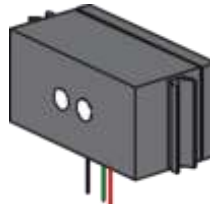
os sensores presentes en el sistema Simulador de Fabrica FISCHERTECHNIK, son:

- **Sensor óptico de color**

Los sensores ópticos de color (

) miden la intensidad lumínica de una superficie o fuente de luz. Las lecturas pueden variar en función de la iluminación ambiente, la distancia de la superficie observada y la forma del objeto a observar. El sensor óptico de color es un sensor activo debido a la necesidad de una fuente de alimentación para poder activar un LED brillante y un receptor que capta la luz reflejada. Todos los materiales absorben diferentes cantidades de luz dependiendo del color y textura de su superficie [6].

Figura 20. Componente “Sensor de color”



Fuente: [6]

La conexión eléctrica del sensor debe ser la siguiente:

- Cable negro es el cable de señal conectado a la entrada I.
- Cable rojo es el cable de alimentación conectado a 9V+.
- Cable Verde es el cable de tierra conectado a la tierra del controlador.

El sensor óptico de color es un sensor tipo Análogo 10V (Sensor de Color) y se encuentra ubicado en el simulador de fábrica de FISCHERTECHNIK dentro de una caja para la correcta detección y distinción de colores.

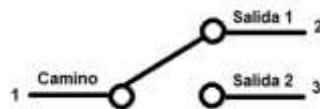
¡Observación! Los valores de los colores son dependientes de la luminosidad del entorno y la distancia del sensor a la superficie del color. En cada caso se deben adaptar los valores de color en el programa [6].

- **Interruptores final de carrera**

El interruptor es un dispositivo electromecánico, que determina la presencia, ausencia, paso y posicionamiento de un objeto. Se encarga de controlar el paso de la corriente de los circuitos [6].

El actuador es el método mecánico que permite al interruptor abrirse o cerrarse. Un interruptor normalmente abierto es aquel en cuya posición normal está abierto y cuando es accionado el actuador se cierra el circuito permitiendo que la corriente fluya. En un interruptor normalmente cerrado la corriente puede fluir hasta que el actuador es disparado, abriendo el interruptor y bloqueando el flujo de corriente. El interruptor básico FISCHERTECHNIK es unipolar de doble tiro (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), es decir, tiene un solo camino para la corriente, pero este camino puede dirigirse hacia dos salidas, también presenta una configuración pasiva ya que no requiere de fuente de energía eléctrica [6].

Figura 21. Diagrama interruptor básico



En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el interruptor real, en donde, los terminales 1 y 2 presentan la configuración normalmente cerrado y los terminales 1 y 3 la configuración normalmente abierto. En el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK todos los finales de carrera están conectados por los terminales 1 y 3, operando como normalmente abiertos, para que cuando el actuador se presione se unan los terminales 1 y 3, y al retirar la presión el interruptor regresa a su posición original [6].

Figura 22. Componente “Interruptor Final de Carrera”



Fuente: [6]

La conexión de los terminales con el controlador es la siguiente:

- El terminal 1 va conectado a un puerto I del controlador
- El terminal 3 a la tierra del controlador.

- **Fototransistor**

El fototransistor (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) es un transistor bipolar en un contenedor transparente, este opera en conjunto con la lámpara de lente. Cuando la luz proveniente de la lámpara de lente entra en el contenedor incide sobre la unión base-colector generando electrones a partir de los fotones de la luz, esto hará que el fototransistor permita el flujo de corriente presentando un estado de 1.

Al ubicar un objeto entre el fototransistor y la lámpara de lente, se interrumpe el paso de luz, por lo tanto la corriente no fluirá y el estado será 0 [6].

Figura 23. Componente “Sensor Fototransistor”



Fuente: [6]

Debido a que el dispositivo es semiconductor la polaridad es muy importante, por esto hay una marca roja en el transistor que representa el colector de este

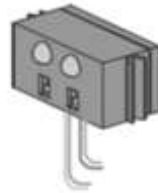
transistor y debe ir conectado al puerto I del controlador, y el otro terminal del sensor debe ir conectado al potencial de tierra [6].

- **Sensor de pista**

El sensor de pista (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) es un sensor infrarrojo digital para reconocimiento de una pista negra sobre un sustrato claro a una distancia de 5 a 30 mm. Contiene dos elementos de transmisión y dos de recepción. Es un dispositivo activo debido a que necesita una fuente de poder para funcionar.

En el simulador de fábrica de FISCHERTECHNIK, el sensor se encuentra ubicado dentro de una caja con fondo claro, de tal forma que cada que pase una tapa del proceso, la detecte de manera similar a la pista negra [8].

Figura 24. Componente “Sensor de pista”



Fuente: [8]

Las conexiones de los terminales del sensor que van a los bordes del controlador, son las siguientes:

- Las dos terminales azules que son las señales van conectadas a los bordes I.
- El terminal verde que es la tierra va conectado al borde tierra de los I.
- El terminal rojo es la fuente de alimentación conectada al borde de alimentación 9[v].

2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA

El presente capítulo presenta la caracterización del sistema, el cual está compuesto por cuatro estaciones de trabajo: 1) Almacén elevado automatización, 2) Manipulador de aspiración al vacío, 3) Multiestación de procesamiento con horno de cocción, 4) Cinta de clasificación con reconocimiento de color; que juntas forman el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK. A continuación, en cada estación se detalla la secuencia del proceso a realizar e identifica los componentes y el modo de operación de ellos, esto realizado por los autores de este documento.

2.1. ALMACÉN ELEVADO AUTOMATIZADO

El almacenador elevado automatizado cuenta con una matriz de almacenamiento, una banda transportadora, una plataforma móvil la cual realiza desplazamiento horizontal, vertical, frontal y posterior (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y un controlador ROBOTICS TX ubicado al lado de la matriz de almacenamiento. El movimiento horizontal lo realiza un motor (ítem 12) con *encoder* (ítem 9), de igual manera el movimiento vertical (ítem 14, ítem 10). Para determinar el estado cero del movimiento vertical y del movimiento horizontal, la estación de trabajo cuenta con dos interruptores final de carrera, ítem 8 y el ítem 5 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) respectivamente. El movimiento frontal y posterior se realiza por medio de un motor (ítem 13), en donde, cada posición es establecida por dos interruptores final de carrera ítem 7 e ítem 6 respectivamente. Por consiguiente, la plataforma móvil es la encargada de adquirir cada caja del proceso en la matriz de almacenamiento, en su adecuada posición y trasladarla a la banda transportadora. Así realizando la unión al proceso global del sistema. Esta, cuenta con dos sensores fototransistores, el primero (ítem 4) indica que la plataforma móvil a puesto una caja en la banda y el segundo (ítem 1) indica que la caja se encuentra en posición de espera a ser recogida por la estación de trabajo manipulador de aspiración al vacío.

Los anteriores ítems se establecen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Esta tabla tiene una columna enumerando cada uno de los elementos llamada ítem, una columna mencionando cada elemento nombrada elementos, una columna que relaciona cada elemento con los puertos de entradas y salidas del controlador ROBOTICS TXT, la cual es denominada entradas/ salidas y una columna que especifica si cada elemento es analógico o digital llamada digital/analógico.

Figura 25. Componentes de la estación de trabajo “Almacén Elevado Automatizado”

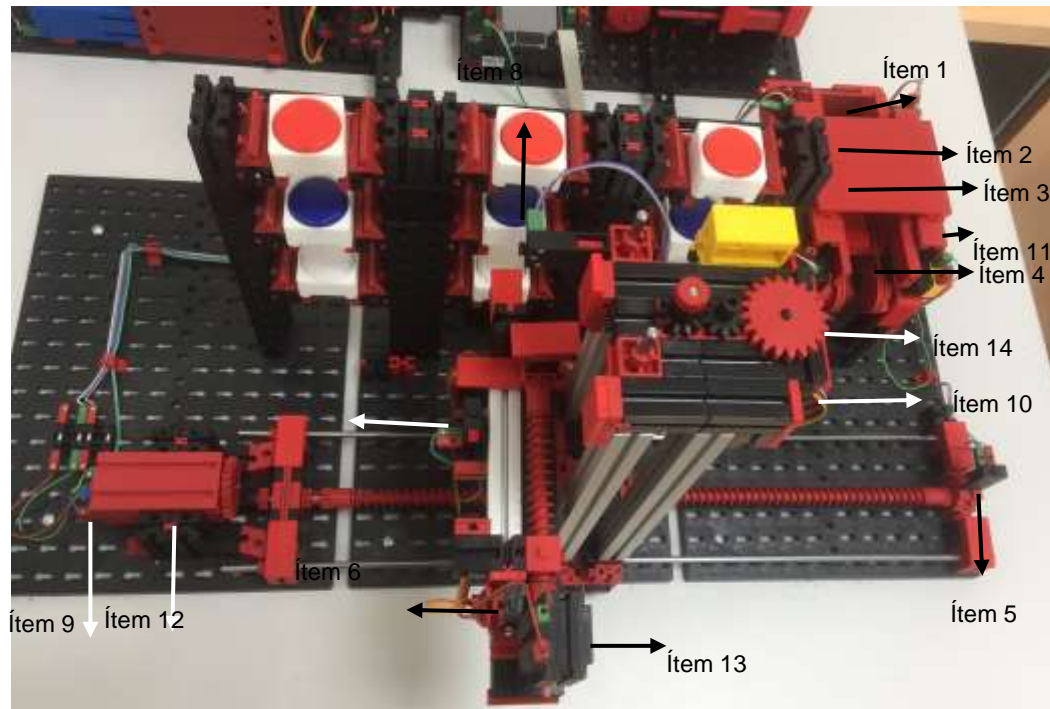


Tabla 1. Conexión entre componentes “Almacén Elevado Automatizado” y el controlador ROBOTICS TXT

ÍTEM	ELEMENTOS	ENTRADAS/SALIDAS	DIGITAL/ANALOGICO
1	Sensor fototransistor (5k Ω)	I1	Digital
2	Sensor de pista (Abajo) (10V)	I2	Digital
3	Sensor de pista (Arriba) (10V)	I3	Digital
4	Sensor fototransistor (5k Ω)	I4	Digital
5	Interruptor posición inicial movimiento horizontal (5k Ω)	I5	Digital

ÍTEM	ELEMENTOS	ENTRADAS/SALIDAS	DIGITAL/ANALOGICO
6	Interruptor posición inicial movimiento posterior (5k Ω)	I6	Digital
7	Interruptor posición inicial movimiento frontal (5k Ω)	I7	Digital
8	Interruptor posición inicial movimiento vertical (5k Ω)	I8	Digital
9	<i>Encoder</i> de movimiento horizontal con efecto hall	C2	Digital
10	<i>Encoder</i> de movimiento vertical con efecto hall	C4	Digital
11	Motor banda transportadora	M1	Digital
12	Motor de movimiento horizontal	M2	Digital
13	Motor de movimiento frontal y posterior	M3	Digital
14	Motor de movimiento vertical	M4	Digital

En el almacén elevado automatizado los dispositivos que presentan graduaciones en velocidad, se comportan de la siguiente manera:

- Motor de movimiento vertical: Desde la velocidad 1 hasta la velocidad 4, el motor no genera el torque suficiente para producir desplazamiento vertical en la plataforma. Con las velocidades 5, 6 y 7 ocurre un movimiento desigual, es decir cada vez que se acciona en cada velocidad se comporta de distinta manera. La velocidad 8 es la única velocidad con movimiento constante y presenta un tiempo aproximado de desplazamiento de un extremo a otro de 6.72 [s].
- Motor de banda transportadora: El motor de la banda transportadora no genera movimiento con las velocidades 1, 2, 3 y 4. Con la velocidad 5 se presenta un movimiento diferente cada vez que se acciona, y a partir de la velocidad 6 cada vez que se acciona el movimiento es uniforme y va aumentando su velocidad a medida que incrementa el valor de la velocidad. No se realiza la relación de

velocidades respecto al tiempo debido a que este motor ejecuta un recorrido sin inicio y sin fin.

- Motor de movimiento horizontal: Cuando el motor presenta una velocidad de 1 no genera una fuerza que supere el torque de la carga, por tanto, no se mueve la plataforma. Con la velocidad 2 se tiene un movimiento desigual, es decir cada vez que se acciona no se comporta igual. En las velocidades 3 y 4 cada vez que se accionan presentan un movimiento uniforme, pero no alcanzan a llegar al estado cero (ítem 5 activado) del movimiento horizontal. A partir de la velocidad 5 el interruptor del desplazamiento horizontal es activado y va aumentando su velocidad a medida que incrementa el valor de la velocidad. A continuación en la
- se muestra el tiempo aproximado de ejecución del estado cero a la posición máxima del movimiento con cada valor de velocidad.

Tabla 2. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de movimiento horizontal

Velocidad	Tiempo estado cero a posición máxima [s]
5	23.55
6	18.76
7	15.63
8	12.84

- Motor de movimiento frontal y posterior: Al accionar el motor con las velocidades 1, 2 y 3 este no presentará movimiento alguno, contrario a esto desde la velocidad 4 surge un movimiento semejante en cada prueba de ejecución, realizando todo el recorrido. En la
- se encuentra la relación de tiempos aproximados desde la posición inicial posterior (ítem 6 activado) hacia la posición inicial frontal (ítem 7 activado) y el movimiento desde la posición inicial frontal en dirección a la posición inicial posterior, respectivos a cada velocidad.

Tabla 3. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de movimiento frontal y posterior

Velocidad	Tiempo posición posterior a posición frontal [s]	Tiempo posición frontal a posición posterior [s]
4	13.07	13.01

5	09.38	09.67
6	07.05	07.45
7	05.65	05.87
8	04.58	04.95

2.2. MANIPULADOR DE ASPIRACIÓN AL VACÍO

La estación de trabajo manipulador de aspiración al vacío (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), realiza los movimientos rotacionales, verticales y horizontales de la ventosa, para trasladar cada tapa desde la estación almacén elevado automatizado hacia la estación de trabajo multiestacion de procesos y desde la estación de trabajo cinta de clasificación con reconocimiento de color hasta la estación de trabajo almacén elevado automatizado. El compresor (ítem 13) y electroválvula de la ventosa (ítem 14) producen la acción de aspiración en vacío, provocando un agarre entre la ventosa y la tapa.

Para que los motores desarrollen un movimiento exacto, la estación de trabajo cuenta con *encoder* (ítem 8) para el motor de movimiento vertical (ítem 11), *encoder* (ítem 7) para el motor de movimiento rotacional (ítem 10), y *encoder* (ítem 9) para el motor de movimiento horizontal (ítem 12). Inicialmente se dirige cada motor al estado cero, el cual se indica cuando se activan los tres interruptores final de carrera, específicamente uno por el movimiento rotacional (ítem 1), uno por el movimiento vertical (ítem 2) y uno por el movimiento horizontal de la pinza (ítem 3).

Notas:

- Para el correcto uso de la electroválvula es necesario encender el compresor (ítem 13).
- Los ítems 4, 5 y 6 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, están ubicados en la estación de trabajo cinta de clasificación con reconocimiento de color. Estos ítems indican en donde se encuentra una tapa y su respectivo color.
- La estación de trabajo manipulador de aspiración al vacío cuenta con un controlador ROBOTICS TXT, ubicado al lado del motor de movimiento rotacional.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se encuentran los ítems mencionados anteriormente. Esta tabla tiene una columna enumerando cada uno de los elementos llamada ítem, una columna mencionando cada elemento nombrada elementos, una columna que relaciona cada elemento con los puertos de entradas y salidas del controlador ROBOTICS TXT, la cual es denominada entradas/ salidas y una columna que especifica si cada elemento es analógico o digital llamada digital/analógico.

Figura 26. Componentes de la estación de trabajo “Manipulador de aspiración al vacío”

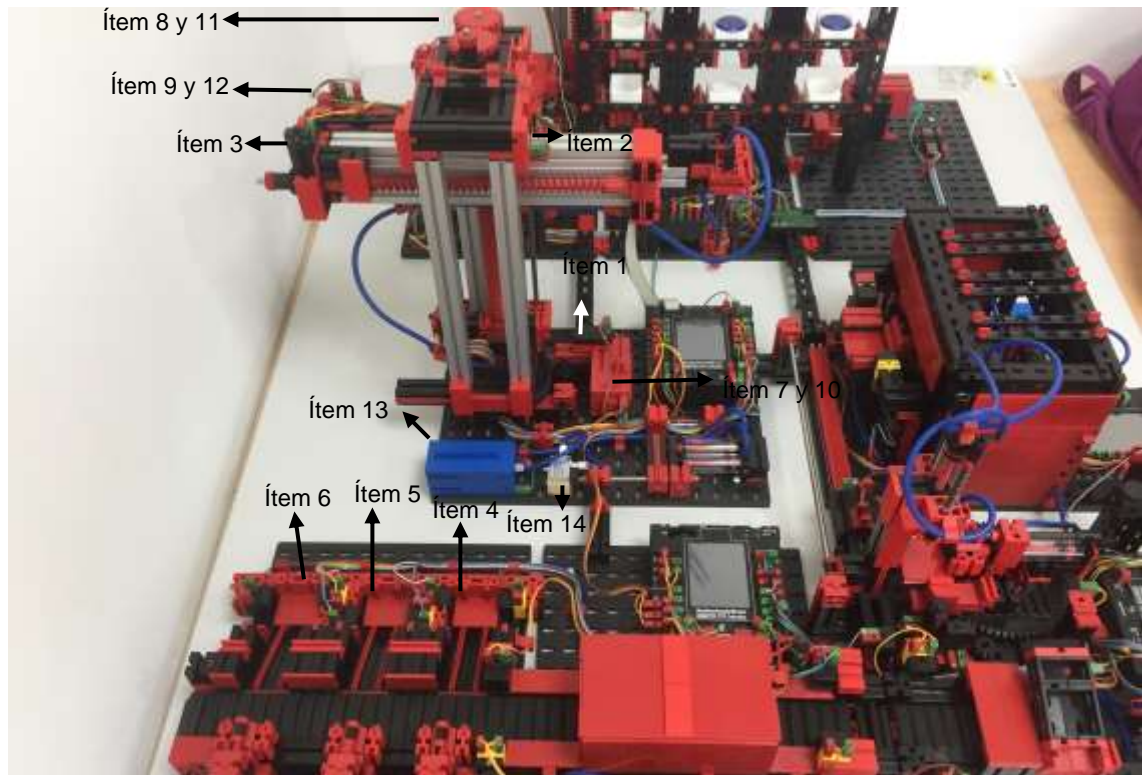


Tabla 4. Conexión entre componentes “Manipulador de Aspiración al Vacío” y el controlador ROBOTICS TXT

ÍTEM	ELEMENTOS	ENTRADAS/ SALIDAS	DIGITAL/ANALÓGICO
1	Interruptor posición inicial movimiento rotacional (5k Ω)	I1	Digital
2	Interruptor posición inicial movimiento vertical (5k Ω)	I2	Digital
3	Interruptor posición inicial movimiento horizontal (5k Ω)	I3	Digital
4	Sensor fototransistor (5k Ω)	I4	Digital
5	Sensor fototransistor (5k Ω)	I5	Digital

ÍTEM	ELEMENTOS	ENTRADAS/ SALIDAS	DIGITAL/ANALOGICO
6	Sensor fototransistor (5k Ω)	I6	Digital
7	Encoder de movimiento rotacional con efecto hall	C1	Digital
8	Encoder de movimiento vertical con efecto hall	C2	Digital
9	Encoder de movimiento horizontal con efecto hall	C3	Digital
10	Motor de movimiento rotacional	M1	Digital
11	Motor de movimiento vertical	M2	Digital
12	Motor de movimiento horizontal	M3	Digital
13	Compresor	O7	Digital
14	Electroválvula ventosa	O8	Digital

El manipulador de aspiración al vacío cuenta 4 dispositivos, en los cuales se regula la velocidad descritos a continuación.

- Motor de movimiento rotacional: Sólo con la velocidad 8 el motor origina un movimiento repetible, empleando un tiempo aproximado de 9.57 [s] para realizar el recorrido de extremo a extremo.
- Motor de movimiento vertical: La velocidad 8 es la única que a cada ejecución del motor, este presenta un movimiento repetible y gasta un tiempo aproximado 5.63 [s] para realizar el recorrido completo.
- Motor de movimiento horizontal: Desde la velocidad 1 a la 4 el movimiento de la plataforma no presenta arranques similares en las mismas posiciones. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la relación de tiempo presentada en las velocidades 5, 6,7 y 8.

Tabla 5. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de movimiento horizontal

Velocidad	Tiempo estado cero a posición máxima [s]	Tiempo posición máxima a Estado Cero [s]
5	13.84	15.01
6	10.60	11.48
7	08.12	08.52
8	06.48	07.34

- Compresor: Para que el compresor pueda tomar las tapas se debe ejecutar a una velocidad de 8 y esperar un tiempo al momento de accionar la electroválvula. Esto porque la frecuencia de trabajo del controlador supera el tiempo que toma la bomba de vacío en llenarse y cuyo valor aproximado es de 5.39 [s].

2.3. MULTIESTACIÓN DE PROCESAMIENTO CON HORNO DE COCCIÓN

La estación de trabajo multiestación de procesamiento con horno de cocción se divide en los procesos de horneado y mezclado.

- **Proceso de horneado**

El proceso de horneado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) presenta el estado cero cuando el final de carrera ítem 1 está activo, seguido de esto se procede a desplazar la plataforma hasta accionar los interruptores de los ítems 2 y 9. Una vez el manipulador de aspiración a vacío ubique la tapa en la plataforma del proceso de horneado, se activa el sensor fototransistor (ítem 4), cuyo cambio de estado acciona el eyector de abertura de la puerta de entrada al proceso (ítem 9). Consecutivamente, se activa el movimiento de la plataforma (ítem 5) hacia la simulación del proceso de horneado, en donde su punto máximo desplazamiento se detecta con el interruptor final de carrera (ítem 1). En la simulación es necesario activar una luz (ítem 10) para crear el ambiente de proceso de horneado. Una vez terminado este proceso la plataforma retorna a su posición inicial (ítem 2), seguidamente se desplaza el motor de movimiento de la ventosa hacia la plataforma, el cual dirige cada tapa del proceso de horneado hacia el proceso de mezclado. Esta ventosa se ubica al frente de la plataforma por medio de un interruptor final de carrera (ítem 3), y para recoger la tapa se activa la electroválvula del ítem 8 mostrado en la

Tabla 6 y luego se activa la electroválvula del ítem 7, la cual que mantiene la tapa encajada a la ventosa.

Notas:

- Para el correcto funcionamiento del eyector es necesario tener activado el compresor del proceso de mezclado encontrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** como el ítem 20.
- El proceso de horneado tiene un controlador ROBOTICS TXT, ubicado al lado del compresor.

En la

Tabla 6 se encuentran los ítems mencionados anteriormente. Esta tabla tiene una columna enumerando cada uno de los elementos llamada ítem, una columna mencionando cada elemento nombrada elementos, una columna que relaciona cada elemento con los puertos de entradas y salidas del controlador ROBOTICS TXT, la cual es denominada entradas/ salidas y una columna que especifica si cada elemento es analógico o digital llamada digital/analógico.

Figura 27. Componentes de la estación de trabajo “Proceso de Horneado”

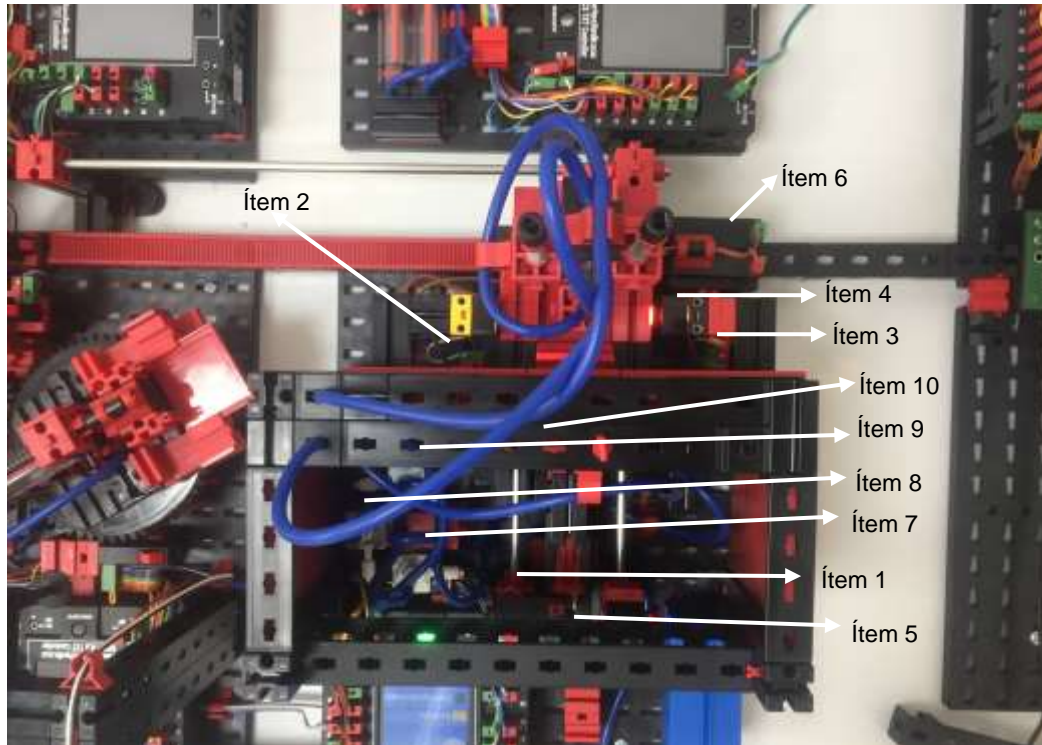


Tabla 6. Conexión entre componentes “Proceso de Horneado” y el controlador ROBOTICS TXT

ÍTEM	ELEMENTOS	ENTRADAS/SALIDAS	DIGITAL/ANALOGICO
1	Interruptor plataforma atrás	I1	Digital
2	Interruptor plataforma adelante	I2	Digital
3	Interruptor llegada ventosa a la plataforma	I3	Digital
4	Sensor fototransistor	I5	Digital
5	Motor de plataforma	M1	Digital
6	Motor de movimiento de la ventosa	M2	Digital
7	Electroválvula ventosa tomar ó soltar objeto	O5	Digital
8	Electroválvula del eyector de la ventosa	O6	Digital
9	Electroválvula del eyector puerta de entrada	O7	Digital
10	Luz proceso	O8	Digital

A continuación, se describen los 3 dispositivos de velocidad ajustable para el proceso de horneado.

- Compresor: El compresor es ejecutable desde la estación proceso de mezclado y es utilizado para abrir la puerta de la estación de trabajo. El compresor funciona a partir de la velocidad 3 y presenta la siguiente relación de velocidad con el tiempo en que demora en subir la puerta.

Tabla 7. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del compresor

Velocidad	Tiempo [s]
3	03.68
4	03.28
5	01.15
6	00.41
7	00.24
8	00.15

- Motor de la plataforma: A partir de la velocidad 5 el motor realiza un movimiento uniforme cada vez que se acciona el motor y va aumentando su velocidad a medida que incrementa el valor de la velocidad. En la
-
- se muestra la relación del tiempo aproximado del desplazamiento de la plataforma de adentro hacia afuera del proceso y de afuera hacia dentro del proceso con cada velocidad.

Tabla 8. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de la plataforma

Velocidad	Tiempo posición afuera del proceso hacia adentro del proceso [s]	Tiempo posición adentro del proceso hacia afuera del proceso [s]
5	08.48	09.45
6	06.20	06.65
7	06.11	06.65
8	06.01	06.65

- Motor de movimiento de la ventosa: Con la velocidad 1 y 2 el torque del motor no alcanza a vencer el torque de la carga, por tanto, la plataforma no realiza movimiento. A partir de la velocidad 4 el movimiento del motor se comporta de manera uniforme y va aumentando su velocidad a medida que incrementa el valor de la velocidad. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presenta la relación tiempo de ejecución entre el estado cero y el estado máximo y viceversa respecto a la velocidad de actuación.

Tabla 9. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de movimiento de la ventosa

Velocidad	Tiempo Estado Cero a posición máxima [s]	Tiempo posición máxima a Estado Cero [s]
4	20.69	19.15
5	17.08	15.54
6	14.55	13.88
7	12.25	12.75
8	10.48	10.48

- **Proceso de mezclado**

En la ejecución del proceso de mezclado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), una plataforma giratoria (ítem 6) es situada en la posición de recogida. Esta posición se determina por la activación de un interruptor final de carrera (ítem 1). Posteriormente, la plataforma giratoria detecta dos paradas de trabajo mediante dos interruptores finales de carrera correspondientes al ítem 2 e ítem 3, mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** En la primera parada se desarrolla el proceso de simulación de mezclado por medio del giro de un motor (ítem 7) y en la segunda parada se deposita cada tapa en una banda transportadora (ítem 8), con la activación de la electroválvula del ítem 9. Al final del trayecto de la banda transportadora se encuentra un sensor fototransistor (ítem 4), que determina el final del proceso de mezclado de cada tapa.

Notas:

- Para el correcto funcionamiento del eyector, es necesario tener activado el compresor (ítem 10).
- El proceso de mezclado posee un controlador ROBOTICS TXT, situado al lado de la electroválvula.

Los anteriores ítems se esclarecen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Esta tabla tiene una columna enumerando cada uno de los elementos llamada ítem, una columna mencionando cada elemento nombrada elementos, una columna que relaciona cada elemento con los puertos de entradas y salidas del controlador ROBOTICS TXT, la cual es denominada entradas/ salidas y una

columna que especifica si cada elemento es analógico o digital llamada digital/analógico.

Figura 28. Componentes de la estación de trabajo “Proceso de Mezclado”

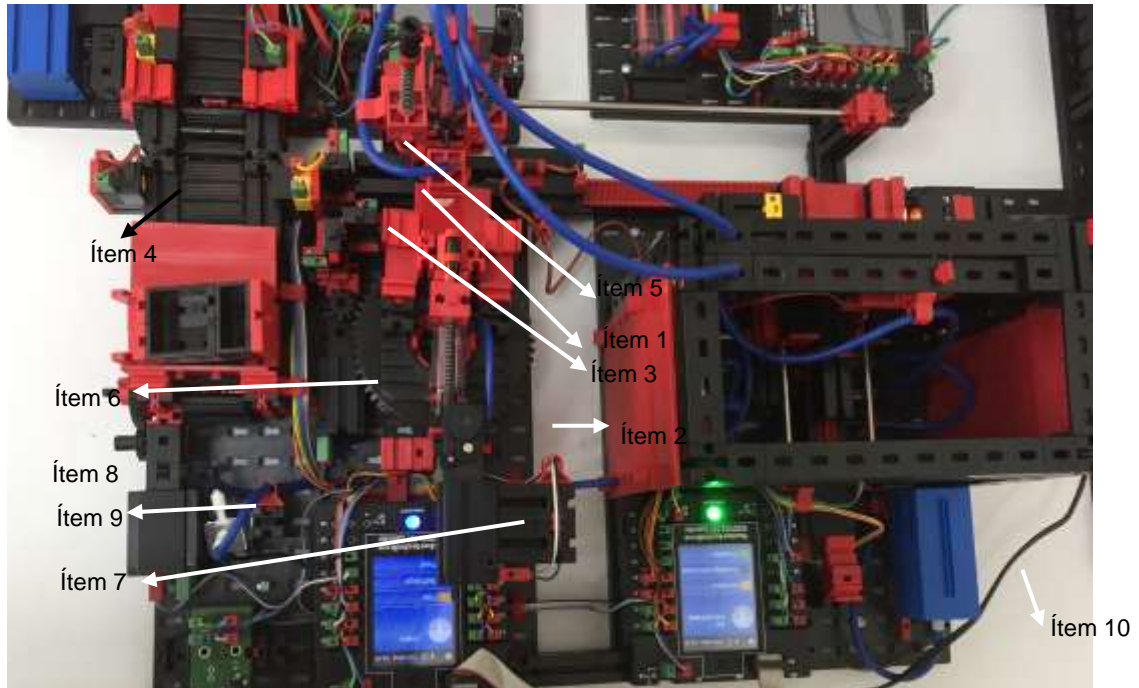


Tabla 10. Conexión entre componentes “Proceso de Mezclado” y el controlador ROBOTICS TXT

ÍTEM	ELEMENTOS	ENTRADAS/SALIDAS	DIGITAL /ANALOGICO
1	Interruptor posición recibir caja (5k Ω)	I1	Digital
2	Interruptor posición mezcla (5k Ω)	I2	Digital
3	Interruptor posición entrega a la banda (5k Ω)	I3	Digital
4	Sensor fototransistor final de banda (5k Ω)	I4	Digital
5	Interruptor posición ventosa (5k Ω)	I5	Digital
6	Motor de la plataforma giratoria	M1	Digital
7	Motor mezclador	M2	Digital

ÍTEM	ELEMENTOS	ENTRADAS/SALIDAS	DIGITAL /ANALOGICO
8	Motor de banda transportadora	M3	Digital
9	Electroválvula	O7	Digital
10	Compresor	O8	Digital

En la estación de trabajo proceso de llenado 4 dispositivos son conmutables respecto a la velocidad, estos se detallan a continuación

- Motor de la plataforma giratoria: La plataforma giratoria a partir de la velocidad 5 presenta un movimiento uniforme cada vez que se acciona y va aumentando su velocidad a medida que incrementa el valor de la velocidad. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan los tiempos de ejecución con respecto a las velocidades programadas.

Tabla 11. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del motor de la plataforma giratoria

Velocidad	Tiempo desplazamiento desde el motor hasta la banda [s]	Tiempo desplazamiento desde la banda hasta el motor [s]
5	06.75	06.65
6	06.68	06.55
7	06.65	06.45
8	02.68	02.84

- Motor mezclador: El motor mezclador realiza su función a partir de la velocidad 5 y va aumentando su velocidad a medida que incrementa el valor de la velocidad.
- Motor de banda transportadora: La banda transportadora no realiza ningún movimiento para las velocidades 1 y 2, las velocidades 3 y 4 presentan un comportamiento diferente en el movimiento del motor. Desde la velocidad 5 la banda transportadora realiza un movimiento uniforme y va aumentando su velocidad a medida que incrementa el valor de la velocidad.
- Compresor: Con las velocidades 1, 2 y 3 el compresor no produce el aire suficiente para generar un cambio de estado en el eyector (ítem 9). La velocidad 4 activa la función del eyector sin embargo tarda 03.47 [s] aproximadamente y no termina su ejecución. A partir de la velocidad 5 el

eyector realiza su recorrido completo y va aumentando su velocidad a medida que incrementa el valor de la velocidad. En la tabla presentada a continuación se aprecia el tiempo del trayecto completo para las velocidades superiores a 5.

Tabla 12. Relación tiempo del recorrido con las velocidades del compresor

Velocidad	Tiempo [s]
5	02.33
6	00.68
7	00.34
8	00.30

2.4. CINTA DE CLASIFICACIÓN CON RECONOCIMIENTO DE COLOR

En la cinta de clasificación con reconocimiento de color (Figura 29), las tapas del proceso son ubicadas una por una en la banda transportadora en movimiento (ítem 8). El sensor fototransistor (ítem 1) detecta la presencia de cada tapa. A partir de esto se empieza a contar los impulsos generados por el pulso contador (ítem 7) hasta llegar a la posición del sensor de color (ítem 2), este registra un valor analógico dependiendo del color de la tapa, el cual se utiliza para clasificar cada una en rojo, blanco o azul.

La función de los eyectores (ítem 9, 10, 11) es arrojar cada tapa a una rampa (ítem 4, 5, 6) según su color. Para alcanzar la posición de cada eyector, el proceso involucra un sensor fotoeléctrico (ítem 3) a la salida de la caja que contiene al sensor color.

Notas:

- Para el correcto funcionamiento de cada eyector, es necesario tener activado el compresor (ítem 12).
- La banda transportadora cuenta con un pulso contador (ítem 7).
- La cinta de clasificación con reconocimiento de color tiene un controlador ROBOTICS TXT, ubicado al lado de la caja que contiene al sensor de color.

Los ítems respectivos a cada dispositivo se encuentran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Esta tabla tiene una columna enumerando cada uno de los elementos llamada ítem, una columna mencionando cada elemento nombrada elementos, una columna que relaciona cada elemento con los puertos de entradas y salidas del controlador ROBOTICS TXT, la cual es denominada entradas/ salidas y una columna que especifica si cada elemento es analógico o digital llamada digital/analógico.

Figura 29. Componentes de la estación de trabajo “Cinta de Clasificación con Reconocimiento de Color”

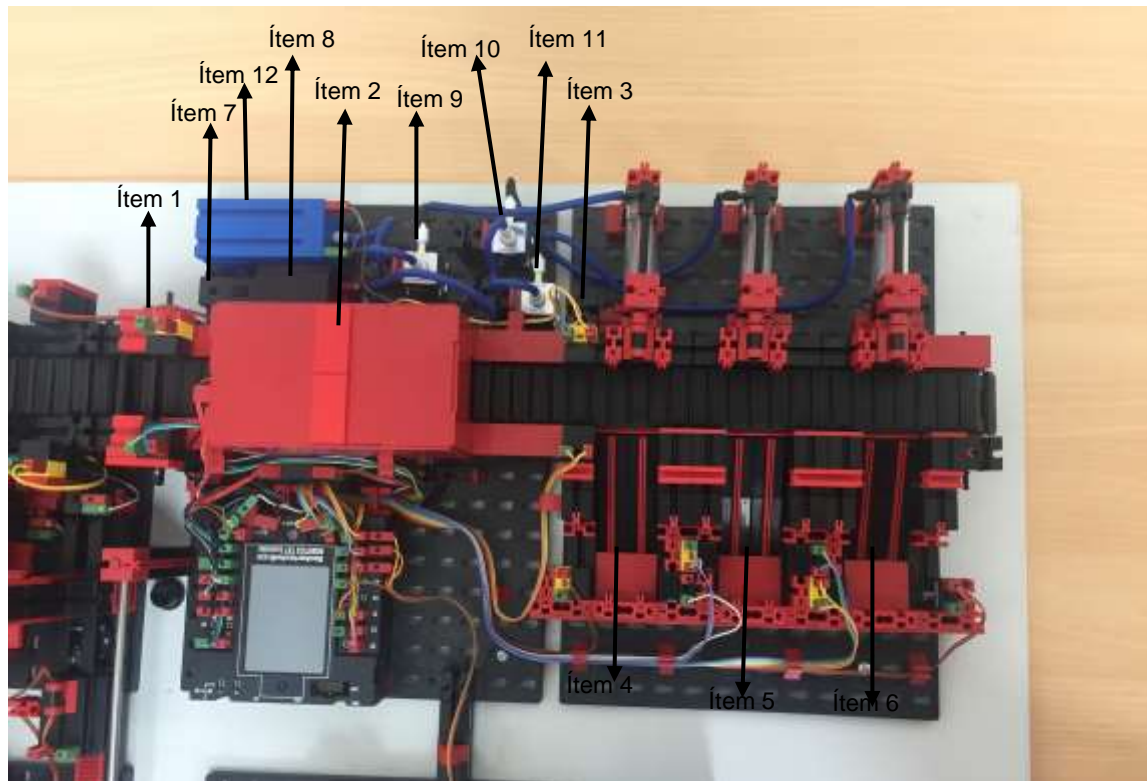


Tabla 13. Conexión entre componentes “Cinta de clasificación con reconocimiento de color” y el controlador ROBOTICS TXT

ÍTEM	ELEMENTOS	ENTRADAS/ SALIDAS	DIGITAL /ANALÓGICO
1	Sensor fototransistor (5kΩ)	I1	Digital
2	Sensor de color (10V)	I2	Analógico
3	Sensor fototransistor (5kΩ)	I3	Digital
4	Sensor fototransistor (5kΩ)	I6	Digital
5	Sensor fototransistor (5kΩ)	I7	Digital

ÍTEM	ELEMENTOS	ENTRADAS/ SALIDAS	DIGITAL /ANALOGICO
6	Sensor fototransistor (5k Ω)	I8	Digital
7	Pulso contador (Rueda de impulso)	C1	Digital
8	Motor de labanda transportadora	M1	Digital
9	Electroválvula eyector de color	O5	Digital
10	Electroválvula eyector de color	O6	Digital
11	Electroválvula eyector de color	O7	Digital
12	Compresor	O8	Digital

La estación de trabajo cinta de clasificación con reconocimiento de color contiene 2 dispositivos con velocidades variables, descritos a continuación:

- Motor banda transportadora: Desde la velocidad 5, la banda transportada transportadora se acciona y va aumentando su velocidad a medida que incrementa el valor de la velocidad.
- Compresor: El compresor se enciende con velocidad 1 sin embargo no posee la fuerza para mover los eyectores. Con velocidad 2 el compresor mueve los eyectores con muy poca fuerza y esta crece a medida que aumenta el valor de la velocidad. La velocidad 8 es la ideal de trabajo cuyo tiempo aproximado de ejecución es de 0.14 [s].

Para la ejecución completa del simulador de fábrica FISCHERTECHNIK, es necesario configurar el controlador de cada estación de trabajo de la siguiente manera:

- Almacén elevado automatizado → Maestro
- Manipulador de aspiración al vacío → Extensión
- Multiestación de procesamiento con horno de cocción:
 - Proceso de mezclado → Maestro
 - Proceso de horneado → Extensión
- Cinta de clasificación con reconocimiento de color → Maestro

Y para configurar cada controlador hay que seleccionar en la pantalla táctil la opción de configuraciones, acceder a propiedad y escoger el rol del controlador.

3. GUÍA DE PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE ROBO PRO.

En este capítulo se dará la información relevante para conocer el funcionamiento del software ROBO Pro y cada uno de sus elementos de programación, además se indicara estructuras de diagrama de flujo para trabajar adecuadamente, en donde las estructuras diseñadas son basadas en estructuras del manual del software ROBO Pro y la referencia [13]. Para iniciar la guía de programación se aconseja ver primero el anexo A y después dirigirse a este capítulo para completar la guía de programación.

Ejercicios realizados para adaptarse al software ROBO Pro

Para entender la función que realiza cada uno de los componentes ubicados en la biblioteca del software (Grupo de elementos) se revisó el manual de FISCHERTECHNIK, agregado a esto se crearon diferentes programas con la intención de recrear el funcionamiento de un sistema que contenga accionadores eléctricos, neumáticos. En el anexo A se encuentra la guía de programación del software ROBO Pro, en donde se describen los elementos utilizados por los autores de este documento en la programación del sistema simulador de fábrica FISCHERTECHNIK.

- **Primer ejercicio**

Como no se tiene experiencia manipulando los elementos del simulador de fábrica, ni del software ROBO Pro, se comienza con un diagrama de flujo que haga girar el rotor del motor M1 en sentido anti horario hasta que el final de carrera I1 sea activado. Para realizar este proceso se prueba con la posición inicial de la plataforma (Mesa con fresa giratoria) de la estación de trabajo Multiestación de procesamiento con horno de cocción. El controlador ROBOTICS TXT a operar se encuentra ubicado en el proceso de mezclado. A continuación en la

se indicaran los elementos de entrada y salida del sistema.

Tabla 14. Elementos de entrada y salida del sistema del primer ejercicio

Entrada	Símbolo	Salida	Símbolo
Interruptor	I1	Motor	M1

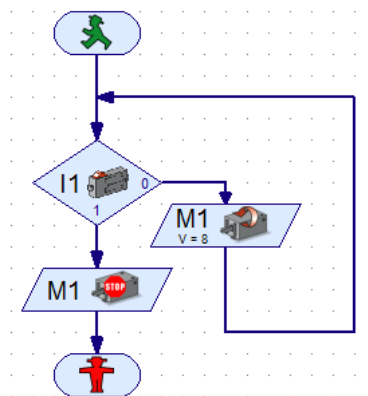
❖ Solución

Los componentes de programación usados para resolver el ejercicio (

) se indicaran a continuación:

- Para hacer este diagrama se empieza situando el elemento de Inicio.
- En seguida se conecta un elemento de Bifurcación digital, este es usado para verificar si el final de carrera I1 se encuentra activo.
- El motor M1 empezara a girar hacia la izquierda, con la potencia máxima, es decir a velocidad de 8.
- Una vez se active el interruptor I1 el motor M1 se detendrá.
- Por último el motor M1 se detiene.

Figura 30. Diagrama de flujo para girar el motor “M1”



• Segundo ejercicio

Con el ejercicio anterior se da una idea más clara de la estructura que deben seguir los componentes de programación para controlar una acción en el sistema físico. Para avanzar en el aprendizaje del manejo del software se plantea otro problema, diseñado por los autores de este documento para entender el movimiento de los motores con *encoders*. Se aconseja usar la estación de trabajo Manipulador de aspiración al vacío para analizar el funcionamiento de los motores con el elemento de programación Motor de codificador (Nivel 1).

Se tienen dos motores con *encoder* encargados del movimiento de dos ejes, el primer motor M2 desplazará una plataforma 100 pulsos a la derecha y el segundo motor M3 moverá otra plataforma una distancia equivalente a 100 pulsos a la izquierda, y en ese momento se detendrá el desplazamiento producido por los motores. Los motores girarán a una velocidad de paso igual a 8. Esta acción se realiza 3 veces. Al terminar se escuchará la grabación de Excavator guardada en el controlador ROBOTICS TXT.

❖ **Solución:**

- El problema principal es controlar la distancia recorrida por la plataforma referida a una cantidad de pulsos y el elemento que realiza esta acción se llama “Motor de Codificador” (Nivel 1). Este componente es usado para mover los motores con *encoders* a las distancias especificadas por el ejercicio.
- Los motores aportarán un flanco de subida al elemento “Esperar a” entrada referida al motor M2 (M2E) y al motor M3 (M3E) cuando lleguen a la posición indicada por los pulsos.
- Se procede a desactivar los motores y se acaba el primer ciclo.
- El número de iteraciones a realizar el programa son tres y se puede realizar este conteo por medio del elemento Bucle contador.
- Para reproducir la grabación se emplea el elemento Sonido y se selecciona el archivo Excavator.

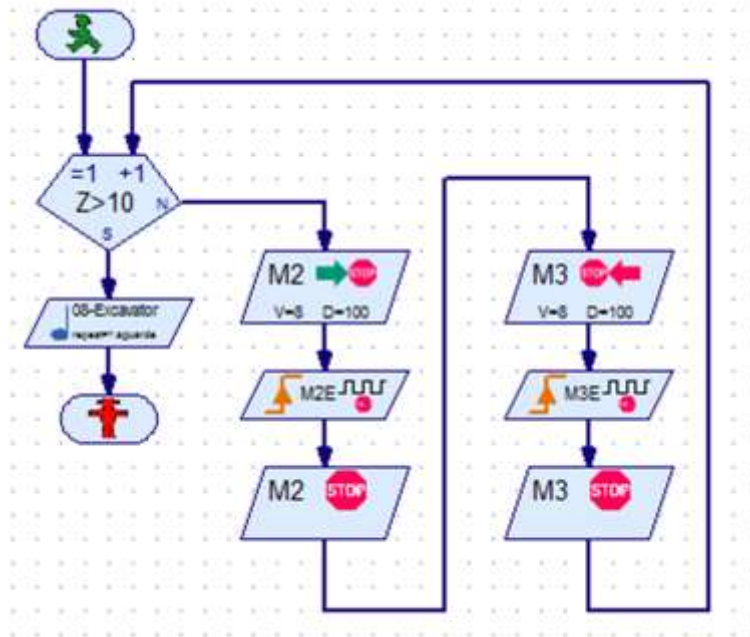
En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede apreciar las señales de entrada y salida del sistema diseñado.

Tabla 15. Elementos de entrada y salida del sistema del segundo ejercicio

Entradas	Símbolo	Salidas	Símbolo
Esperar a entrada referida al motor M2	M2E	Motor encargado del movimiento vertical	M2
Esperar a entrada referida al motor M3	M3E	Motor encargado del movimiento longitudinal	M3

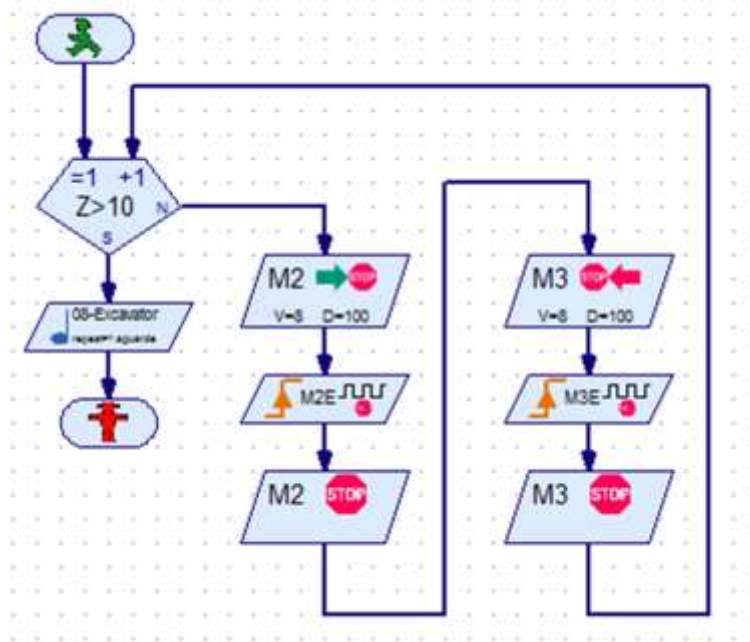
En

la



se muestra la estructura del diagrama de flujo

Figura 31. Diagrama de flujo para desplazamiento de motores *encoders* a través de pulsos.



- **Tercer ejercicio**

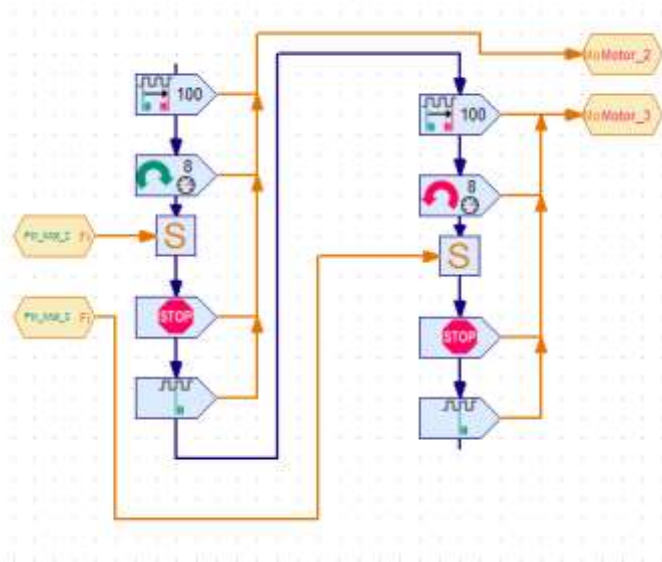
La estructura del diagrama de flujo del siguiente ejercicio fue tomada de un ejemplo del manual de FISCHERTECHNIK.

En los ejercicios resueltos anteriormente se entiende que para un problema no hay única solución, sino que se pueden desarrollar diferentes estructuras que den con el resultado. A continuación se resolverá el segundo ejercicio mencionado en esta sección, pero en este caso se usaran elementos de subprogramas que se encuentran al subir el nivel de programación.

Igual que en el punto anterior el problema a resolver es la movilidad de dos motores usando pulsos en su desplazamiento, por medio de elementos de subprogramas, para solucionar esto se sube el nivel de programación a 3, en este nivel aparecen los elementos Comandos. Entre los componentes de programación llamados comandos se encuentran cinco utilizados en este ejercicio, los cuales son: Distancia, Derecha, Izquierda, OFF y Reset [14].

A partir de los elementos Comandos mencionados anteriormente, se realiza el diagrama de flujo de desplazamiento de los motores con *encoders* por medio de los pulsos. El diagrama de flujo se ilustra y se sustenta a continuación.

El diagrama de flujo de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** es el proceso de control del subprograma llamado Ejes (



), este subprograma está contenido en el programa principal (

), explicadas a continuación.

- Para que el diagrama de flujo de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** reciba señales del programa principal se usa el elemento Entrada de comando de subprograma y para enviar las señales de salida se usa el elemento Salida de comando de subprograma.

También se conectan los elementos Distancia con las Salidas de comando de subprogramas (Referidas a los motores), de esta forma se le indican a los motores la cantidad de pulsos a moverse. Seguidamente se conectan los elementos Comando de giro con las Salidas de comando de subprogramas, estos elementos son los responsables de la dirección de giro y la velocidad de

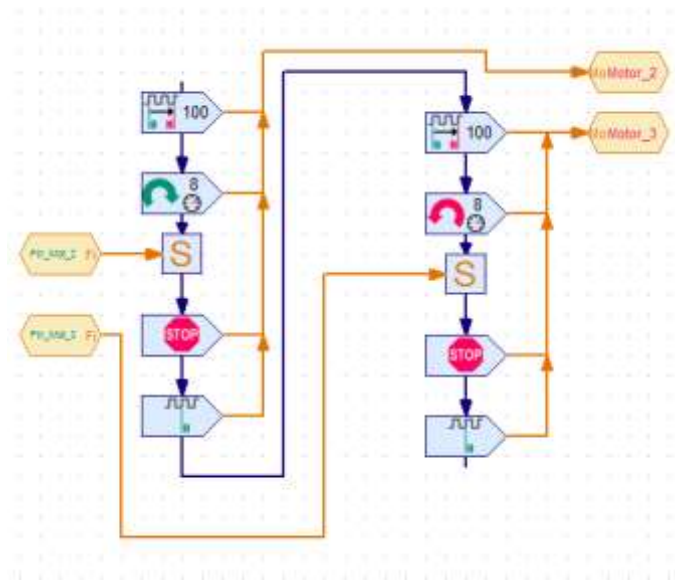
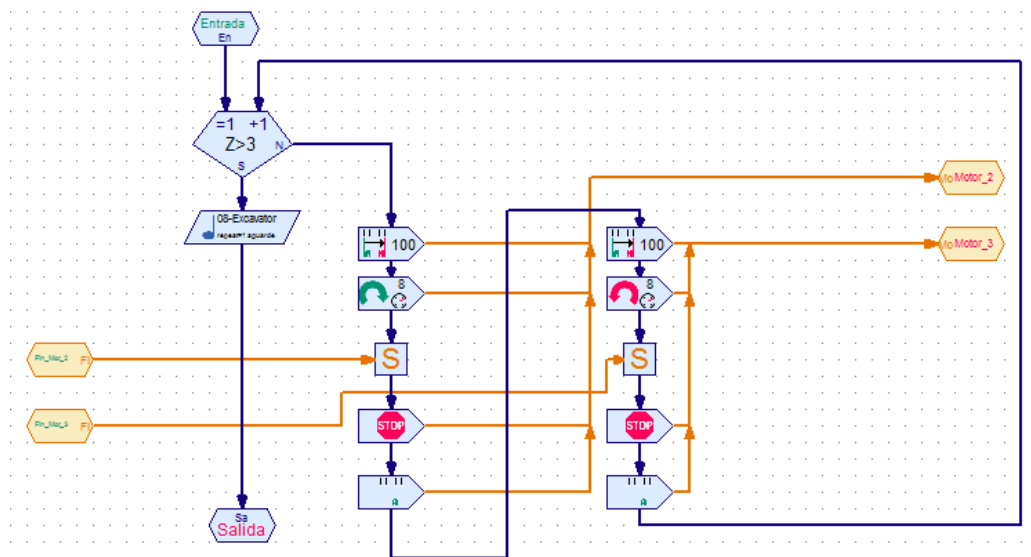


Figura 33. Diagrama de flujo del subprograma desplazamiento de motores M2 y M3.

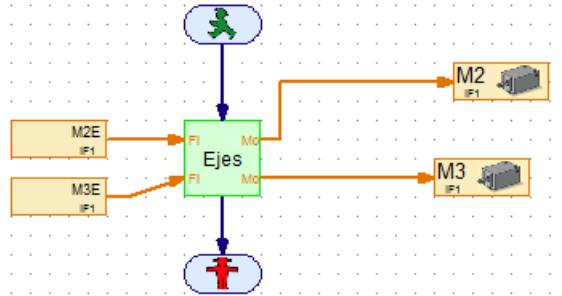


A continuación se explicará cómo conectar el subprograma Ejes al programa principal.

- En el programa principal (
-

-) se selecciona la opción de programas cargados en el grupo de elementos, en donde aparecerá el subprograma creado, luego se conecta el subprograma con los elementos Inicio y Fin. Los elementos de entradas universales referidas a los motores M2 y M3, y los elementos de Salida de motor (M2 y M3) se conectarán con las señales de entrada y salida del subprograma.

Figura 34. Programa principal de motores que se desplazan 100 pulsos.



En la

se pueden identificar los elementos de entrada y salida del sistema.

Tabla 16. Elementos de entrada y salida del sistema del tercer ejercicio

Entradas	Símbolo	Salidas	Símbolo
Esperar a entrada referido al motor M2	M2E	Motor encargado del movimiento rotacional	M2
Esperar a entrada referido al motor M3	M3E	Motor encargado del movimiento rotacional	M3

- **Cuarto ejercicio**

El USS IOWA (BB-61) fue un buque de guerra estadounidense usado en la segunda guerra mundial (1943), este acorazado entre su armamento estaba equipado con nueve cañones de 406 mm (3*3) que fueron de decisivos para ganar este conflicto mundial. El cañón de 406 mm se encuentra ubicado sobre una plataforma giratoria para dar un mayor rango de acción al momento de un enfrentamiento.

Para el siguiente ejercicio se simulara el proceso de control de la plataforma giratoria a un modelo escala, con el motor M1 encargado del movimiento rotacional del manipulador de aspiración al vacío. La simulación será realizada por medio del software ROBO Pro. Al programa se le asignara una escala que tendrá al estado cero como su valor mínimo, para corroborar que la torreta se encuentra en este punto se dispone con un elemento de final de carrera tipo pulsador. El sentido de giro del motor es decidido por el signo del valor ingresado, si es positivo el sentido de giro es horario (Derecha), pero si es negativo el sentido de giro es anti horario (Izquierda).

Para resolver este problema se indicará un listado de ideas principales a tener en cuenta.

- El programador usara una medida de operación dado con valores igual o mayores a cero (0).
- El programa tendrá que diferenciar cuando el valor ingresado es cero o cuando es otro número (positivos o negativos).
- Si el valor ingresado es cero el motor girara en sentido anti horario hasta que el pulsador de estado cero se encuentre activado.
- Cuando la nueva posición introducida es un valor positivo el motor girara en sentido horario hasta llegar al nuevo punto.
- Si la posición nueva es un valor negativo el rotor del motor girara en sentido anti horario hasta llegar a su nueva ubicación.

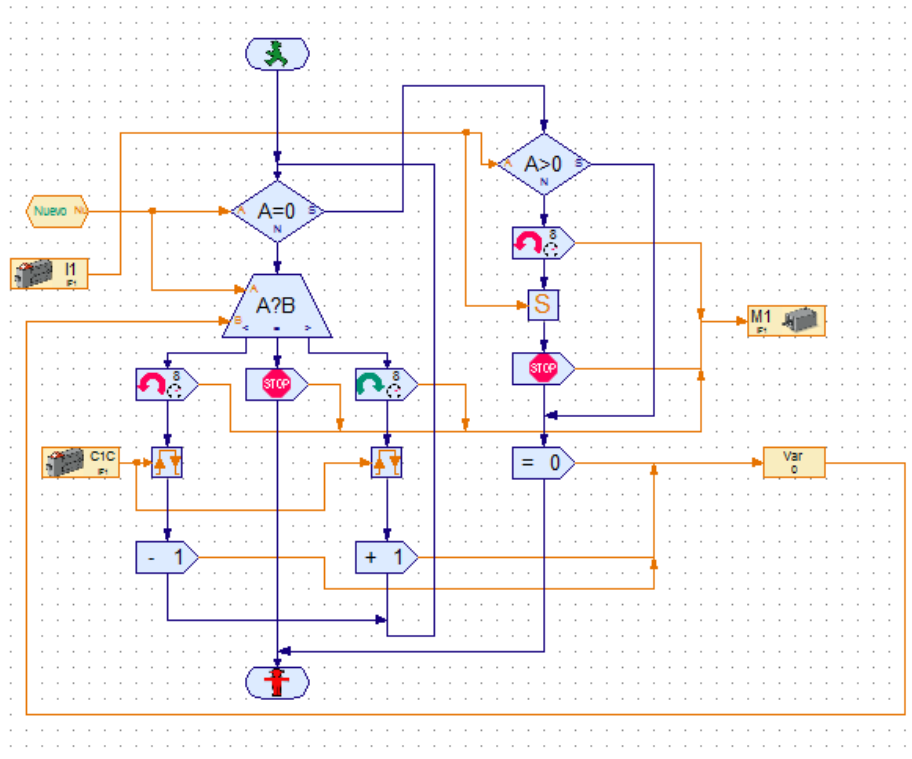
❖ Solución

El diagrama de flujo de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** es usado en la simulación de la plataforma se indicará a continuación:

- En el diagrama de flujo se identifica si el valor es igual a cero o no, a través del elemento Bifurcación (con entrada de datos). Cuando el valor ingresado es cero el motor funcionara en sentido anti horario y solo se detendrá hasta que el pulsador de estado cero se encuentre activo. En cambio cuando el valor ingresado es diferente de cero se usa el elemento Comparación para determinar si este valor es menor, mayor o igual al actual.

- Si el valor ingresado es negativo se usara el elemento de comando izquierda para que el motor haga que su rotor gire en sentido anti horario, y se contara cada pulso del decodificador del motor para disminuir en un valor de uno (1) la posición actual con el comando resta (-1), cada pulso hará que este valor disminuya hasta llegar a la posición deseada.
- Y si el valor ingresado es positivo se activará un elemento de comando llamado derecha indicándole al motor que debe girar el rotor en sentido horario, cada pulso suministrado será contado como una adición de una unidad (1) en la variable del valor actual, este proceso terminara hasta que haya llegada al valor registrado en la entrada.

Figura 35. Diagrama de flujo simulador de torreta giratoria.



Fuente: [13]

En la

se indicaran las entradas y salidas a usar en el programa en la:

Tabla 17. Elementos de entrada y salida del sistema del cuarto ejercicio

Entradas		Salidas	
Nombre de entrada	Nombre en el programa	Nombre de salida	Nombre en el programa
Pulsador de estado cero	I1	Motor	M1
Valor nuevo	Nuevo		
Generador de pulsos	C1C		

El siguiente ejercicio fue desarrollado en base a la estructura básica de un ejemplo del manual de Fischertechnik [14].

- **Quinto ejercicio**

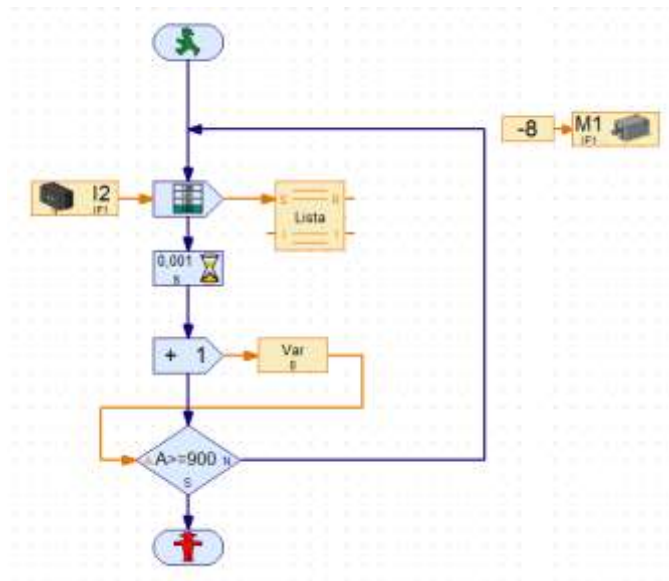
En una fábrica embotelladora se requiere identificar la cantidad de los diferentes tipos de botellas (Blancas, Azules, Rojas) de bebidas a envasar. Para reconocer las botellas, la fábrica cuenta con sensor óptico de color, el cual suministra rangos de datos analógicos según el color.

❖ **Solución**

En la identificación de los tipos de botellas primero se determinan los rangos según los colores de estas y una vez obtenidos los rangos se cuentan la cantidad de cada tipo de botellas.

Para reconocer los rangos de colores se ejecuta el diagrama de flujo mostrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** explicado a continuación.

Figura 36. Diagrama de flujo identificador de rango de colores

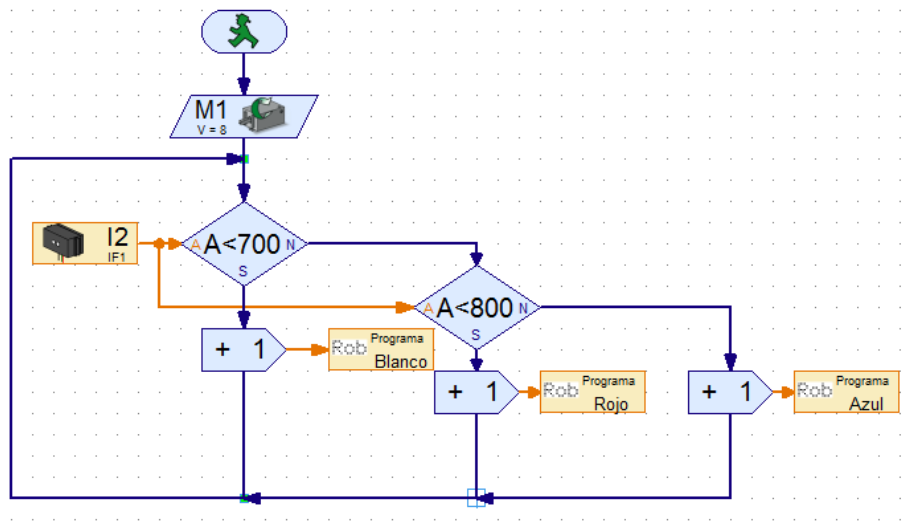


En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se inicia el programa, y se activa el elemento añadir, el cual recibe datos del sensor de color (I2) y los agrega en el elemento lista. Posteriormente el diagrama de flujo espera 0,001 [s] para aumentar un valor de 1 a la variable A del elemento bifurcación analógica con entrada de datos, el cual finaliza el programa cuando el valor de A sea igual o superior a 900. De esta forma se ejecuta el programa 900 veces.

El motor M1 correspondiente a la banda transportadora se mantiene encendido durante todo el proceso.

Una vez identificados los rangos de colores se procede a realizar el conteo, como se ve en la siguiente figura.

Figura 37. Diagrama de flujo para el conteo de botellas



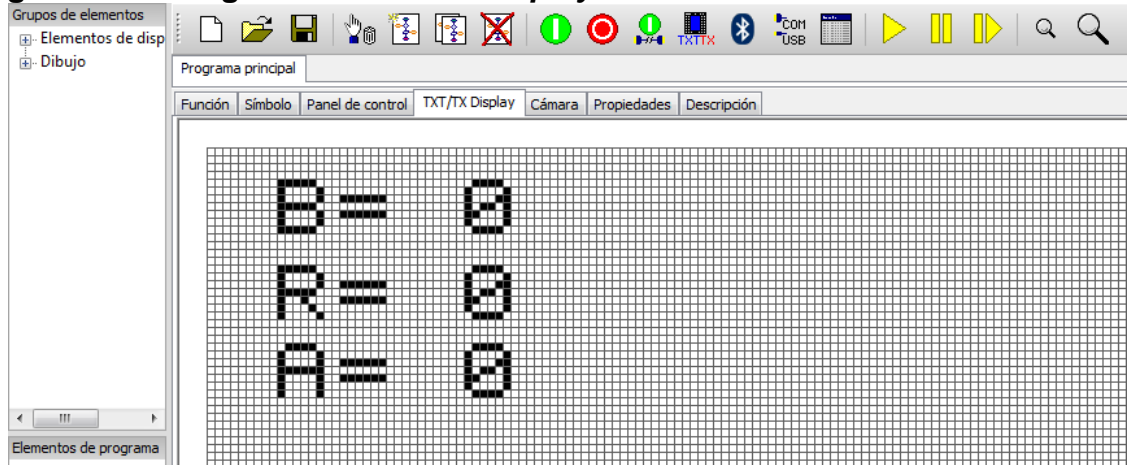
, se acciona la banda transportadora (M1) y se activa el elemento bifurcación analógica con entrada de datos, en el cual la variable A va conectada al sensor de color, dependiendo del rango va ir aumentando de a uno el conteo en el tipo de botella que esté presente en la banda transportadora.

Para los diferentes tipos de botellas (distinguidos por colores), los rangos de valores analógicos que presenta el sensor de color son:

- Blanco → 0 a 700.
- Rojo → 700 a 800.
- Azul → Mayores a 800.

El conteo de los tipos de botellas, se muestra en el controlador por medio del elemento salida del panel de control, conectado directamente al comando +1. Para configurar la conexión del controlador con el elemento salida de panel de control se estructura el TXT/TX *Display* con tres elementos mostrar, cada uno correspondiente a los tipos de botella, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 38. Configuración TXT/TX *display*



En la

se encuentran los elementos de entrada y salida del sistema.

Tabla 18. Elementos de entrada y salida del sistema del quinto ejercicio

Entradas		Salidas	
Nombre de entrada	Nombre en el programa	Nombre de salida	Nombre en el programa
Sensor óptico de color	I2	Salida del panel de control	Blanco, Azul, Rojo.

		Motor encargado del movimiento de la banda transportadora	M1
--	--	---	----

4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

En este capítulo se sustenta el proceso utilizado en el diseño de las prácticas a implementar en cada estación de trabajo y del sistema global, en el sistema simulador de fábrica FISCHERTECHNIK.

4.1. PROGRAMACIÓN DE CADA PRÁCTICA

Para tener fundamento en el diseño de las prácticas, se caracterizó y se programó cada estación de trabajo y la unión del sistema global realizando el siguiente procedimiento:

- 1) Identificar los componentes físicos del sistema y los elementos del software.
- 2) Caracterizar la conexión de los componentes físicos del sistema con el controlador ROBOTICS TXT.
- 3) Verificar que cada elemento de salida ejecute su función y cada elemento de entrada sea leído.
- 4) Determinar las limitaciones de operación de los dispositivos que presentan graduaciones en velocidad.
- 5) Describir el funcionamiento de cada estación de trabajo por medio de graficet.
- 6) Diseñar diagramas de flujos en el software ROBO Pro para operar cada parte de cada estación de trabajo.
- 7) Implementar un diagrama de flujo principal que integre el control realizado en cada parte de las estaciones de trabajo.
- 8) Unir los diagramas de flujos anteriores de las estaciones de trabajo Manipulador de aspiración al vacío y Almacén elevado automatizado para accionar el completo funcionamiento del sistema simulador de fábrica FISCHERTECHNIK.

4.2 DISEÑO DE LAS PRÁCTICAS

Una vez programada cada estación de trabajo y el sistema completo del simulador de fábrica FISCHERTECHNIK se concluye que es necesario antes de realizar los diagramas de flujo leer unos temas de consulta, tales como:

- El proceso a realizar por cada estación de trabajo y por el sistema global.
- Los componentes que contiene cada estación de trabajo y el modo de funcionamiento.
- La conexión de los componentes con el controlador de cada estación de trabajo.
- La función que realizar cada elemento del software y su forma de conexión en los diagramas de flujo de ROBO Pro.

Los temas de consultas que se ubican en cada práctica son referenciados a diferentes secciones de los capítulos 1, 2, 3 y del anexo A de este documento según la estación de trabajo correspondiente a cada práctica.

Posterior a la consulta, se conecta el computador con el controlador ROBOTICS TXT. Para configurar esta conexión se deben realizar los siguientes pasos en el software:

- Selección del entorno del programa para la interfaz.
- Configuración de puertos para la interfaz.
- Realizar la prueba de interfaz, en la cual se comprueba el funcionamiento de cada componente de la estación de trabajo y se verifica que la conexión este en marcha, por medio del ítem conexión.
- Verificar el modo de operación de cada controlador.

El procedimiento a realizar para conectar el controlador con el computador va en cada práctica de cada estación de trabajo, debido a que los grupos de estudiantes pueden programar cada estación de trabajo a la vez. La práctica del sistema completo del simulador de fábrica no contiene este procedimiento, puesto que es desarrollada una vez se tienen programadas las estaciones de trabajo individualmente.

Seguidamente se realizan los diseños de los diagramas de flujo que operan parte por parte cada estación de trabajo, comprendiendo las estructuras y las operaciones individuales para proceder al funcionamiento total de la estación de trabajo. Cada estación de trabajo ejecuta diferentes acciones, por lo tanto en la práctica de cada estación de trabajo se presenta un proceso de diseño distinto.

Debido a que el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK va a emplearse en la asignatura de Automatización de Procesos, se establecen los objetivos a partir de la relación entre las funciones a ejecutar en cada estación de trabajo con la teoría de la asignatura Automatización de Procesos.

Una vez detallado el contenido del que está compuesto cada práctica, se realiza la estructura de la práctica mostrada a continuación:

- Objetivos.
- Equipos.
- Temas de consulta.
- Procedimiento.
- Bibliografía recomendada.

Cada práctica se encuentra en el **Anexo B**. GRÁFICO FUNCIONAL DE MANDO ETAPA/TRANSICIÓN y PROGRAMACIÓN DE CADA PRÁCTICA DE LABORATORIO

El anexo B del presente proyecto de grado fue entregado a los docentes encargados de la asignatura “Automatización de procesos” de la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Industrial de Santander durante el primer periodo académico del año 2017.

Anexo C.

4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Para comprobar el diseño de las cinco prácticas, se realizó una prueba piloto a treinta estudiantes de la carrera Ingeniería Electrónica de la Universidad Industrial de Santander, en donde con grupos de a cinco estudiantes se les delegó realizar las prácticas, cuatro estudiantes realizaron las prácticas de las estaciones de trabajo y uno fue el encargado de unir los programas de cada estación accionando el sistema global.

En el **Anexo B**. GRÁFICO FUNCIONAL DE MANDO ETAPA/TRANSICIÓN y PROGRAMACIÓN DE CADA PRÁCTICA DE LABORATORIO

El anexo B del presente proyecto de grado fue entregado a los docentes encargados de la asignatura “Automatización de procesos” de la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Industrial de Santander durante el primer periodo académico del año 2017.

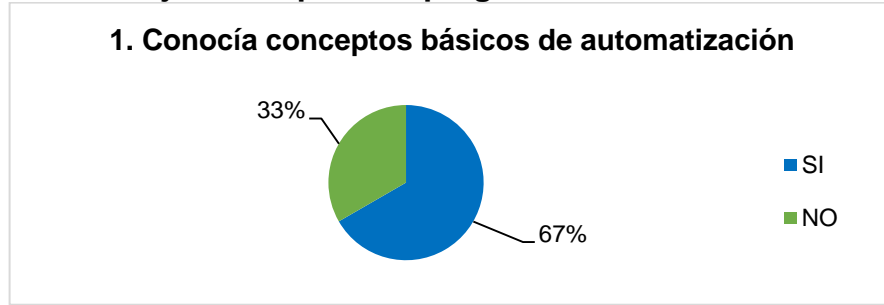
Anexo C se encuentra una encuesta realizada a los estudiantes y a continuación se presenta el análisis de la encuesta.

- **Análisis de la encuesta**

Tabla 19. Datos de la primera pregunta encuesta

1. ¿Conocía conceptos básicos de Automatización?	
SI	20
NO	10

Figura 39. Porcentajes de la primera pregunta encuesta

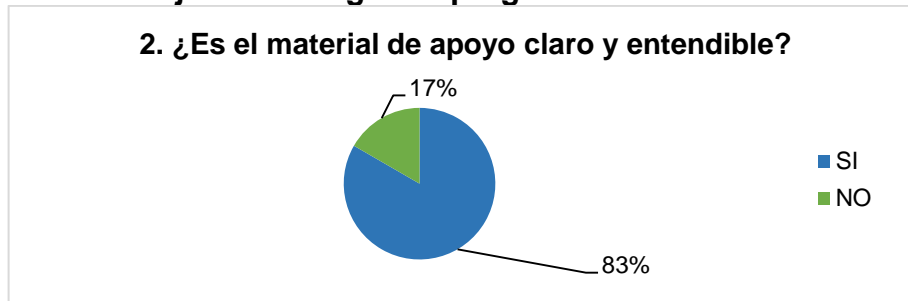


Conclusión: Una alta proporción de los estudiantes que realizaron la prueba piloto sabían conceptos básicos de automatización. Esto se pudo evidenciar en la fase de ejecución de las prácticas, ya que no todos los estudiantes habían cursado la asignatura automatización de procesos.

Tabla 20. Datos de la segunda pregunta encuesta

2. ¿Es el material de apoyo claro y entendible?	
SI	25
NO	5

Figura 40. Porcentajes de la segunda pregunta encuesta

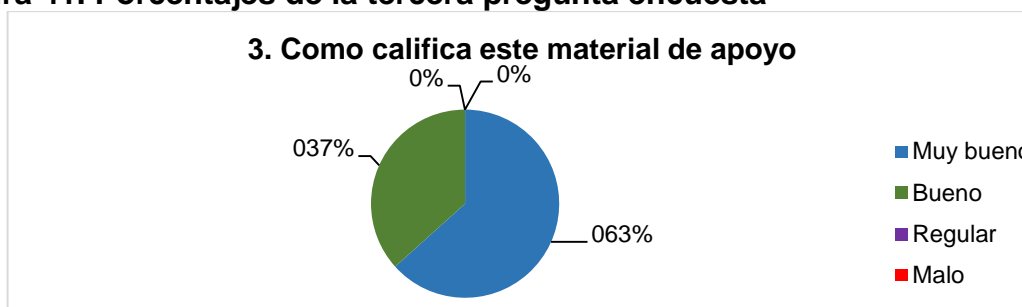


Conclusión: Un bajo porcentaje de estudiantes que ejecutaron la prueba piloto el material de apoyo no fue claro y entendible, esto debido a que la dificultad en la comprensión de los conceptos sobre automatización sin haber visto la materia de automatización de procesos.

Tabla 21. Datos de la tercera pregunta encuesta

3. ¿Cómo califica este material de apoyo?	
Muy bueno	19
Bueno	11
Regular	0
Malo	0

Figura 41. Porcentajes de la tercera pregunta encuesta



Conclusión: Uno de los factores determinantes de la estructura del material de apoyo fue la opinión de los estudiantes. Como se ve en la

el 36,66% de los estudiantes opinaron que el material de apoyo era bueno, proponiendo unas mejores posteriormente realizadas. En donde la de mayor prevalencia fue lo extenso del material de apoyo.

Tabla 22. Datos de la cuarta pregunta encuesta

4. Es necesario leer el material de apoyo con anterioridad:	
SI	30
NO	0

Figura 42. Porcentajes de la cuarta pregunta encuesta

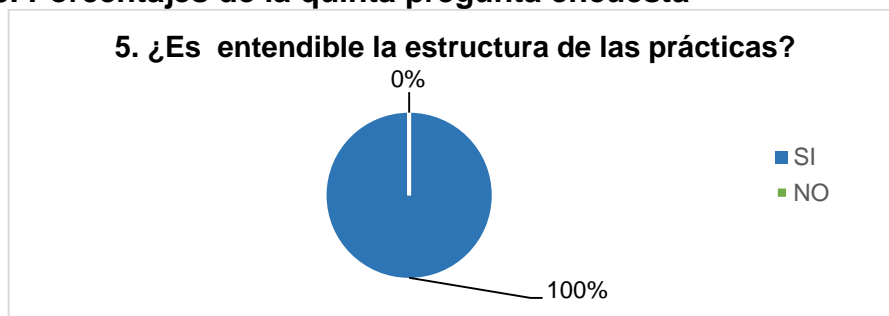


Conclusión: La totalidad de los estudiantes que realizaron la actividad consideraron indispensable la lectura del material de apoyo antes de desarrollar las prácticas, debido a que el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK contiene dispositivos innovadores y un software no dictado en ninguna asignatura de la carrera de ingeniería electrónica en la Universidad Industrial de Santander, también sirve para saber exactamente que función realiza el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK.

Tabla 23. Datos de la quinta pregunta encuesta

5. ¿Es entendible la estructura de las prácticas?	
SI	30
NO	0

Figura 43. Porcentajes de la quinta pregunta encuesta



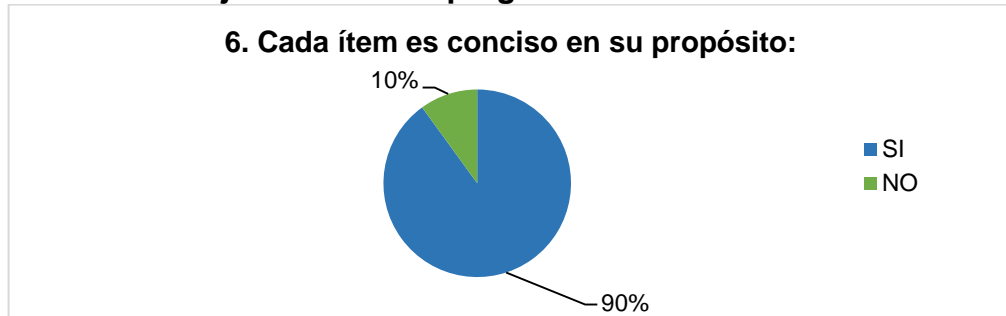
Conclusión: Con la estructura los estudiantes entienden el paso a paso a realizar en cada práctica.

Tabla 24. Datos de la sexta pregunta encuesta

6. Cada ítem es conciso en su propósito:	
SI	27

NO	3
----	---

Figura 44. Porcentajes de la sexta pregunta encuesta

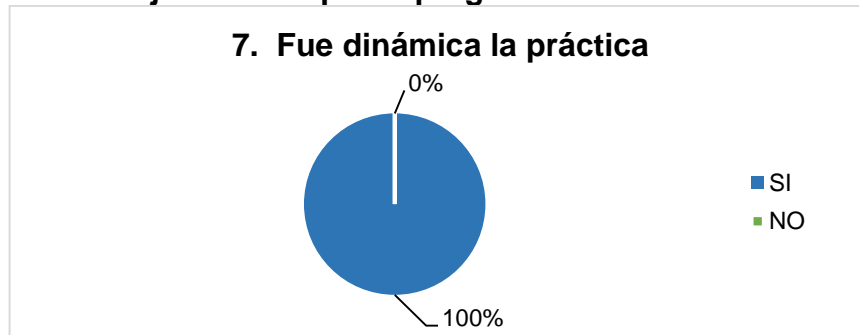


Conclusión: La mayoría de los estudiantes consideraron los ítems de configuración y de implementación concisos. Sin embargo se realizaron correcciones, respecto a las imágenes, sugeridas por algunos estudiantes. El propósito de los ítems fue facilitar la programación de cada estación de trabajo.

Tabla 25. Datos de la séptima pregunta encuesta

7. Fue dinámica la práctica	
SI	30
NO	0

Figura 45. Porcentajes de la séptima pregunta encuesta

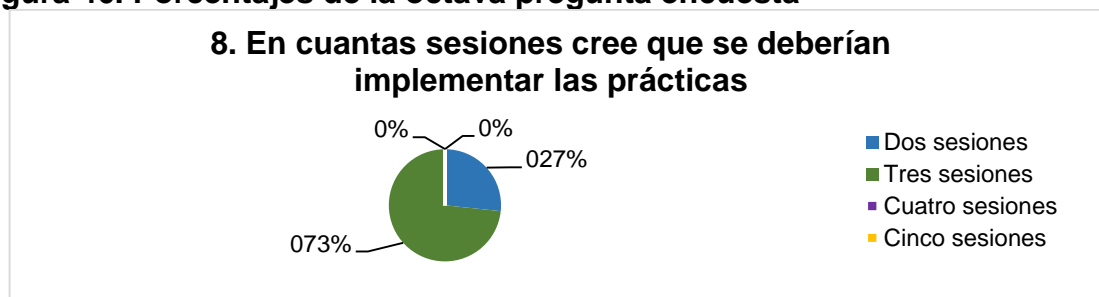


Conclusión: Los estudiantes consideraron dinámica la práctica, para la asignatura Automatización de procesos. Debido a que permite conocer un software antes no visto y el hardware simulador de fábrica FISCHETTECHNIK de una manera entretenida.

Tabla 26. Datos de la octava pregunta encuesta

8. En cuantas sesiones cree que se deberían implementar las prácticas	
Dos sesiones	8
Tres sesiones	22
Cuatro sesiones	0
Cinco sesiones	0

Figura 46. Porcentajes de la octava pregunta encuesta

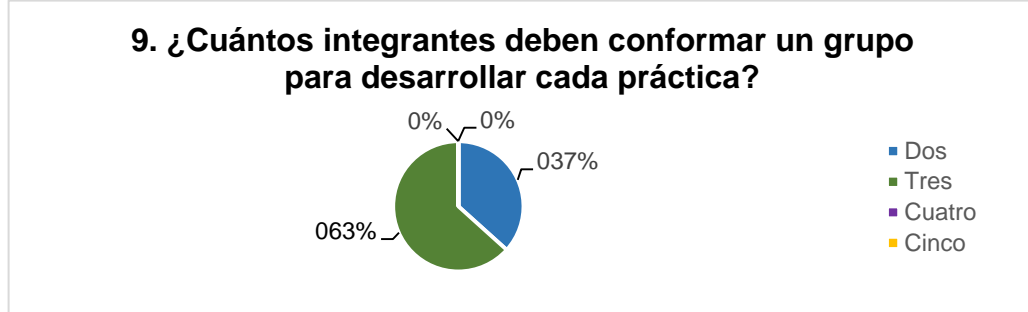


Conclusión: Una alta porción de estudiantes encuentra necesario que la implementación de cada práctica dure tres sesiones, ya que la extensión en los procesos a realizar como lo son: la familiarización con las estaciones de trabajo, la programación por secciones y la programación total.

Tabla 27. Datos de la novena pregunta encuesta

9. ¿Cuántos integrantes deben conformar un grupo para desarrollar cada práctica?	
Dos	11
Tres	19
Cuatro	0
Cinco	0

Figura 47. Porcentajes de la novena pregunta encuesta

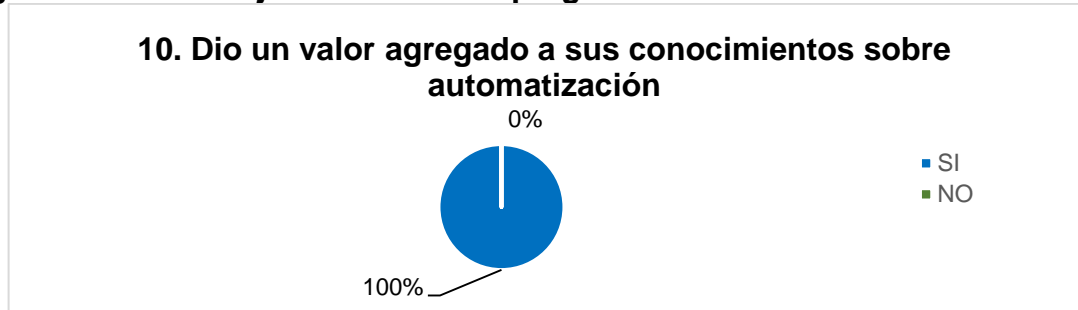


Conclusión: La cantidad de integrantes a desarrollar las prácticas según los encuestados debe ser tres, debido a que es necesario revisar la ejecución del hardware cuando se está programando.

Tabla 28. Datos de la décima pregunta encuesta

10. Dio un valor agregado a sus conocimientos sobre automatización	
SI	30
NO	0

Figura 48. Porcentajes de la décima pregunta encuesta



Conclusión: La generalidad de estudiantes aprendió conocimientos adicionales en Automatización de procesos. Tales como, conocer otra plataforma de desarrollo por medio de bloques, profundizar en grafcet.

5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo de grado, se concluye lo siguiente:

- El sistema simulador de fábrica FISCHERTECHNIK contiene componentes no robustos y no comerciales, debido a esto es necesario antes de manipularlo entender el modo de operación de los componentes, las conexiones de los componentes, la finalidad de cada componente y del sistema, y capacitarse en el software en este caso ROBO Pro.
- Para poder programar las estaciones de trabajo del simulador de fábrica FISCHERTECHNIK, el estudiantado debe estudiar el software ROBO Pro, para esto se desarrolló el ANEXO A, el cual contiene información de todos los elementos, comandos y configuraciones permitidas a usar en el software, y además en la sección 3 se diseñaron cinco ejemplos diferentes como guía de programación del software enfocada en el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK.
- El método gráfico de funciones y transiciones (grafcet) es empleado para describir las funciones a realizar por un automatismo, y a partir de esto se traduce a los lenguajes de programación que manejan los softwares de los PLCs. En este caso se tradujo a un lenguaje de programación de un software no común llamado ROBO Pro, siendo el grafcet un método importante en la automatización de procesos.
- Para corroborar el diseño de las prácticas se realizó una prueba piloto a 30 estudiantes de ingeniería electrónica de la Universidad Industrial de Santander, los cuales contestaron una encuesta desarrollada para evaluar el diseño de las prácticas en cuatro componentes: conocimientos previos, entendimiento de la práctica, conocimientos posteriores a la práctica y sugerencias. Una vez evaluados se reestructuraron las prácticas a partir de los resultados en la encuesta.

6. RECOMENDACIONES Y/O OBSERVACIONES

- Los dispositivos que contiene el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK son delicados, por esto se debe tener cuidado cuando se vaya a cargar un programa y observar que función está realizando en el hardware, de tal forma que no se colisionen los elementos y no se dañen.
- A veces los microcontroladores no captan las señales apropiadamente por tanto se deben reiniciar y desconectar, para luego ejecutar adecuadamente los programas.
- Cuando se utiliza el paralelo de fuente de alimentación en las estaciones de trabajo, almacén elevado automatizado y manipulador de aspiración al vacío, los motores correspondientes a los movimientos verticales pierden potencia y no alcanzan a accionar el sensor final de carrera correspondiente a cada uno, por esto se debe conectar en cada controlador una fuente de alimentación.
- El sensor de color no posee el mismo registro para un determinado color, ya que depende de la luminosidad presente en el ambiente en el momento de la toma del dato. Para manejar un mismo rango para cada color se recomienda operar el sensor de color en las mismas condiciones de luminosidad.
- Cuando las estaciones de trabajo son probadas individualmente, se deben tener en modo maestro. En las estaciones manipulador de aspiración al vacío y almacén elevado automatizado es necesario desconectar en alguno de sus respectivos controladores el cable conectado al puerto (2) EXT conexión para extensiones visto en la
- , para su correcto funcionamiento.
- En los elementos del programa ROBO Pro relacionados directamente con los componentes del sistema, se selecciona la interfaz a la que esté conectada el componente, ya sea maestro o extensión.

6.1 TRABAJO FUTURO

A manera de trabajo futuro se propone:

- Diseñar un sistema de interfaz para emplear el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK a partir del PLC, debido a que el PLC suministra un voltaje de 24[V] en sus terminales y los componentes del sistema presentan un voltaje máximo de alimentación de 9 [V].

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Fischertechnik, «ATD S.A.S,» [En línea]. Available: www.atdsas.com. [Último acceso: 24 06 2016].
- [2] FISCHERTECHNIK, «CONTROLLER TXT,» [En línea]. Available: <https://users.tpg.com.au/users/p8king/fischer/522429m.pdf>.
- [3] Alibaba, «Alibaba,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/cr2032-button-cell-battery-with-3v-lithium-made-in-china-coin-cell-2032-non-rechargeable-battery-60471311264.html>.
- [4] S. Brunner, «Stefan Brunner,» [En línea]. Available: <http://stefanbrunner.com/fischertechnik-tx-outputs/>. [Último acceso: 2017 01 21].
- [5] R. P. Moreno, Ingeniería de la Automatización Industrial, RA-MA EDITORIAL, 2004.
- [6] Fischertechnik, «Programa STEM para secundaria - media,» 2012.
- [7] B. S. Guru y H. Hiziroglu, Máquinas Eléctricas y Transformadores, OXFORD UNIVERSITY PRESS, 2003.
- [8] FISCHERTECHNIK, «Robo Explorer Cuaderno Adjunto».
- [9] FISCHERTECHNIK, «ROBO TX ElectroPneumatic».
- [10] FISCHERTECHNIK, «Robo PneuVac Cuaderno Adjunto».
- [11] FISCHERTECHNIK, «Profi Pneumatic 3 Cuaderno Adjunto».
- [12] A. Bradley, Fundamentos de sensores.
- [13] U. Müller, «ROBO Pro : Tutorial,» 2005. [En línea]. Available: <https://www.ftcommunity.de/ftComputingFinis/pdf/roboprotte.pdf>.
- [14] FISCHERTECHNIK, «Manual de Software RoboPro,» 2015.
- [15] A. t. didactic, «Simulador de fabrica,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.atdsas.com/productos/entrenamiento/>.

[16] S. Brunner, «Stefan Brunner,» 2012. [En línea]. Available:
<http://stefanbrunner.com/fischertechnik-robo-tx/>.

BIBLIOGRAFÍA

A. BRADLEY, Fundamentos de sensores.

A. t. DIDACTIC, «Simulador de fabrica,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.atdsas.com/productos/entrenamiento/>.

ALIBABA, «Alibaba,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/cr2032-button-cell-battery-with-3v-lithium-made-in-china-coin-cell-2032-non-rechargeable-battery-60471311264.html>.

B. S. GURU y H. HIZIROGLU, Máquinas Eléctricas y Transformadores, OXFORD UNIVERSITY PRESS, 2003.

FISCHERTECHNIK, «ATD S.A.S,» [En línea]. Available: www.atdsas.com. [Último acceso: 24 06 2016].

FISCHERTECHNIK, «CONTROLLER TXT,» [En línea]. Available: <https://users.tpg.com.au/users/p8king/fischer/522429m.pdf>.

FISCHERTECHNIK, «Manual de Software RoboPro,» 2015.

FISCHERTECHNIK, «Profi Pneumatic 3 Cuaderno Adjunto».

FISCHERTECHNIK, «Programa STEM para secundaria - media,» 2012.

FISCHERTECHNIK, «Robo Explorer Cuaderno Adjunto».

FISCHERTECHNIK, «Robo PneuVac Cuaderno Adjunto».

FISCHERTECHNIK, «ROBO TX ElectroPneumatic».

R. P. Moreno, Ingeniería de la Automatización Industrial, RA-MA EDITORIAL, 2004.

S. BRUNNER, «Stefan Brunner,» [En línea]. Available: <http://stefanbrunner.com/fischertechnik-tx-outputs/>. [Último acceso: 2017 01 21].

S. BRUNNER, «Stefan Brunner,» 2012. [En línea]. Available: <http://stefanbrunner.com/fischertechnik-robo-tx/>.

U. MÜLLER, «ROBO Pro : Tutorial,» 2005. [En línea]. Available: <https://www.ftcommunity.de/ftComputingFinis/pdf/roboprotte.pdf>.

ANEXOS

Anexo A. GUIA DEL SOFTWARE ROBOPRO

A continuación se explicara la instalación del software ROBO Pro y del controlador USB, además se darán instrucciones del manejo del software, explicando los elementos de programación usados, estos elementos se encuentran contenidos en tres grupos diferentes, los elementos básicos de programación, los elementos de programación del nivel 2 y por último los elementos de programación del nivel 3.

ELEMENTOS DE MANDO

Los elementos de mando son los elementos de cálculo y control que comandan el proceso. Suelen ser Autómatas Programables u Ordenadores de Control Industrial.

El software empleado en el simulador de fábrica FISCHERTECHNIK tiene como nombre ROBO Pro, y es sustentado a continuación:

INSTALACIÓN DEL SOFTWARE ROBO PRO

Los requisitos mínimos para la instalación del ROBO Pro son los siguientes:

- ✓ Un PC o portátil con Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8.1 ó Windows 10.
- ✓ Un puerto USB libre para realizar la comunicación entre el controlador TXT y el software.
- ✓ Para visualizar el manual de instrucciones del controlador y del software se debe contar con un lector de archivos formato PDF.

Se procede a introducir el CD de instalación del software ROBO Pro en la unidad CD-ROM del computador, seguido de esto se ejecuta el programa de instalación "Setup.exe" del CD [14].

A continuación, se despliega la ventana de bienvenida del programa de instalación y se debe seleccionar la opción continuar. La siguiente ventana contiene información importante sobre la instalación del programa, para proseguir también se debe dar clic sobre el botón continuar. Después, aparecerán las condiciones de licencia y para poder continuar el contrato debe estar aceptado a través de la opción Sí [14].

Sí es la primera vez que se instala el software en el equipo, debe elegir una Instalación Expres, pero si el equipo ya posee una versión antigua del software y contiene archivos importantes para el programador es aconsejable usar una Instalación definida por el usuario, este tipo de instalación permite la exclusión de archivos al momento de instalar el software [14].

La ruta de instalación del programa puede ser introducida a través del Directorio de instalación. Por último aparecerá una ventana indicando que la instalación ha terminado, después de seleccionar la opción finalizar se visualizará un mensaje señalando si la instalación fue correcta o si se presentaron errores durante el proceso [14].

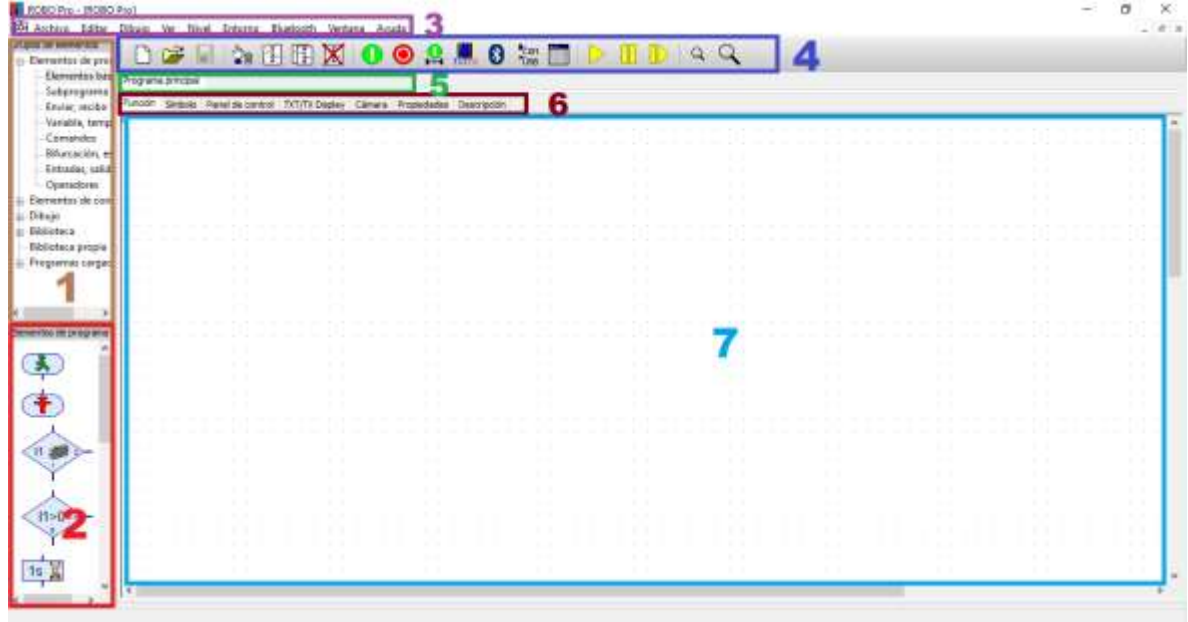
INSTALACIÓN DEL CONTROLADOR USB

Los equipos con Windows 7, 8, 8.1 o 10 y Vista, tendrán que conectarse a través de un cable de comunicación con el Controlador TXT (El controlador debe estar alimentado) para iniciar la instalación de la interfaz. El controlador USB sólo se instalará correctamente si el usuario del computador posee derechos de administrador. Los equipos que poseen Windows XP deben realizar la instalación manualmente a través de la ventana de Asistente para hardware nuevo encontrado [14].

INSTRUCCIONES DEL EMPLEO DEL SOFTWARE

El software ROBO Pro posee interfaz grafica interactiva, sencilla y entendible para que el programador pueda modificar los codigos de modo online. Al abrir el programa FISCHERTECHNIK ROBOTICS Terminal aparecera la interfaz (Figura A. 1), en esta se diseñan los diagramas de flujo encargados de controlar los equipos FISCHERTECHNIK. El programa esta compuesto por siete partes importantes, las cuales se indicaran a continuación: [14].

Figura A. 1. Interfaz del software ROBO Pro.



1. Grupos de elementos: Los grupos de elementos contienen los componentes de programación disponibles por el software, la cantidad de grupos de elementos disponibles aumentará cada vez que se presente un aumento en el nivel. Para cambiar el nivel en el que se encuentra el programa se debe dar clic en la barra de herramientas a la opción Nivel, aquí se da acceso a los diferentes niveles disponibles y se muestra el nivel en el cual se encuentra el software actualmente [14].
2. Elementos de programa: En este recuadro se despliegan los componentes de programación que contiene cada grupo de elementos. [14].
3. La barra de herramientas: Las herramientas disponibles del software ROBO Pro son: Archivo, Editar, Dibujo, Ver, Nivel, Entorno, *Bluetooth*, Ventana y Ayuda [14].

¡Observación!: Para programar el controlador ROBOTICS TXT, en la herramienta Entorno debe estar seleccionada la opción ROBO TX/TXT Controller. [14].

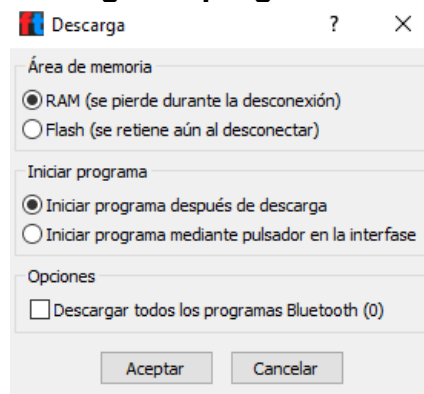
4. Panel de control del programa: En esta parte se encuentran las siguientes opciones:
 - Crear un nuevo programa de ROBO Pro.
 - Abrir un programa existente de ROBO Pro.
 - Guardar el programa actual de ROBO Pro en un archivo.
 - Eliminar un elemento de programa.
 - Crear un nuevo subprograma.

- Copiar subprograma actual.
- Eliminar subprograma actual.
- Iniciar programa en el modo online.
- Detener todos los programas en marcha.
- Descargar programas a la ROBO Interfaz.
- Seleccionar el entorno de programa para tu interfaz.
- Configuración de comunicaciones *Bluetooth*.
- Configuración de opciones de puertos para la interfaz.
- Probar la interfaz.
- Ejecutar el programa en debugger.
- Interrumpir el programa en debugger.
- Ejecutar un paso de programa individual en debugger.
- Disminuir vista (Zoom).
- Aumentar vista (Zoom). [14].

Observaciones:

- La opción descargar programa a la ROBO interfaz (Figura A. 2), permite configurar el área de memoria (RAM o FLASH) del controlador ROBOTICS TXT en el que se va a cargar el programa. A través de esta opción el software permite iniciar el programa cuando se haya terminado la descarga o por medio de un pulsador en la interfaz. [14].

Figura A. 2. Ventana de descarga del programa en el controlador.



- Para establecer la comunicación entre el computador y el controlador a través de cable USB se debe dirigir al comando Configuración de opciones de puertos para la interfaz, y seleccionar el puerto como USB/WLAN/*Bluetooth* con una

interfaz ROBO TXT *Controller*, al aceptar, se despliega la ventana para seleccionar la dirección TPI/IP y esta debe ser USB por omisión. [14].

Figura A. 3. Configurar la conexión entre el controlador y el computador.

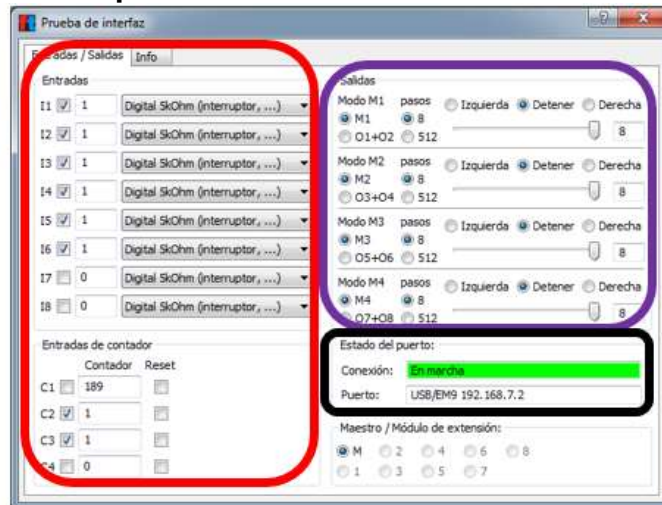


(a)

(b)

- Una vez establecida la conexión entre controlador y computador, se procede a usar el comando prueba de interfaz, en este se verifica el estado de la conexión, se realizan las pruebas de las señales de entrada y salida conectadas al controlador, y en la opción Maestro/Módulo de extensión se alterna entre las señales del controlador como maestro y las señales del controlador como esclavo. [14].

Figura A. 4. Ventana de prueba de interfaz.



5. Barra de programas: Se encuentra el acceso a programas principales o subprogramas anteriormente abiertos o cargados por el usuario [14].
6. Barra de control para subprogramas o programa principal: Se encuentran las siguientes configuraciones: Función, Símbolo, Panel de control, TXT/TX *display*, Cámara, Propiedades y Descripción [14].
7. Tablero: El tablero es usado para diseñar y realizar el diagrama de flujo que controlará el equipo FISCHERTECHNIK, para insertar los elementos deben ser arrastrados con el mouse desde la ventanilla Elementos de programa hasta el Tablero [14].

A continuación se describen los componentes del software usados por los autores de este documento en la programación del sistema simulador de fábrica FISCHERTECHNIK, si desea averiguar sobre otros elementos dirigirse al manual del software ROBO Pro: [14].

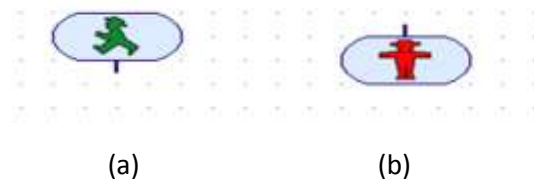
ELEMENTOS BÁSICOS DE PROGRAMACIÓN

Esta sección contiene los elementos básicos del software cuando se configura el programa en el nivel 1. [14].

❖ Inicio y fin

Para comenzar el diagrama de flujo en el software ROBO Pro, se debe ubicar el elemento Inicio (Figura A. 5, a) en el tablero y una vez haya terminado de programar se ubica el elemento Fin (Figura A. 5, b) en la parte posterior del diagrama de flujo [14].

Figura A. 5. Elementos “Inicio” y “Fin”.

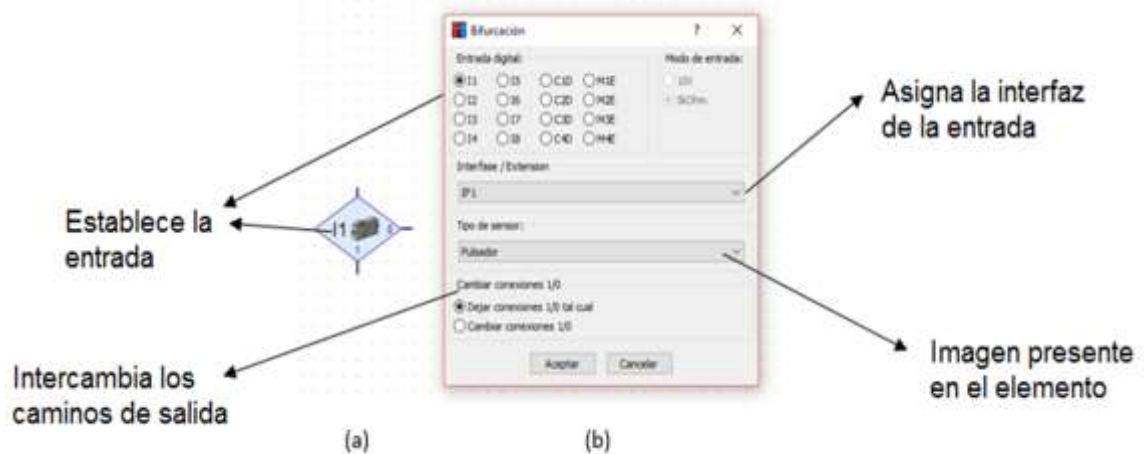


❖ Bifurcación digital

El componente Bifurcación digital (Figura A. 6) permite dividir el diagrama de flujo en dos caminos según el estado que presente la entrada digital. Para configurar el elemento se da clic sobre el elemento (Figura A. 6, a) y se despliega la ventana de propiedades del elemento (Figura A. 6, b). Las entradas digitales que se asocian con el elemento son las siguientes [14]:

- Las entradas universales (I1→I8).
- Las entradas C1D→C4D (Entradas C1→C4).
- Las entradas provenientes de las señales bandera de los motores (M1E→M4E) [14].

Figura A. 6. Elemento “Bifurcación Digital”.

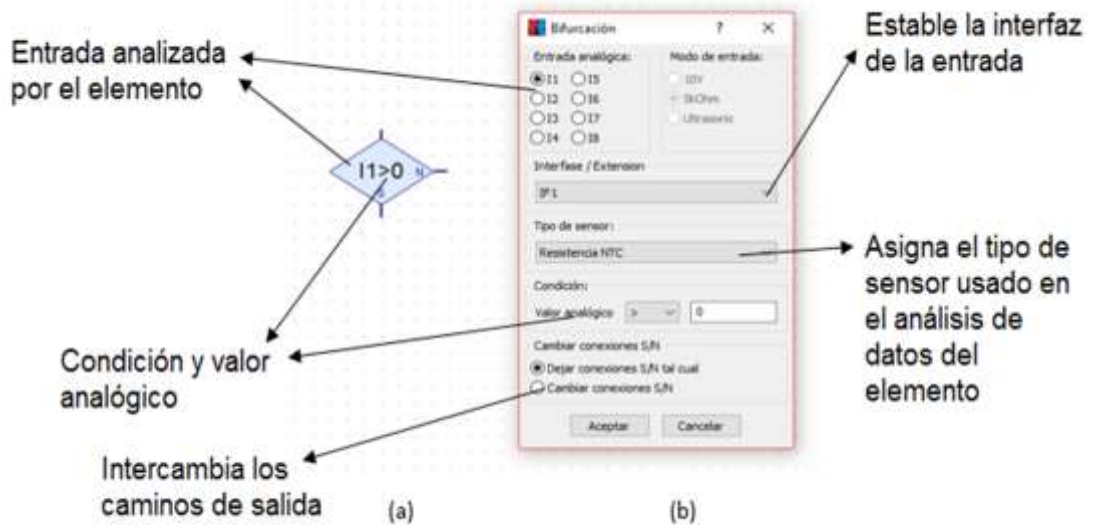


❖ Bifurcación analógica

Este elemento bifurcación analógica (Figura A. 7, a) divide en dos la opción del camino del diagrama de flujo. Para decidir el camino a seguir en el diagrama de flujo se compara una señal de entrada analógica con un valor anteriormente establecido. Las entradas permitidas por el elemento son las entradas universales I1→I8. [14].

En la ventana de propiedades (Figura A. 7, b) se edita la condición de comparación, el valor de referencia y la interfaz en la cual se encuentra la señal analógica analizada [14].

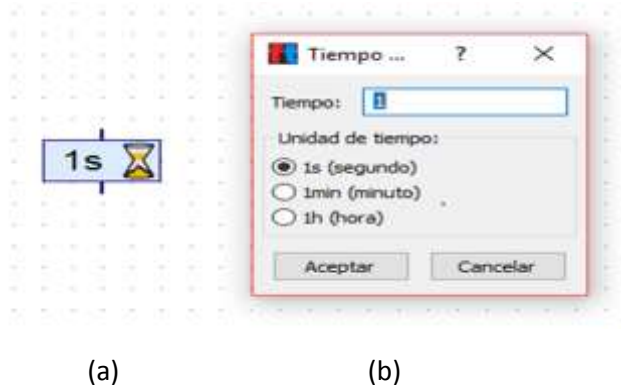
Figura A. 7. Elemento “Bifurcación Analógica”.



❖ Tiempo de espera

El elemento tiempo de espera (Figura A. 8) permite pausar la ejecución del diagrama de flujo por un tiempo establecido, la pausa puede ser en segundos, minutos y horas como se ve en la Figura A. 8, b [14].

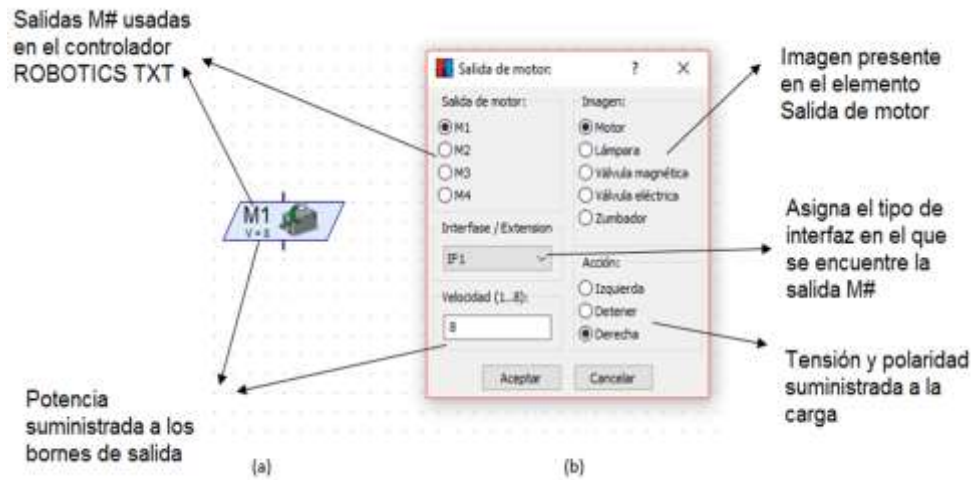
Figura A. 8. Elemento “Tiempo de Espera”.



❖ Salida de motor

Con el elemento de programa Salida de motor (Figura A. 9, a) se controla la acción a realizar por un motor. En la ventana de propiedades de este elemento (Figura A. 9, b) se establece el motor a controlar, se define la velocidad (1→8) y la acción a realizar por el rotor del motor (Izquierda, derecha y detener) [14].

Figura A. 9. Elemento “Salida de Motor”.

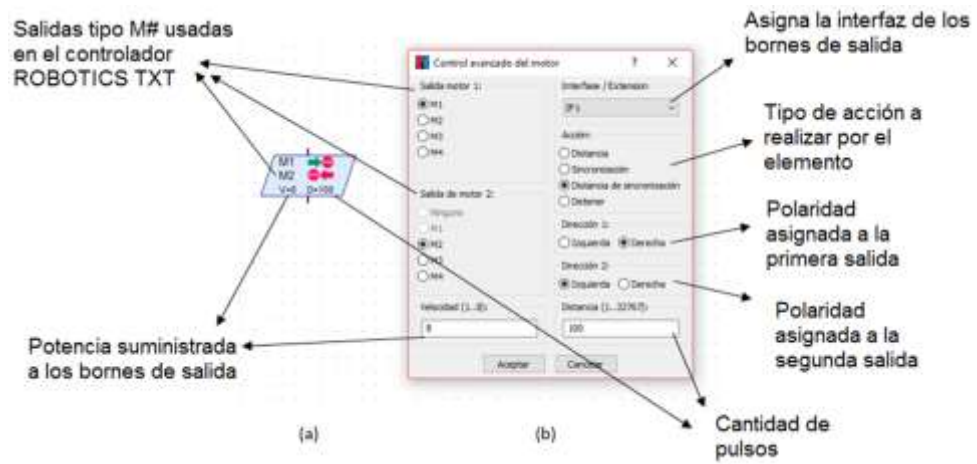


❖ Motor de encoder

Con este elemento (Figura A. 10, a) se desplaza un motor de *encoder* una distancia, esta distancia es determinada a través de una cantidad de pulsos. Este elemento da la posibilidad de sincronizar dos motores conectados al mismo controlador ROBOTICS TXT. [14].

En la ventana de propiedades del motor de *encoder* se determina la acción a realizar por el motor o los motores (Izquierda, derecha o detener) y la velocidad de giro de los motores (1→8) [14].

Figura A. 10. Elemento “Motor de Encoder”.



❖ Esperar a entrada

Esperar a entrada (

Figura A. 11, a), detiene el diagrama de flujo hasta que la entrada digital seleccionada presente el estado o cambio de estado escogido en la ventana de propiedades del elemento (

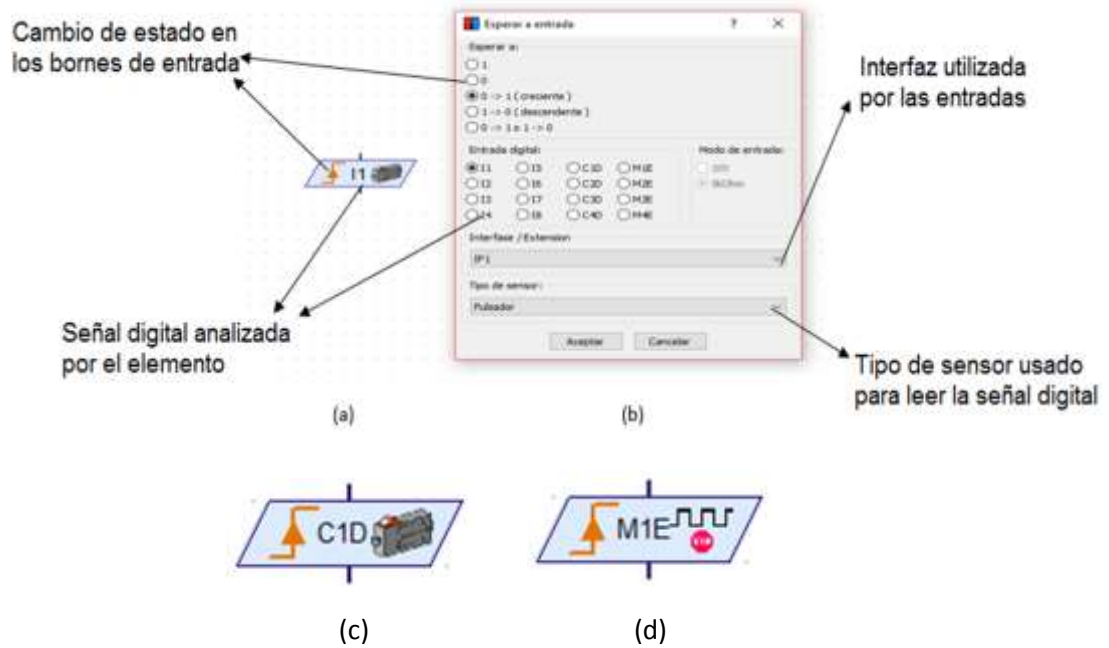
Figura A. 11, b). Las entradas digitales captadas por este elemento son las entradas digitales C1D→ C4D (

Figura A. 11, c), las entradas universales $I1 \rightarrow I8$ (

Figura A. 11, a) y las entradas de señales de bandera de los motores (

Figura A. 11, d). [14].

Figura A. 11. Elemento “Esperar a Entrada”.

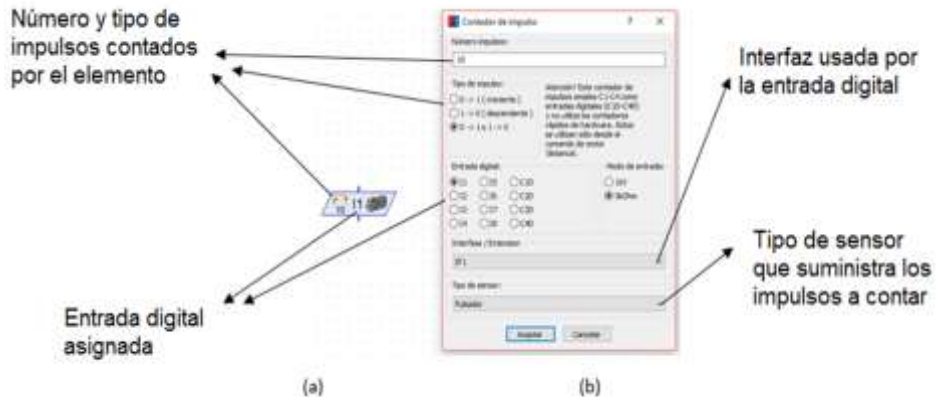


❖ Contador de impulsos

El elemento contador de impulsos permite llevar un conteo de los impulsos generados por el motor con *encoder* a través de la rueda de impulso. Con este elemento se lleva un control sobre el número de revoluciones que da un motor (una revolución equivale a cuatro impulsos registrados). Las señales de entrada permitidas por el elemento solo pueden ser digitales. Los impulsos a contar pueden ser ascendentes (0→1), descendentes (1→0) o ambas. La ventana de propiedades del elemento permite establecer el tipo de interfaz usado por la entrada (

Figura A. 12, b) [14].

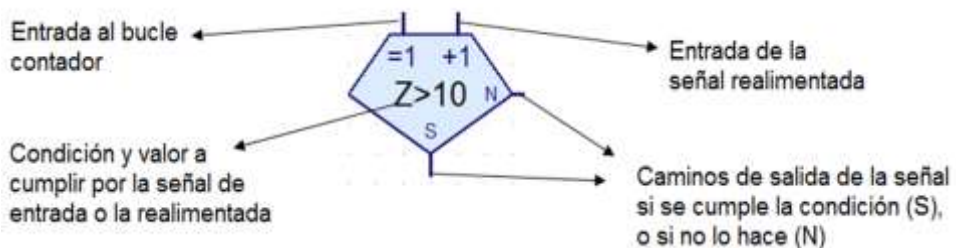
Figura A. 12. Elemento “Contador de Impulsos”.



❖ **Bucle contador**

Este elemento bucle contador ejecuta una función similar al comando *While* conocido en programación (Figura A. 13). A este elemento se accede por la entrada =1 iniciando un conteo con un valor de uno (1), el camino del diagrama de flujo realimentado ingresa por la entrada +1 aumentando el valor del conteo de uno en uno [14]. El bucle compara el valor del conteo con un valor determinado por el programador (Z). Si la comparación se cumple el diagrama de flujo sigue el camino de S (Sí) y en caso contrario el diagrama de flujo toma el camino de N (No) [14].

Figura A. 13. Elemento “Bucle Contador”.



❖ **Sonido**

El elemento sonido (Figura A. 14) reproduce un sonido en el controlador ROBOTICS TXT (los archivos de sonido están en formato .wav). Al dar clic derecho sobre el componente se abrirá una ventana de propiedades donde se

define qué archivo de sonido reproducir y el número de veces que se repite la grabación [14].

Figura A. 14. Elemento “Sonido”.



ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN NIVEL 2.

Al aumentar la programación del software a nivel dos aparecen tres elementos que facilitan el manejo del software, el primero es Salida de lámpara, el segundo Entrada a subprograma y por último Salida de subprograma. [14].

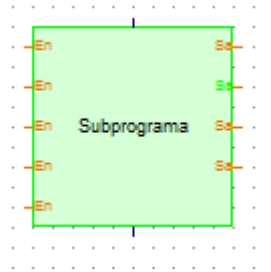
Y los nuevos grupos de elementos en este nivel son:

- Dibujo: Son usados en el panel de control o en la TXT/TX *display*, de la barra de control.
- Biblioteca: Es usada para acceder a los subprogramas de ejemplo del software ROBO Pro y a la biblioteca propia.
- Programas cargados: Se encuentran los subprogramas adquiridos por el usuario de otros programas principales. [14].

• SUBPROGRAMAS

Los subprogramas son diagramas de flujo guardados en archivos (Figura A. 15), estos facilitan la programación de diagramas de flujo más complejos. Los programas de orden superior pueden llamar estos subprogramas a través de los Programas cargados. [14].

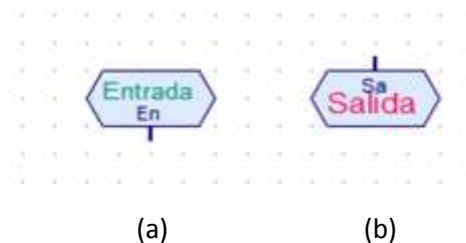
Figura A. 15. Subprograma



❖ **Entrada y salida de subprograma**

Para crear un subprograma se despliega la herramienta editar de la barra de herramientas y se selecciona la opción Nuevo subprograma, se despliega una ventana en donde se ingresa un nombre y una breve descripción del subprograma a crear. Al aceptar se abre automáticamente el tablero del subprograma. Para realizar los diagramas de flujo en los subprogramas se encuentran dos elementos similares a los elementos de Inicio y de Salida mencionados anteriormente, estos elementos se llaman Entrada de subprograma (Figura A. 16, a) y Salida de subprograma (Figura A. 16, b), y se encuentran en el grupo de elementos Subprogramas I/O [14].

Figura A. 16. Elementos “Entrada” y “Salida de Subprograma”.



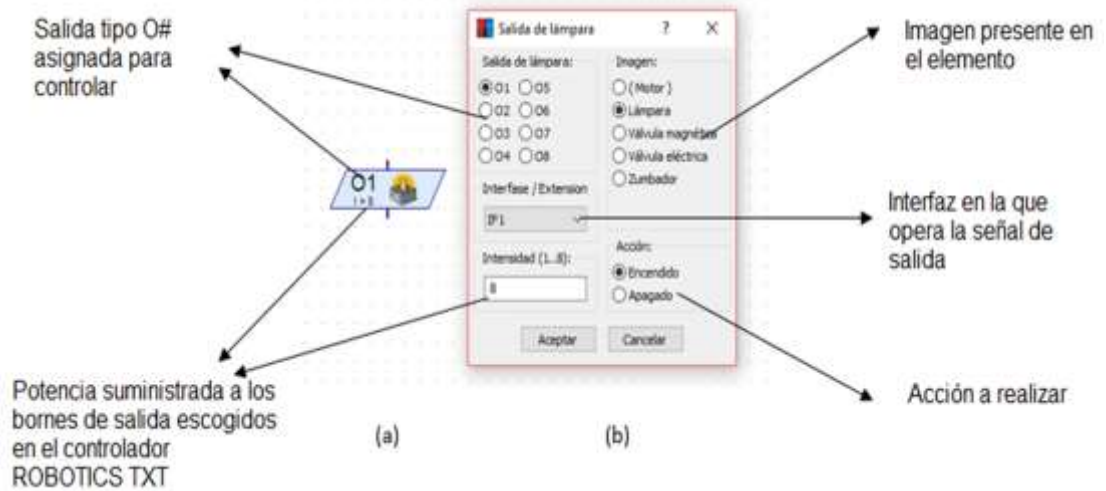
❖ **Salida de lámpara**

El elemento salida de lámpara (

Figura A. 17, a) acciona los componentes del sistema conectados a las salidas del controlador O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7 y O8. Estos componentes pueden ser lámparas, compresores ó electroválvulas. En la ventana de propiedades (

Figura A. 17, b) de Salida de lámpara se asigna la señal (O#) a controlar y la acción a realizar (Encender y apagar) [14].

Figura A. 17. Elemento “Salida de Lámpara”.



ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN NIVEL 3

En esta sección se indican los nuevos componentes disponibles al subir al nivel 3 de programación del software ROBO Pro. [14].

❖ Entrada y salida de comando de subprograma

Los elementos Entrada (

Figura A. 18) y Salida (Figura A. 19) de comando de subprograma permiten la conexión de las señales de entradas y salidas del diagrama de flujo del subprograma con señales existentes en el programa principal. *¡Observaciones!*: [14].

- El nombre asignado a estos elementos no debe repetirse, esto para evitar problemas al ejecutar el programa.
- Pueden comunicar dos tipos de datos números enteros o por cifra de coma. [14].

Estos elementos se encuentran en el grupo de elementos subprograma I/O. [14].

Figura A. 18. Elemento “Entrada de Comando de Subprograma”.



Figura A. 19. Elemento “Salida de Comando de Subprograma”.

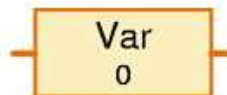


- **VARIABLES E INSTRUCCIONES**

- ❖ **Variables**

Una variable (Figura A. 20) es un elemento del software que transmite un dato de un elemento a otro. El dato a transmitir puede ser un número entero o una cifra decimal. Asimismo, las variables se distinguen en variables globales y variables locales. Las primeras pueden ser llamadas desde cualquier parte del programa en general (Programa principal, sub programas de orden superior o subprogramas) y segundas solo pueden ser llamadas en el archivo en que se encuentran ubicadas [14].

Figura A. 20. Elemento “Variable”.



- ❖ **Constante**

Este elemento impone un dato a un elemento con entrada de datos. Los tipos de datos que transmite la Constante (

Figura A. 21) es de número entero o datos coma flotante de 48 bits. El dato de este elemento no puede ser modificado en la ejecución del diagrama de flujo [14].

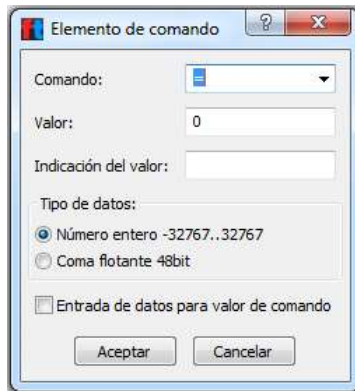
Figura A. 21. Elemento “Constante”.



❖ **Comandos**

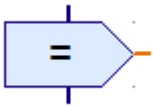
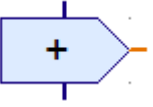
Los elementos comandos son considerados elementos de mensaje del sistema, ya que son los responsables en la comunicación entre señales internas y externas del controlador. En la ventana de configuración de este elemento (Figura A. 22) se elige el comando a usar, el valor que este tendrá, el tipo de datos a transmitir y si es necesario adicionar una señal de entrada de datos [14].

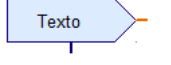
Figura A. 22. Elemento “Comando”.

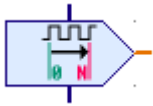
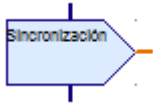
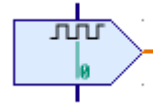
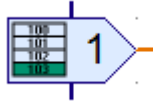


Los comandos disponibles en el software ROBO Pro se indican a continuación en la Tabla A. 1:

Tabla A. 1. Tipos de elementos “Comando”.

COMANDOS	Imagen	FUNCIÓN
ASIGNAR		Suministra un valor fijo a una variable o una variable temporizada.
MÁS (+)		Adiciona un valor a una variable o una variable de temporizador.

COMANDOS	Imagen	FUNCIÓN
MENOS (-)		Resta el valor que posee la variable, con el valor ingresado al comando.
DERECHA		Este comando se conecta con el elemento Salida de motor que se encuentra en el grupo de elementos Entradas/Salida. El comando derecha genera un torque en el motor en sentido horario. La velocidad máxima de giro es indicado por el número 8.
IZQUIERDA		Este comando se conecta con el elemento Salida de motor que se encuentra en el grupo de elementos Entradas/Salida. El comando izquierda genera un torque en el motor en sentido anti-horario. La velocidad máxima de giro es indicado por el número 8.
DETENER		Este comando se conecta con el elemento Salida de motor que se encuentra en el grupo de elementos Entradas/Salida. El comando stop apaga el motor.
ON		Genera una señal que permite la activación del elemento Salida de lámpara perteneciente al grupo de elementos Entradas/Salida. El número 8 indica que recibe la máxima potencia posible.
OFF		Apaga el elemento Salida de lámpara perteneciente al grupo de elementos Entradas/Salida.
TEXTO		Envía un texto a una variable.

COMANDOS	Imagen	FUNCIÓN
DISTANCIA		<p>Permite el manejo del codificador con efecto hall de los motores. El valor a ingresar es la cantidad de pulsos que debe recorrer el motor antes de detenerse.</p> <p>Nota: Este comando no se encarga de hacer girar el rotor del motor, esa función solo las pueden hacer los comandos derecha o izquierda.</p>
SINCRONIZACIÓN		<p>Con este elemento distintas salidas tipo M# pueden seguir el comportamiento de una M# en especial.</p> <p>Nota: El elemento debe ser conectado con los elementos de salida, a controlar, y el valor ingresado hace referencia al número de la salida a imitar.</p> <p>Ejemplo: Si la salida M2 va imitar el comportamiento de la salida M1, sincronización se conecta a M2 y el valor agregado a sincronización es 1.</p>
RESET DISTANCIA		<p>Elimina el valor (Numero de pulsos) de la distancia recorrida por los motores con efecto hall, asignándoles un valor de cero.</p> <p>Nota: Es aconsejable reiniciar la cantidad de pulsos suministrados a un motor, una vez que haya recorrido la distancia indicada.</p>
AGREGAR VALOR		<p>Agrega un número a la variable Listado, este número se añadirá al final de la lista. En caso que el elemento Listado haya completado su capacidad máxima, el elemento Agregar valor será omitido.</p>

❖ Listado

El elemento Listado permite guardar una cantidad finita de valores, esta cantidad debe ser determinada por el programador. Estos valores solo pueden ser enteros o datos tipo coma flotante de 48 bits. Si el elemento posee un número de valores iniciales, estos se pueden agregar en la casilla de Lista de los valores iniciales de la ventana de propiedades (Figura A. 23, b). A través de las propiedades de este elemento se puede configurar si es necesario guardar o cargar un listado desde un archivo .CSV compatible con Excel. [14].

Figura A. 23. Elemento “Listado”



(a)

Una captura de pantalla de la ventana de propiedades de un elemento llamado 'Lista'. La ventana tiene un título 'Lista' y botones de ayuda y cerrar. Contiene los siguientes campos y controles:

- Nombre: Lista
- Tamaño máximo: 100
- Tamaño inicial: 0
- Lista de los valores iniciales: un área de texto grande y vacía.
- Controles para la lista de valores iniciales: un campo de entrada con el valor '0', y botones 'Añadir', 'Reemplazar todos', 'Insertar' y 'Eliminar'.
- Cargar desde archivo .CSV: un campo de entrada vacío, un menú desplegable y un botón 'Buscar ...'.
- Un checkbox 'Cargar desde memoria CSV (ver también menú "Cargar fichero / memoria .csv para listas")'.
- Guardar en archivo .CSV: un campo de entrada con el valor '1', un menú desplegable y un botón 'Buscar ...'.
- Un checkbox 'Guardar en memoria CSV (ver también menú "Guardar fichero / memoria .csv para listas")'.
- Separador de columnas: tres botones de radio con las opciones 'Coma (,)', 'Punto y coma (;)' y 'Tab'. El botón de radio 'Coma (,)' está seleccionado.
- Listar tipo de datos: dos botones de radio con las opciones 'Número entero -32767..32767' y 'Coma flotante 48bit'. El botón de radio 'Número entero -32767..32767' está seleccionado.
- Listar tiempo de vida útil de datos: dos botones de radio con las opciones 'Local' y 'Global'. El botón de radio 'Global' está seleccionado.
- Un checkbox 'Ligado a nombre' que está marcado.
- Botones 'Aceptar' y 'Cancelar' al pie de la ventana.

(b)

- **GRUPO DE ELEMENTOS BIFURCACION Y ESPERAR A:**

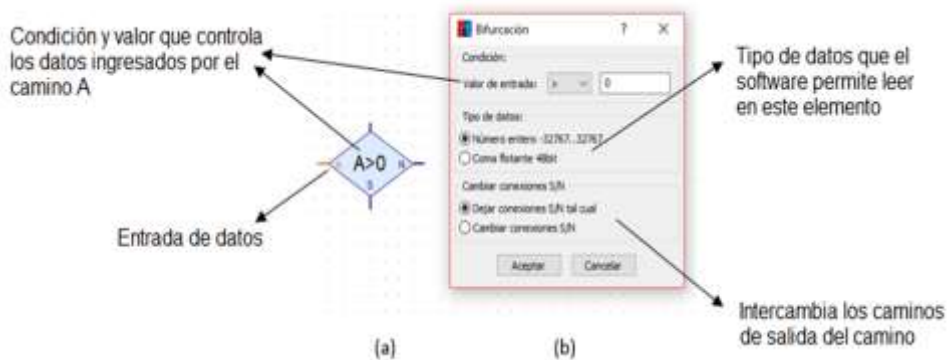
Los elementos de bifurcación y esperar a, que se verán a continuación son usados para comparaciones o esperas, las cuales requieren de una entrada de datos. [14].

- ❖ **Bifurcación (con entrada de datos)**

El elemento bifurcación (Figura A. 24, a) permite al diagrama de flujo elegir entre dos caminos, para decidir cuál camino escoger, el elemento realiza una comparación entre un dato impuesto por el usuario y un dato externo adquirido por la entrada de datos (A). En la ventana de propiedades (Figura A. 24, b) es posible cambiar la condición y el dato de referencia [14]. Los datos a recibir por medio de la entrada de datos (A) pueden ser número enteros o coma flotante de 48 bits. [14].

Fuente: Autores

Figura A. 24. Elemento “Bifurcación con Entrada de Datos”.

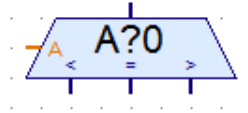


- ❖ **Comparación con valor fijo**

Con este elemento de programa (

Figura A. 25) se realiza la comparación de un valor definido por el programador con un valor externo adquirido por la entrada de datos (A). Al llevar a cabo la comparación entre estos dos datos, el camino a seguir en el diagrama de flujo depende si el valor ingresado es menor, mayor o igual al valor de referencia [14].

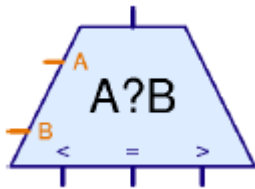
Figura A. 25. Elemento “Comparación con Valor Fijo”.



❖ **Comparación**

Este componente de programación (Figura A. 26) realiza una comparación entre dos valores externos adquiridos por las entradas de datos A y B. La dirección del diagrama de flujo depende de si el resultado de comparación A?B es mayor, menor o igual [14].

Figura A. 26. Elemento “Comparación”.








❖ **Esperar a**

Esperar A; está compuesto por los elementos mostrados en la

Tabla A. 2, estos elementos pausan el paso del diagrama de flujo hasta que la entrada de datos cumpla con la función del elemento [14].

Tabla A. 2. Tipos de elementos de esperar a.

Estado	Función
	Aguarda a que la señal de entrada se encuentre en estado alto.

Estado	Función
	Espera a que la señal de entrada se encuentre en un nivel bajo.
	Espera que se presente un flanco de subida en la señal de entrada.
	Espera que se presente un flanco de bajada en la señal de entrada.
	Espera a que la señal de entrada cambie de estado bajo a alto y nuevamente de estado alto a bajo.

- **ENTRADAS /SALIDAS DE LA INTERFAZ**

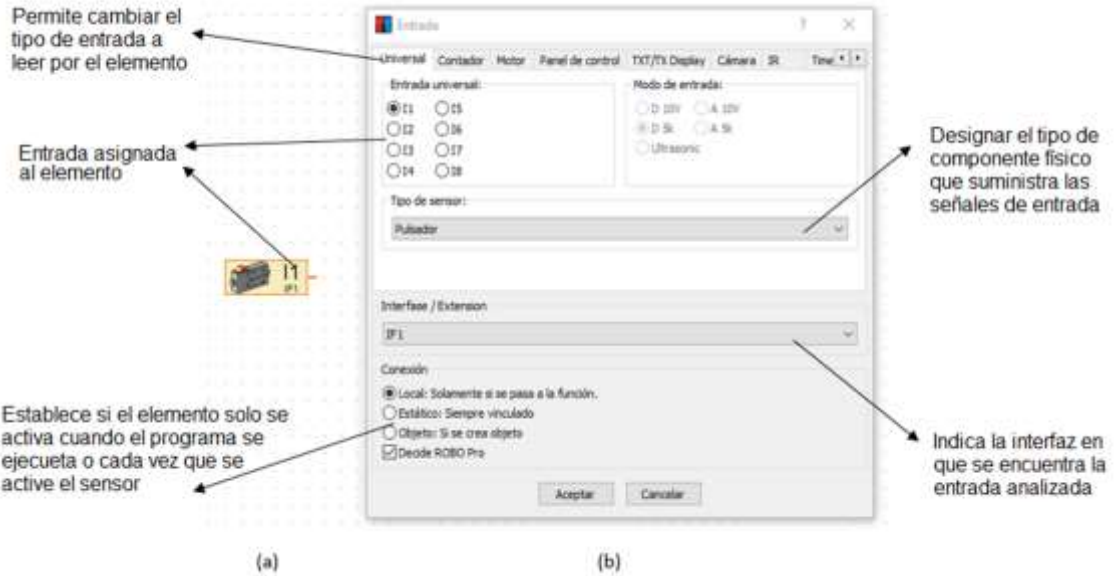
- ❖ **Entrada**

Este elemento (

Figura A. 27, a) permite la comunicación de los componentes de entrada del sistema con los elementos de programación del grupo de elementos “Bifurcación y Esperar A”. En la ventana de configuración (

Figura A. 27, b) se observan los tipos de entradas, estas se sustentaran a continuación: 1) entradas universales (I1 → I8), 2) Entradas de contador análogas (C1C →C4C), 3) Entradas de contador digitales (C1D→C4D), 4) Señales bandera de las posiciones alcanzadas por los motores (M1E →M4E), 5) Entradas de panel de control. [14].

Figura A. 27. Elemento “Entrada Universal”

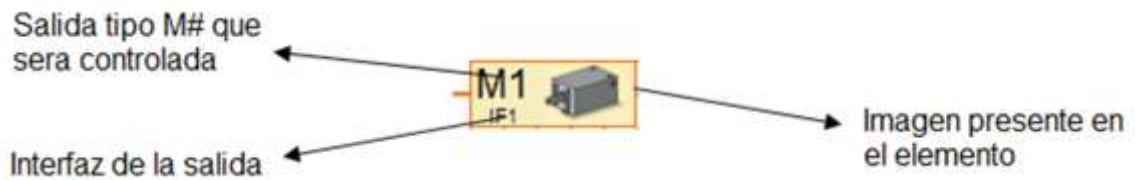


❖ **Salida de motor**

Las salidas M# son accionados por el elemento Salida de motor (

Figura A. 28), a través de los elementos de Comandos (Nivel 3). Las propiedades del elemento Salida de motor se despliegan al darle clic derecho sobre el elemento [14].

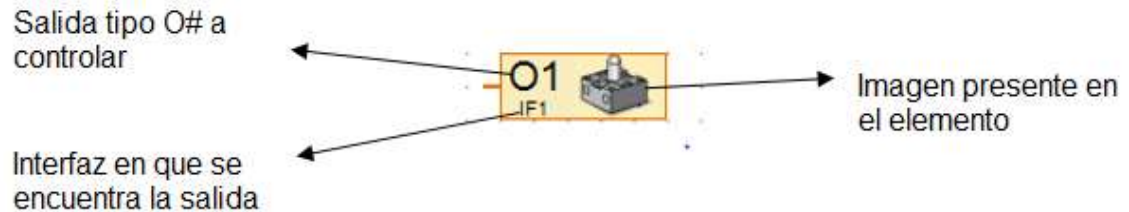
Figura A. 28. Elemento “Salida de motor”.



❖ **Salida de lámpara**

Este elemento (Figura A. 29) acciona las ocho salidas O# conectadas a las lámparas, las electroválvulas y los compresores. Para controlar este elemento se usa los elementos de Comandos (Nivel 3) [14].

Figura A. 29. Elemento “Salida de Lámpara”.



❖ Operadores

Estos elementos se caracterizan por realizar operaciones aritméticas, lógicas, comparativas y funciones matemáticas a señales que transmiten datos, estos operadores (Figura A. 30) pueden funcionar con números enteros o con datos tipo coma flotante de 48 bits [14].

Figura A. 30. Elementos “Operadores”

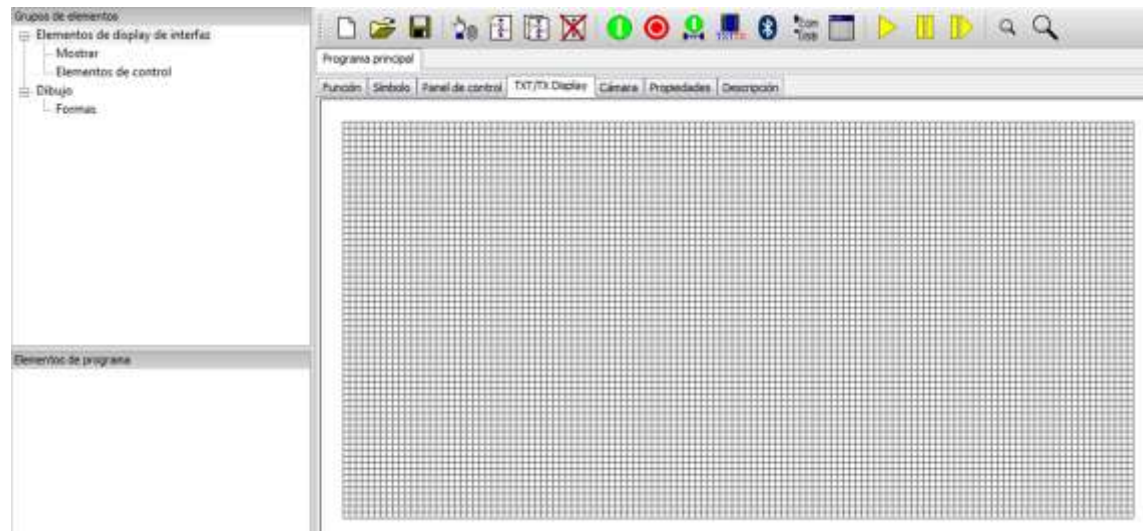


- **TXT/TX DISPLAY**

El TXT/TX *Display* es un espacio integrado en la interfaz (Figura A. 31), en el cual se muestran texto o variables, dibujos y elementos de control en el *display* del

controlador ROBOTICS TXT. Para acceder a este espacio de interfaz se dirige a la Barra de control de subprogramas o programa principal y se accede a la opción TXT/TX *Display*. Al diseñar en el espacio TXT/TX *Display* es necesario estar seguro que será creado en el programa correcto. [14].

Figura A. 31. Interfaz “TXT/TX *Display*”



Como se aprecia en la Figura A. 31, para diseñar sobre esta interfaz se encuentran dos grupos de elementos, que se mostrara a continuación: [14].

Elementos de *display de interfaz*

- **Mostrar:** Este grupo de elementos contiene los mensajes de texto.
- **Elementos de control:** En este grupo se encuentran botones y cuadros de desplazamiento. [14].

Dibujo

- **Formas:** En este grupo los elementos tienen la función de decorar la interfaz, entre ellos está dibujar con lápiz y realizar cuadros. [14].

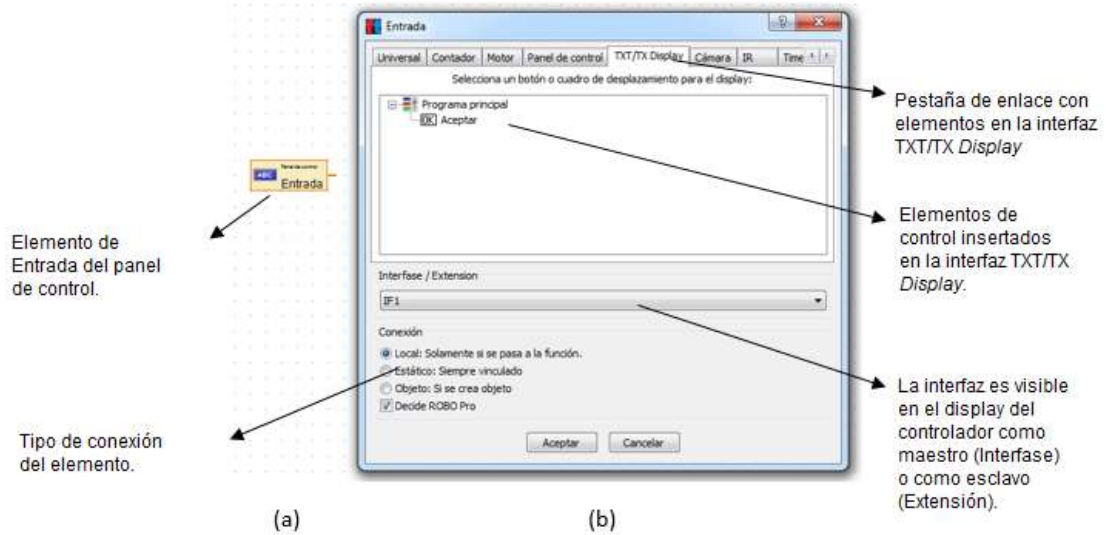
❖ Entrada del panel de control (txt/tx display)

Este elemento (

Figura A. 32, a) comunica los elementos de control de la interfaz TXT/TX *Display* de la barra de control con el diagrama de flujo. Para acceder a las propiedades (

Figura A. 32, b) se da clic derecho sobre el elemento, y se selecciona la pestaña TXT/TX *Display*, en esta pestaña se selecciona un botón o cuadro de desplazamiento para el *display*. [14].

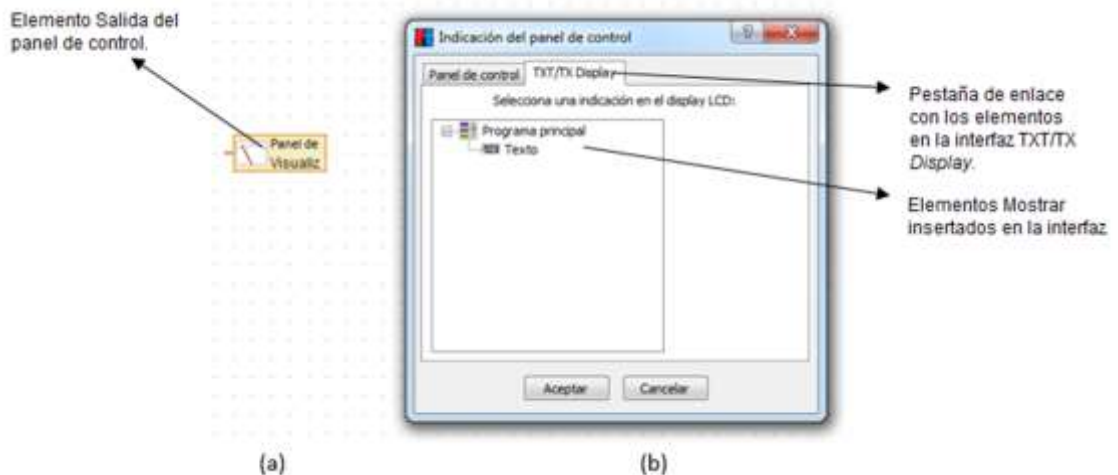
Figura A. 32. Ventana “Entrada del TXT/TX Display”



❖ **Salida del panel de control (txt/tx display)**

Este elemento (Figura A. 33, a) comunica los elementos mostrar de la interfaz TXT/TX Display de la barra de control con el diagrama de flujo. Para acceder a las propiedades (Figura A. 33, b) se da clic derecho sobre el elemento, y se selecciona la pestaña TXT/TX Display, en esta pestaña se selecciona una indicación en el *display LCD*. [14].

Figura A. 33. Ventana “Salida del TXT/TX Display”



Anexo B. GRÁFICO FUNCIONAL DE MANDO ETAPA/TRANSICIÓN y PROGRAMACIÓN DE CADA PRÁCTICA DE LABORATORIO

El anexo B del presente proyecto de grado fue entregado a los docentes encargados de la asignatura “Automatización de procesos” de la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Industrial de Santander durante el primer periodo académico del año 2017.

Anexo C. ENCUESTA

ENCUESTA SOBRE EL DISEÑO DE LAS PRÁCTICAS A APLICAR EN EL SISTEMA SIMULADOR DE FABRICA FISCHERTECHNIK

1. Conocía conceptos básicos de Automatización:

SI ___ NO ___

Responda las siguientes preguntas según su criterio, seleccionando una única respuesta en cada una de ellas.

2. ¿Es el material de apoyo claro y entendible?

SI ___ NO ___

3. Como califica este material de apoyo:

Muy bueno ___ Bueno ___
Regular ___ Malo ___

4. Es necesario leer el material de apoyo con anterioridad:

SI ___ NO ___

5. ¿Es entendible la estructura de las prácticas?

SI ___ NO ___

6. Cada ítem es conciso en su propósito:

SI ___ NO ___

7. Fue interactiva la práctica:

SI ___ NO ___

8. En cuantas sesiones cree que se deberían implementar las prácticas:

Dos sesiones ___ Tres sesiones ___
Cuatro sesiones ___ Cinco sesiones ___

9. ¿Cuántos integrantes deben conformar un grupo para desarrollar cada práctica?

Dos ____

Tres ____

Cuatro ____

Cinco ____

10. Dio un valor agregado a sus conocimientos sobre automatización:

SI ____

NO ____

OBSERVACIONES, SUGERENCIAS Y/O COMENTARIOS

Anexo D. PRÁCTICAS

PRÁCTICA ALMACÉN ELEVADO AUTOMATIZADO

Objetivos

- Entender el funcionamiento de los motores con *encoders* y sin *encoders*.
- Comprender como operan los sensores fototransistores y los finales de carrera.
- Entender como puede ser realizado el proceso de almacenamiento en la industria.
- Aplicar el concepto Grafcet en un proceso industrial.

Equipos

- Estación de trabajo almacén elevado automatizado, la cual contiene los siguientes elementos:
 - Computador con el software ROBO Pro instalado (1)
 - Controlador ROBOTICS TXT (1)
 - Cable para transmitir datos con entrada de puerto USB 2.0 (1)
 - Fototransistor (2)
 - Sensor de pista (1)
 - Final de carrera (4)
 - *Encoder* (2)
 - Motor de DC (4)
 - Tapa (9)
 - Caja (9)
 - Cargador 9[v] (1)

Temas de consulta

- Investigar las secciones 1, 2.1, 3 y el anexo A del Proyecto de grado Diseño e implementación de 5 prácticas de laboratorio en la asignatura de automatización de procesos por medio del sistema Simulación de Fábrica de FISCHERTECHNIK.

Procedimiento

1. Abrir software ROBO Pro, dando clic en el icono de la
- 2.
3. Figura D. 1.

Figura D. 1. Terminal software ROBO Pro



Abriendo el terminal mostrado en la Figura D. 2, se procede a dar clic en el recuadro amarillo.

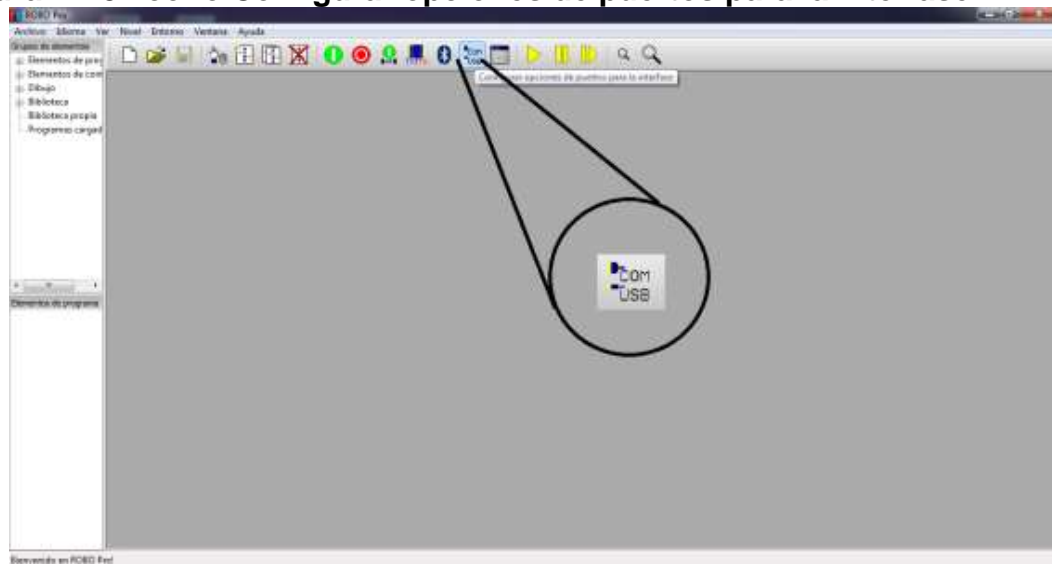
Figura D. 2. Terminal software ROBO Pro



4. Verificar que esté encendido el controlador ROBOTICS TXT correspondiente a la estación de trabajo.
5. Conectar el puerto USB 2 del controlador al computador, con el cable USB 2.0.

6. Para la configuración de puertos para la interfaz, se procede a dar clic al icono configurar opciones de puertos para la interfase mostrado en la
- 7.
8. Figura D. 3.

Figura D. 3. Icono Configurar opciones de puertos para la interfase



Seguidamente, se abrirá la configuración de puertos para la interfaz.

Figura D. 4. Configuración de puertos para la interfaz



Se debe asegurar que la configuración se encuentre igual a la

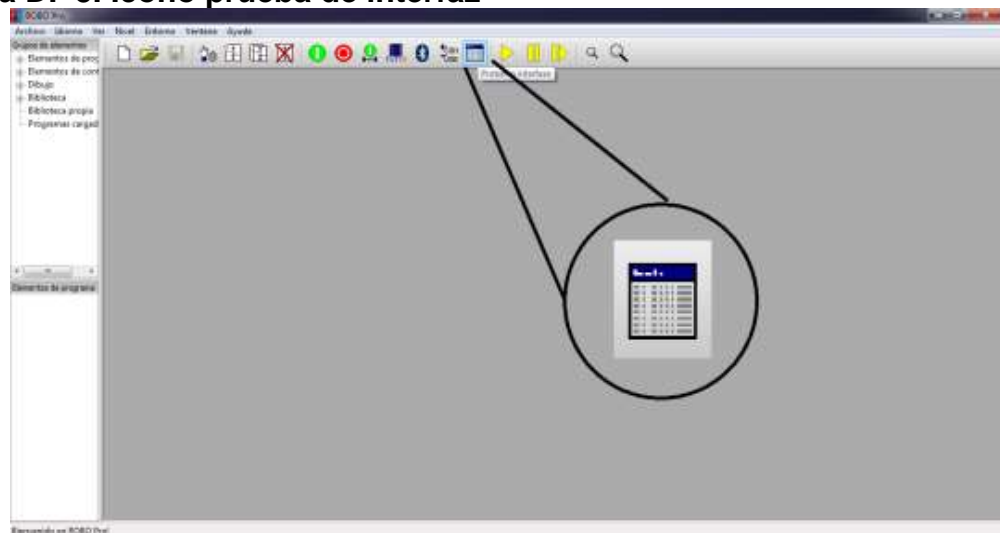
Figura D. 4 y dar clic en aceptar.

9. Revisar el funcionamiento de los elementos a través de la prueba de interfaz,
por medio del el icono mostrado en la

10.

11. Figura D. 5.

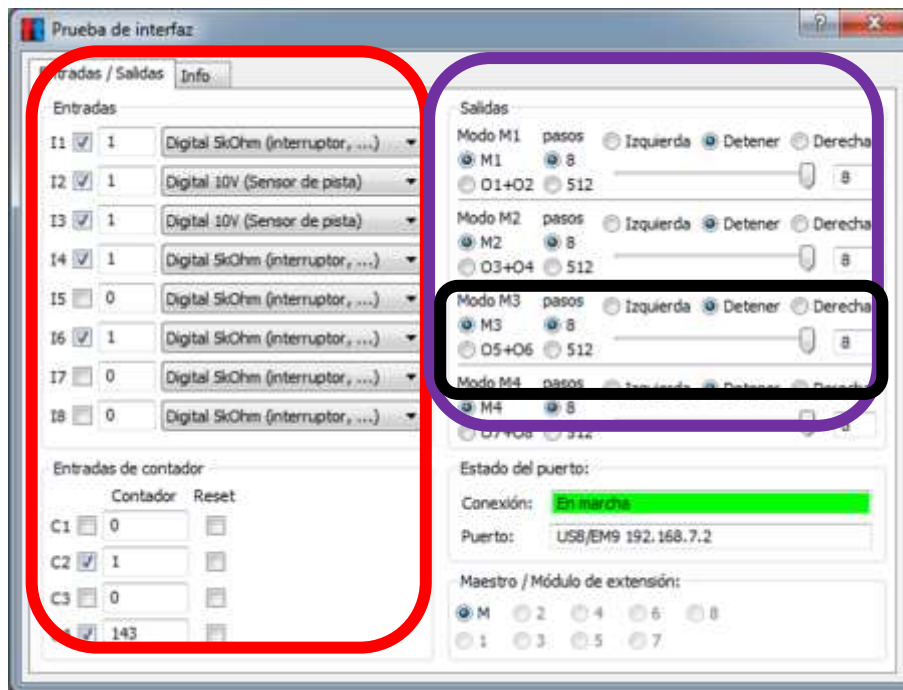
Figura D. 5. Icono prueba de interfaz



Posteriormente se abrirá la prueba de interfaz (

Figura D. 6).

Figura D. 6. Terminal prueba de interfaz



12. Identificar que el ítem “conexión” distinguido con negro en la
- 13.
14. Figura D. 6 presente el estado “En marcha”.
15. Verificar que las señales recibidas y generadas por el controlador ROBOTICS TXT estén funcionando en la prueba de interfaz (
- 16.
17. Figura D. 6), es decir, que las entradas (recuadro rojo de la
- 18.
19. Figura D. 6) realicen sus respectivos cambios de estado y que las salidas (recuadro morado de la
- 20.
21. Figura D. 6) ejecuten la función enviada a través de las barras deslizantes.
22. Constatar que el controlador ROBOTICS TXT del Almacén elevado automatizado se encuentre en rol de maestro y el Manipulador de aspiración al vacío como extensión. Los pasos a seguir para asignar el rol de un controlador en el sistema son los siguientes:
 - Dirigirse al controlador
 - En la pantalla principal del *display* táctil se debe seleccionar la opción de configuraciones (
 -
 - Figura D. 7).
 - Acceder a propiedad (Figura D. 8).

- Escoger el rol del controlador.
- El rol de maestro se indicara en el controlador cuando el botón de encendido toma un color de azul y en extensión es de verde.

Figura D. 7. Pantalla principal controlador ROBOTICS TXT

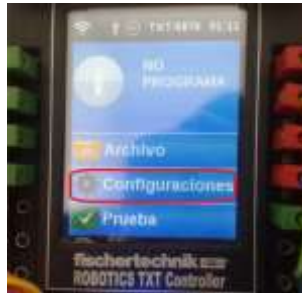
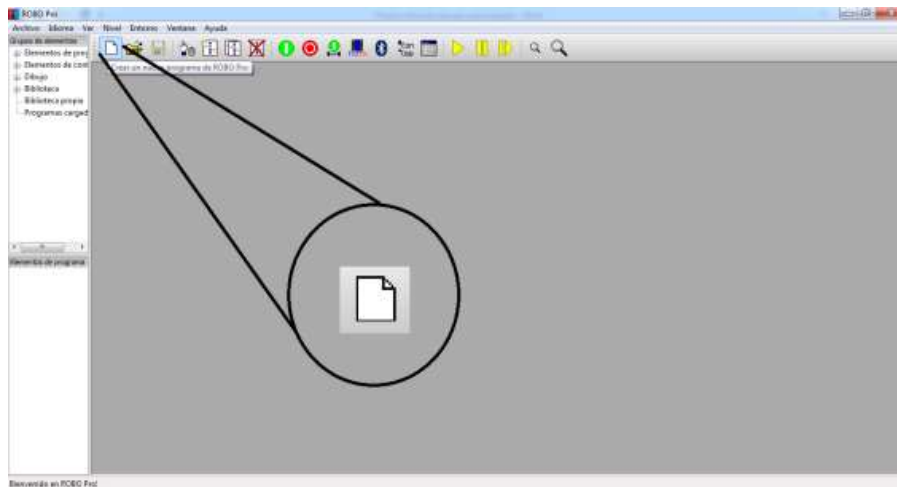


Figura D. 8. Configuraciones controlador ROBOTICS TXT



23. Crear un nuevo programa de ROBO Pro, oprimiendo el botón mostrado en la Figura D. 9.

Figura D. 9. Icono crear un programa en software ROBO Pro



24. En un diagrama de flujo, encender en secuencia el motor de la banda transportadora, y los motores de cada desplazamiento vertical, horizontal, posterior y frontal, durante un segundo.
25. En un diagrama de flujo, ubicar la plataforma en su estado cero.
26. En un diagrama de flujo, detectar la presencia de la caja en ambos lados de la banda transportadora.
27. En un diagrama de flujo, realizar el movimiento de los motores de desplazamiento vertical y horizontal, controlando la distancia dada por los *encoders*.
28. Elaborar el GRAFCET del funcionamiento de la estación de trabajo.
29. Desarrollar el diagrama de flujo del funcionamiento completo de la estación de trabajo.
30. Mostrar al profesor la estación de trabajo funcionando.
31. Entregar un informe que presente el GRAFCET y el diagrama de flujo, realizados en la práctica y conclusiones.

PRÁCTICA MANIPULADOR DE ASPIRACIÓN AL VACÍO

Objetivos

- Conocer el comportamiento que tienen los motores con *encoder* y controlarlos a través de un sistema de automatización físico.
- Comprender el funcionamiento del sensor fototransistor y del interruptor final de carrera.
- Entender la función que realiza cada componente neumático en el manipulador de aspiración al vacío y la acción que realizan en conjunto.
- Aplicar los conocimientos de *grafcet* adquiridos en la parte teórica de la materia.
- Fortalecer los conocimientos de automatización industrial por medio del manipulador de aspiración al vacío y el software ROBO Pro.

Equipos

- Estación de trabajo manipulador de aspiración al vacío, la cual contiene los siguientes elementos:
 - Computador con el software ROBO Pro instalado (1)
 - Controlador ROBOTICS TXT (1)
 - Cable para transmitir datos con entrada de puerto USB 2.0 (1)
 - Fototransistor (4)
 - Final de carrera (3)
 - *Encoder* (3)
 - Motor de DC (3)
 - Bomba de vacío (1)
 - Electroválvula (1)
 - Compresor (1)
 - Tapa (9)
 - Cargador 9[v] (1)

Temas de consulta

- Investigar las secciones 1, 2.2, 3 y el anexo A del Proyecto de grado Diseño e implementación de 5 prácticas de laboratorio en la asignatura de automatización de procesos por medio del sistema Simulación de Fábrica de FISCHERTECHNIK.

Procedimiento

1. Abrir software ROBO Pro, dando clic en el icono de la
- 2.
3. Figura D. 10.

Figura D. 10. Terminal software ROBO Pro



Abriendo el terminal mostrado en la

Figura D. 11, se procede a dar clic en el recuadro amarillo.

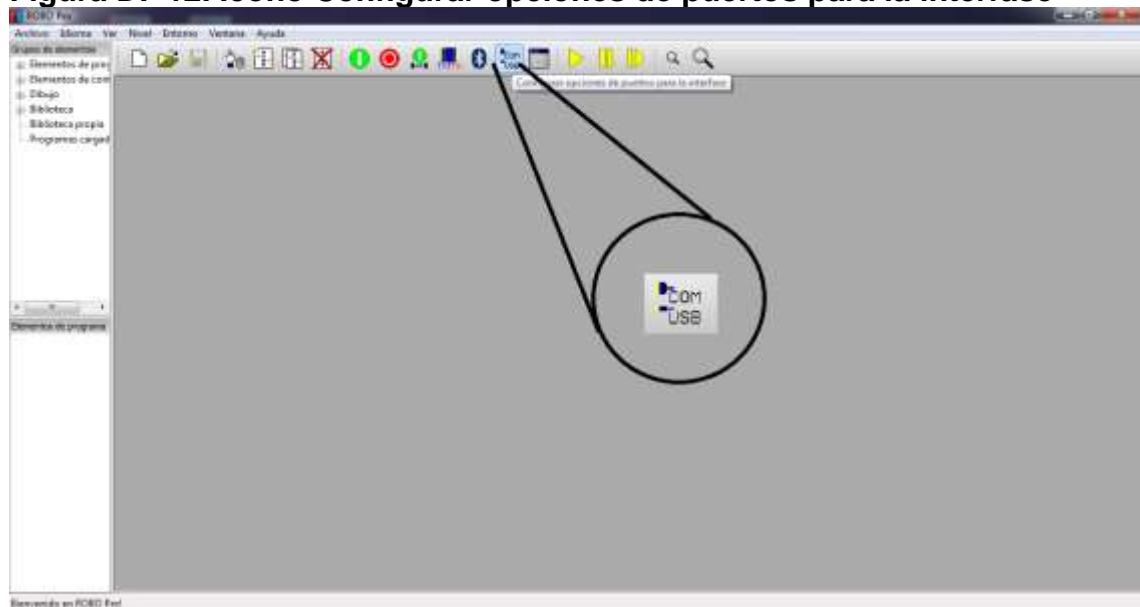
Figura D. 11. Terminal software ROBO Pro



4. Verificar que esté encendido el controlador ROBOTICS TXT correspondiente a la estación de trabajo.

5. Encender el controlador ROBOTICS TXT de la Cinta de clasificación con reconocimiento de color y el controlador ROBOTICS TXT del almacenador elevado automatizado.
6. Conectar el puerto USB 2 del controlador ROBOTICS TXT del manipulador de aspiración al vacío con el computador, a través del cable USB 2.0.
7. Para la configuración de puertos para la interfaz, se procede a dar clic al icono configurar opciones de puertos para la interfase mostrado en la Figura D. 12.

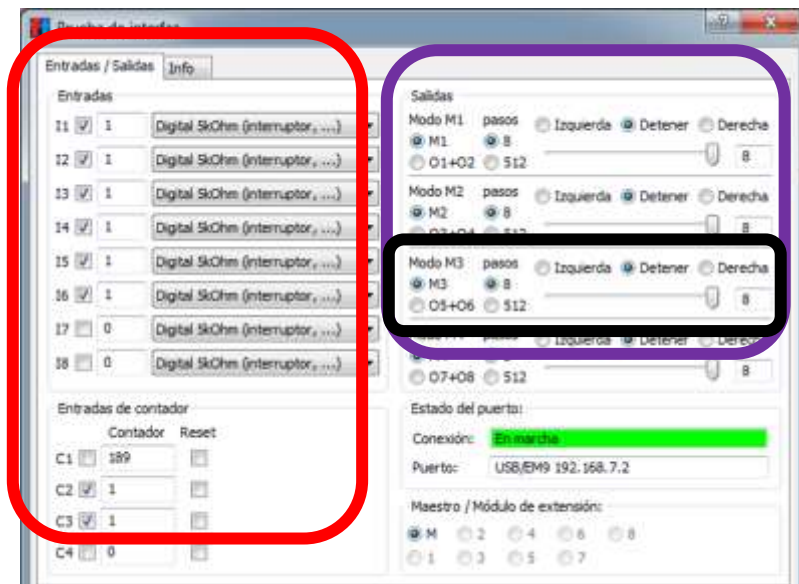
Figura D. 12. Icono Configurar opciones de puertos para la interfase



Seguidamente, se abrirá la configuración de puertos para la interfaz.

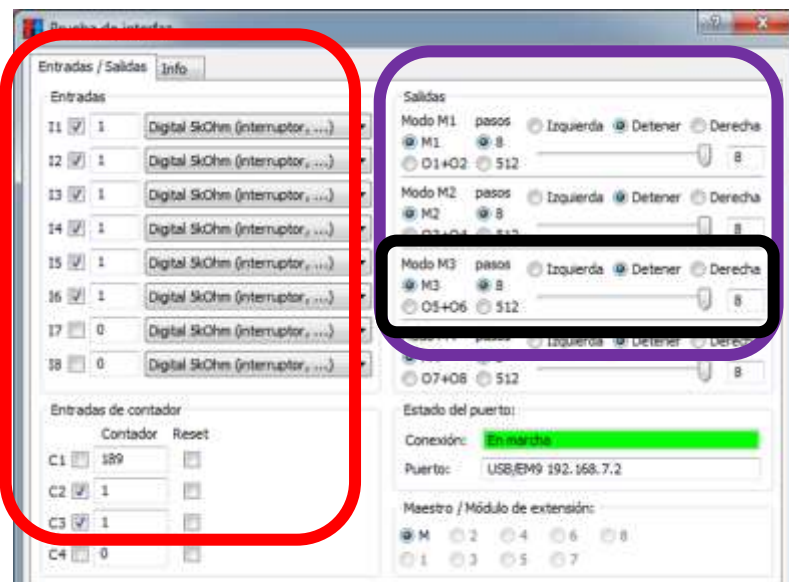
Figura D. 13. Configuración de puertos para la interfaz





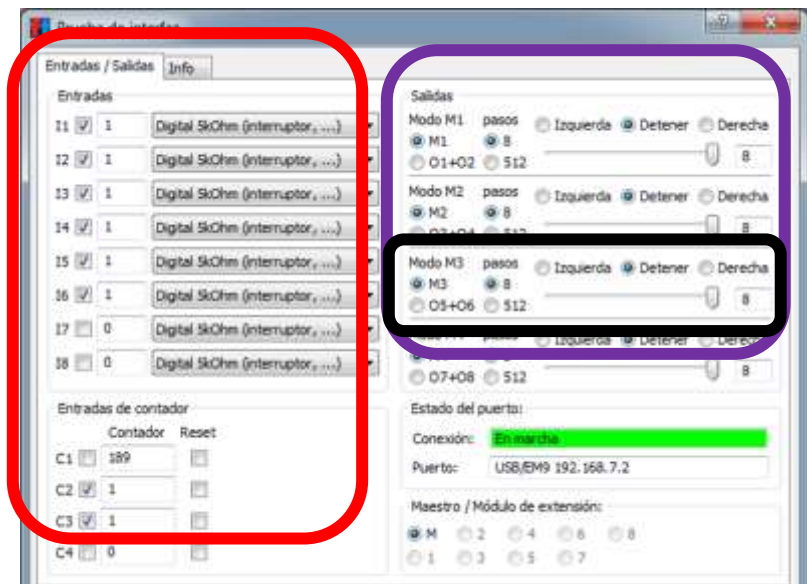
).

Figura D. 15. Terminal prueba de interfaz



7. Identificar que el ítem “conexión” distinguido con negro en la

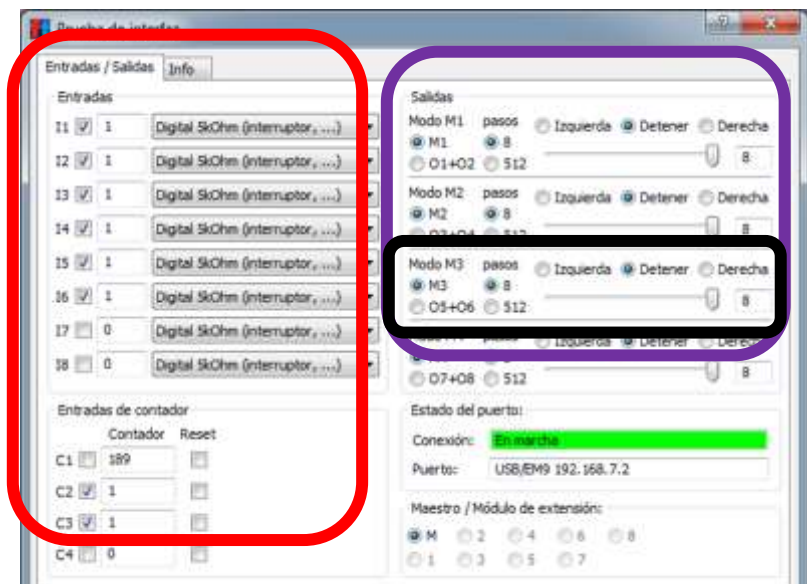
Figura D. 15. Terminal prueba de interfaz



presente

- el estado “En marcha”.
- Comprobar que las señales recibidas y generadas por el controlador ROBOTICS TXT estén funcionando en la prueba de interfaz (

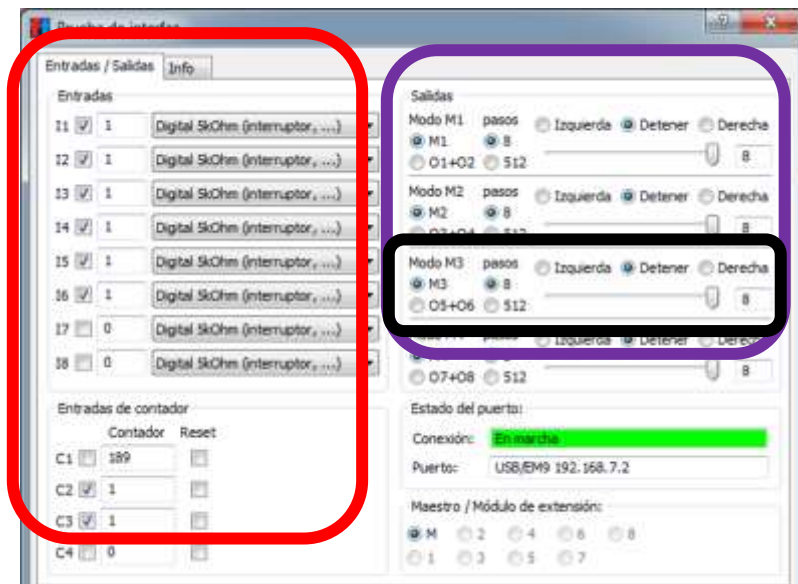
Figura D. 15. Terminal prueba de interfaz



), es

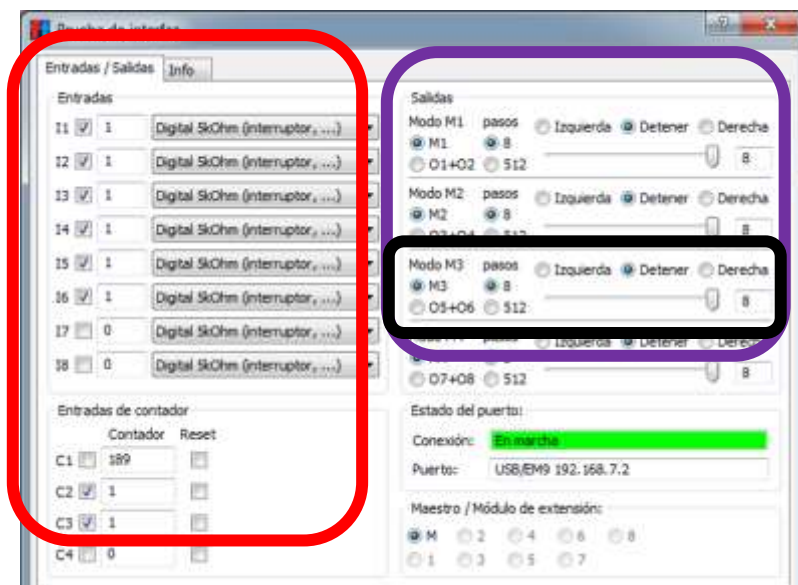
decir, que las entradas (recuadro rojo de la

Figura D. 15. Terminal prueba de interfaz



) realicen sus respectivos cambios de estado y que las salidas (recuadro morado de la

Figura D. 15. Terminal prueba de interfaz



) ejecuten la función enviada a través de las barras deslizantes.

9. Asegurar que el controlador ROBOTICS TXT del Almacén elevado automatizado se encuentre activo y sus sensores estén operando.
10. Constatar que el controlador ROBOTICS TXT del Manipulador de aspiración al vacío se encuentre en rol de extensión y el Almacén elevado automatizado como maestro. Los pasos a seguir para asignar el rol de un controlador en el sistema son los siguientes:

- Dirigirse al controlador
- En la pantalla principal del *display* táctil se debe seleccionar la opción de configuraciones (
-
- Figura D. 16).
- Acceder a propiedad (Figura D.17).
- Escoger el rol del controlador.
- El rol de maestro se indicara en el controlador cuando el botón de encendido toma un color de azul y en extensión es de verde.

Figura D. 16. Pantalla principal controlador ROBOTICS TXT

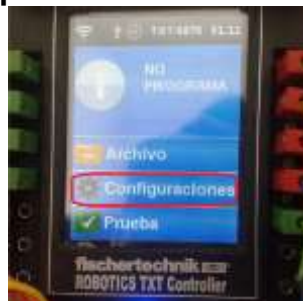


Figura D. 17. Configuraciones controlador ROBOTICS TXT



11. Crear un nuevo programa de ROBO Pro, oprimiendo el botón mostrado en la

Figura D. 18. Icono crear un programa en software ROBO Pro

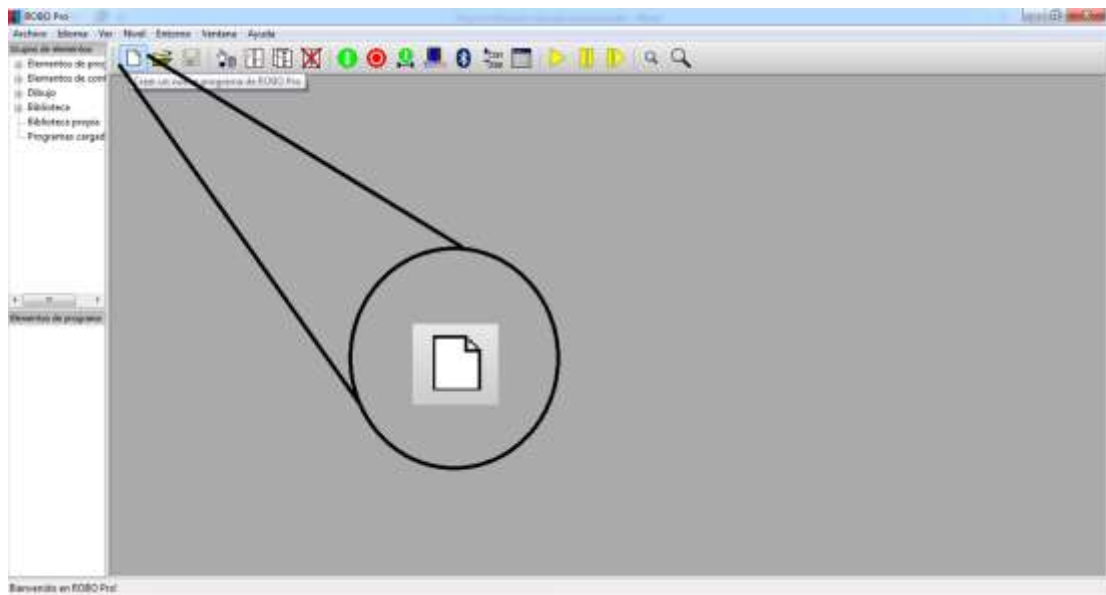
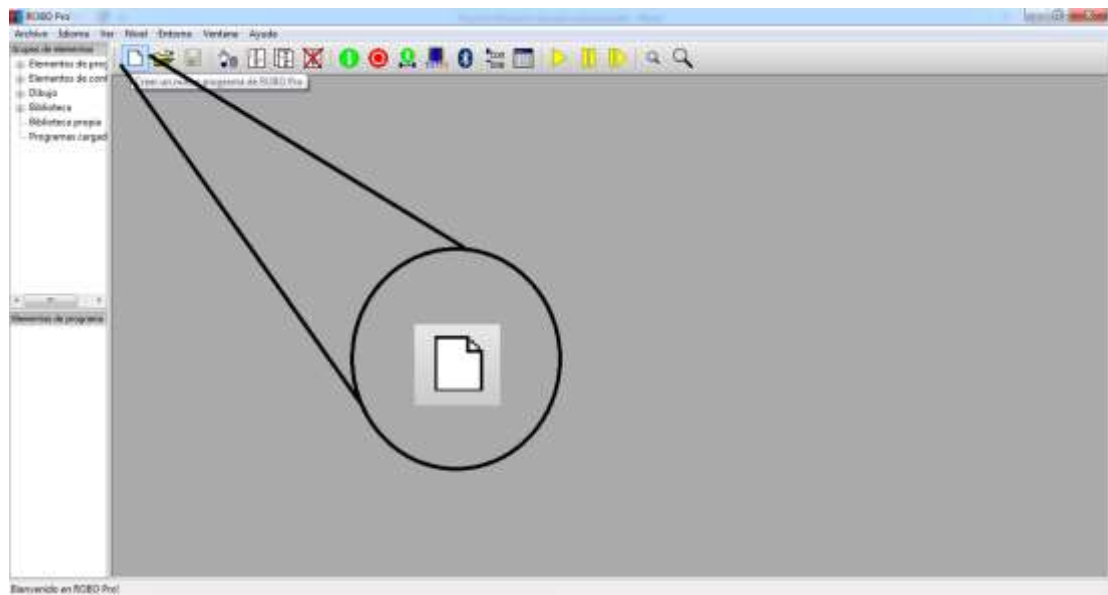


Figura D. 18. Icono crear un programa en software ROBO Pro



12. Construir un diagrama de flujo en el software ROBO Pro que permita mover el motor encargado de la rotación del brazo una distancia equivalente a 700 pulsos leídos por el *encoder*, luego el motor se detendrá y retrocederá una distancia correspondiente a 500 pulsos.

- 13.** Diseñar un diagrama de flujo en el software ROBO Pro que mueva el motor M1 una distancia cuando los sensores tipo fototransistores ubicados en la Cinta de clasificación con reconocimiento de color se desactiven. Cuando I4 se desactive el motor se moverá 800 pulsos, si I5 recibe una señal de cero el motor M1 se trasladara 500 pulsos y si es I6 el motor avanzara 300 pulsos.
- 14.** Crear un programa que se encargue de dirigir los motores encargados del movimiento rotacional, horizontal y vertical del brazo a una posición de referencia llamada estado cero. Se ha llegado a este estado cuando los finales de carrera ubicados como referencia para la posición rotacional, vertical y horizontal se encuentran activos.
- 15.** Realizar un diagrama de flujo en el software ROBO Pro que controle la posición del motor M1 dentro de un rango de valores (0 →1586 pulsos), el valor de cero pulsos hace referencia a la posición del motor M1 y a los 1586 pulsos es la posición final. Si el valor agregado al código indica la posición actual del Manipulador, este no realizara ninguna acción.
- 16.** Elaborar el GRAFCET del funcionamiento de la estación de trabajo.
- 17.** Desarrollar el diagrama de flujo del funcionamiento completo de la estación de trabajo.
- 18.** Mostrar al profesor la estación de trabajo funcionando.
- 19.** Entregar un informe que presente el GRAFCET y el diagrama de flujo, realizados en la práctica y conclusiones.

PRÁCTICA MULTIESTACIÓN DE PROCESOS

Objetivos

- Entender la función que realizan los accionadores eléctricos, accionadores neumáticos y los accionadores hidráulicos en un sistema industrial.
- Aplicar conceptos del método grafico de mando etapa/transición.
- Fortalecer los conocimientos de automatización industrial por medio del multiestación de procesos y el software ROBO Pro.

Equipos

- Estación de trabajo Multiestación de procesos, la cual contiene los siguientes elementos:
 - Controlador ROBOTICS TXT (2)
 - Computador con el software ROBO Pro instalado (1)
 - Cable para transmitir datos con entrada de puerto USB 2.0 (1)
 - Fototransistor (2)
 - Final de carrera (6)
 - Motor de DC (5)
 - Compresor (1)
 - Válvula de vacío (1)
 - Eyector (4)
 - Tapa (9)
 - Cargador 9[v] (1)
 - Electroválvula (4)

Temas de consulta

- Investigar las secciones 1, 2.3, 3 y el anexo A del Proyecto de grado Diseño e implementación de 5 prácticas de laboratorio en la asignatura de automatización de procesos por medio del sistema Simulación de Fábrica de FISCHERTECHNIK.

Procedimiento

1. Abrir software ROBO Pro, dando clic en el icono de la
- 2.
3. Figura D. 19.

Figura D. 19. Icono Terminal software ROBO Pro



Abriendo el terminal mostrado en la

Figura D. 20, se procede a dar clic en el recuadro amarillo.

Figura D. 20. Terminal software ROBO Pro



4. Verificar que estén encendidos los controladores ROBOTICS TXT correspondientes a la estación de trabajo.
5. Conectar el puerto USB 2 del controlador del proceso de mezclado con el computador, con el cable USB 2.0.
6. Constatar que el controlador ROBOTICS TXT del proceso de horneado se encuentre en el rol de extensión y el controlador ROBOTICS TXT del proceso de mezclado presente el rol de maestro. Los pasos a seguir para asignar el rol de un controlador en el sistema son los siguientes:
 - Dirigirse al controlador
 - En la pantalla principal del *display* táctil se debe seleccionar la opción de configuraciones (
 -
 - Figura D. 21).
 - Acceder a propiedad (
 -
 - Figura D. 22).
 - Escoger el rol del controlador.
 - El rol de maestro se indicara en el controlador cuando el botón de encendido toma un color de azul y en extensión es de verde.

Figura D. 21. Pantalla principal del controlador ROBOTICS TXT

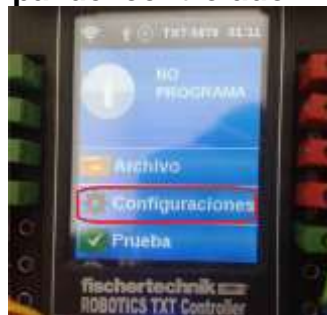


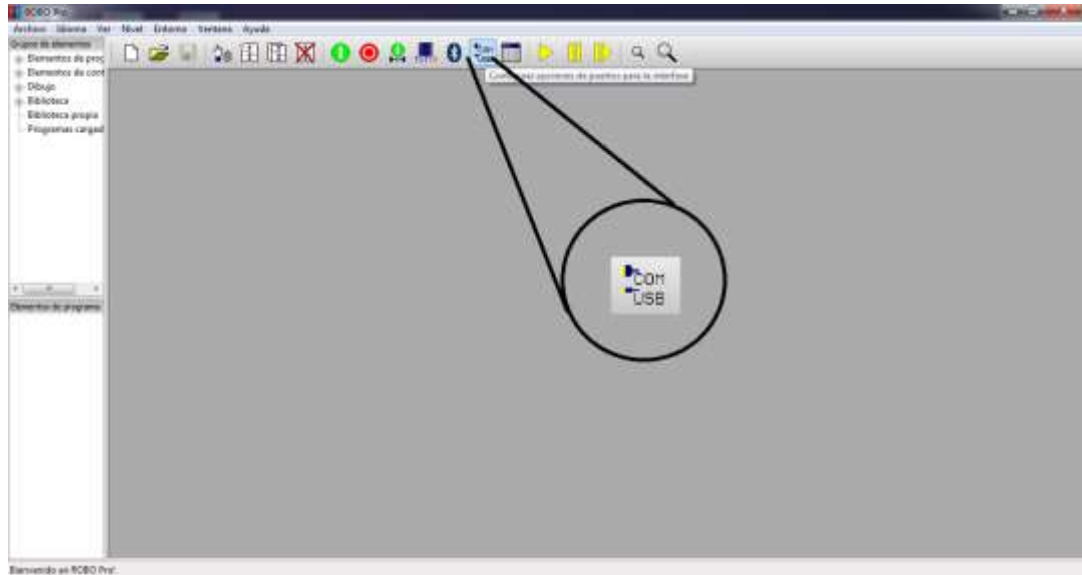
Figura D. 22. Configuración del controlador ROBOTICS TXT



7. Para la configuración de puertos para la interfaz, se procede a dar clic al icono configurar opciones de puertos para la interface mostrado en la

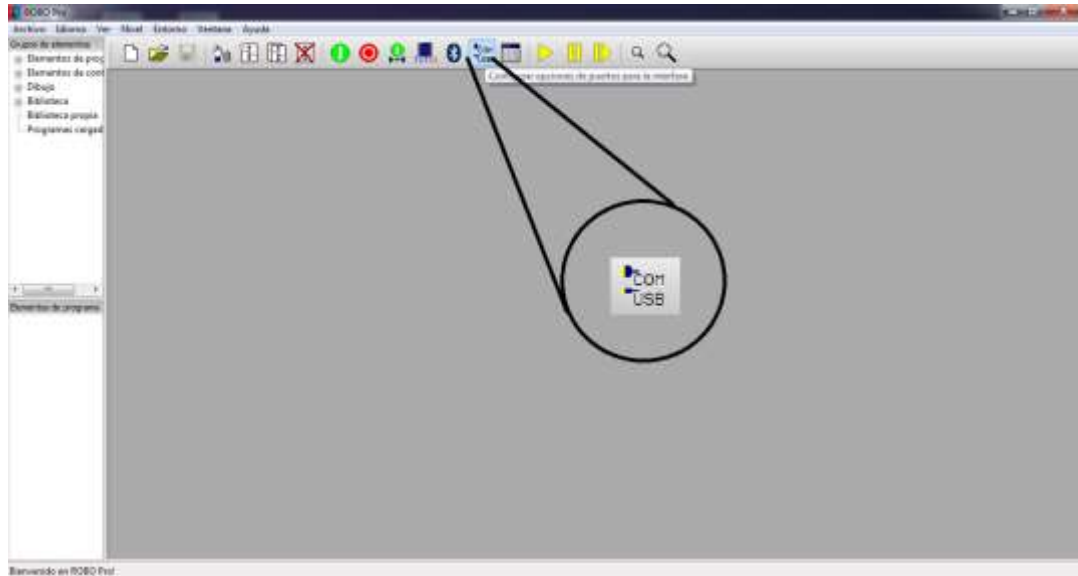
8.

10. Figura D. 23. Icono Configurar opciones de puertos para la interfase



11.

Figura D. 23. Icono Configurar opciones de puertos para la interfase



Seguidamente, se abrirá la configuración de puertos para la interfaz.

Figura D. 24. Configuración de puertos para la interfaz



Se debe asegurar que la configuración se encuentre igual a la

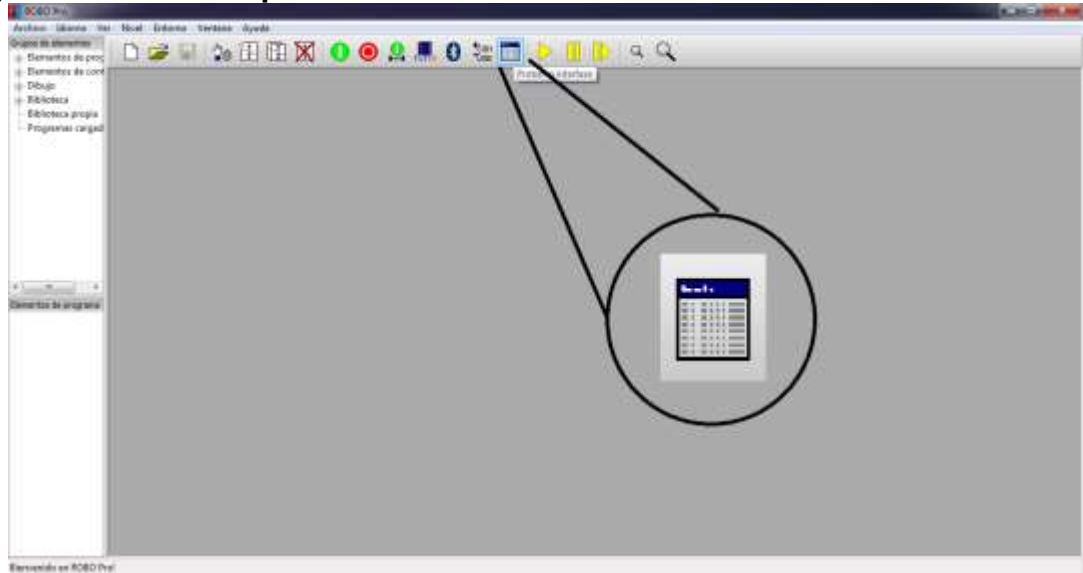
Figura D. 24 y dar clic en aceptar.

12. Revisar el funcionamiento de los elementos a través de la prueba de interfaz, por medio del el icono mostrado en la

13.

14. Figura D. 25.

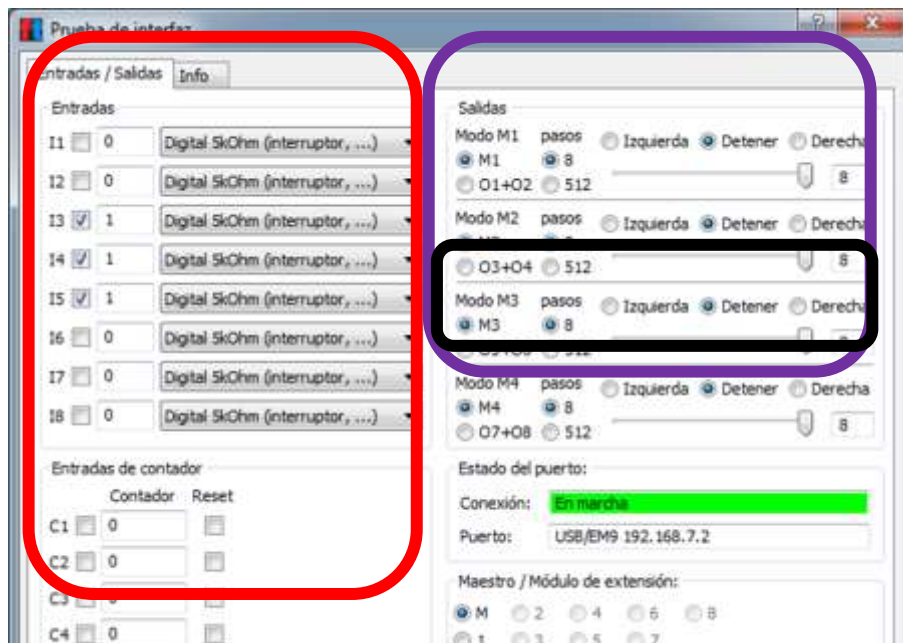
Figura D. 25. Icono prueba de interfaz



Posteriormente se abrirá la prueba de interfaz (

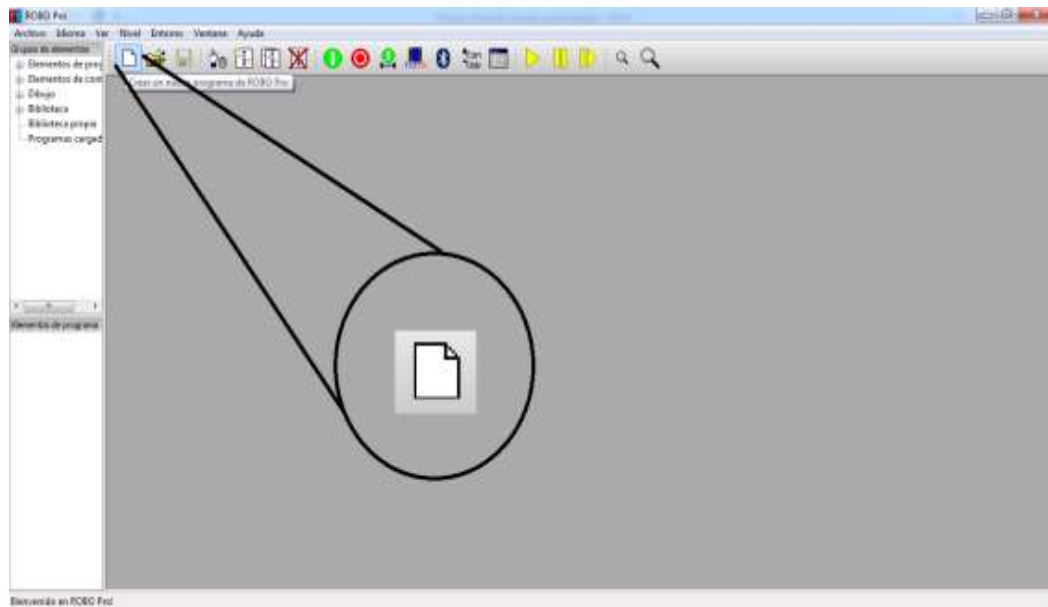
Figura D. 26).

Figura D. 26. Terminal prueba de interfaz



15. Identificar que el ítem “conexión” distinguido con negro en la
- 16.
17. Figura D. 26 presente el estado “En marcha”.
18. Verificar que las señales recibidas y generadas por el controlador ROBOTICS TXT estén funcionando en la prueba de interfaz (
- 19.
20. Figura D. 26), es decir, que las entradas (recuadro rojo de la
- 21.
22. Figura D. 26) realicen sus respectivos cambios de estado y que las salidas (recuadro morado de la
- 23.
24. Figura D. 26) ejecuten la función enviada a través de las barras deslizantes.
25. . Crear un nuevo programa de ROBO Pro, oprimiendo el botón mostrado en la
- 26.
27. Figura D. 27.

Figura D. 27. Icono crear un programa en software ROBO Pro



10. Diseñar un diagrama de flujo en el software ROBO Pro que me permita girar uno por uno los motores de la multiestación en sentido anti horario durante un segundo.
11. Desarrollar un programa que accione la válvula de vacío y los ejectores del sistema, estos elementos se activaran en serie y después de esperar un segundo cuando todos estén activos el programa los apagara en la misma serie de encendido.
12. Ajustar en estado cero los motores y las válvulas. Para determinar si los tres motores se encuentran en su posición cero deben accionarse tres finales de carrera, para el motor de la fresa con mesa giratoria debe activarse el pulsador con la entrada I1 en maestro, el motor del alimentador del horno accionara el final de carrera con entrada correspondiente a I1 con rol de extensión y el motor del brazo de vacío será el encargado de activar el pulsador que genera señal en la entrada I5 del controlador ROBOTICS TXT en rol de maestro.
13. Elaborar el GRAFCET del funcionamiento de la estación de trabajo.
14. Desarrollar el diagrama de flujo del funcionamiento completo de la estación de trabajo.
15. Mostrar al profesor la estación de trabajo funcionando.
16. Entregar un informe que presente el GRAFCET y el diagrama de flujo, realizados en la práctica y conclusiones.

PRÁCTICA CINTA DE CLASIFICACIÓN CON RECONOCIMIENTO DE COLOR

Objetivos

- Entender el funcionamiento de los finales de carrera, sensores fototransistores, electroválvulas y del sensor de color.
- Comprender el funcionamiento de los motores en el software ROBO Pro.
- Conocer como puede ser realizado el proceso de clasificación de color en la industria.
- Aplicar el concepto Grafcet en un proceso industrial.

Equipos

- Estación de trabajo cinta de clasificación con reconocimiento de color, la cual contiene los siguientes elementos:
 - Computador con el software ROBO Pro instalado (1)
 - Controlador ROBOTICS TXT (1)
 - Cable para transmitir datos con entrada de puerto USB 2.0 (1)
 - Fototransistor (5)
 - Electroválvula (3)
 - Eyector (3)
 - Sensor de color (1)
 - Motor de DC (1)
 - Compresor (1)
 - Cargador 9[v] (1)

Temas de consulta

- Investigar las secciones 1, 2.4, 3 y el anexo A del Proyecto de grado Diseño e implementación de 5 prácticas de laboratorio en la asignatura de automatización de procesos por medio del sistema Simulación de Fábrica de FISCHERTECHNIK.

Procedimiento

1. Abrir software ROBO Pro, dando clic en el icono de la
- 2.
3. Figura D. 28.

Figura D. 28. Icono terminal software ROBO Pro



Abriendo el terminal mostrado en la

Figura D. 29, se procede a dar clic en el recuadro amarillo

Figura D. 29. Terminal software ROBO Pro

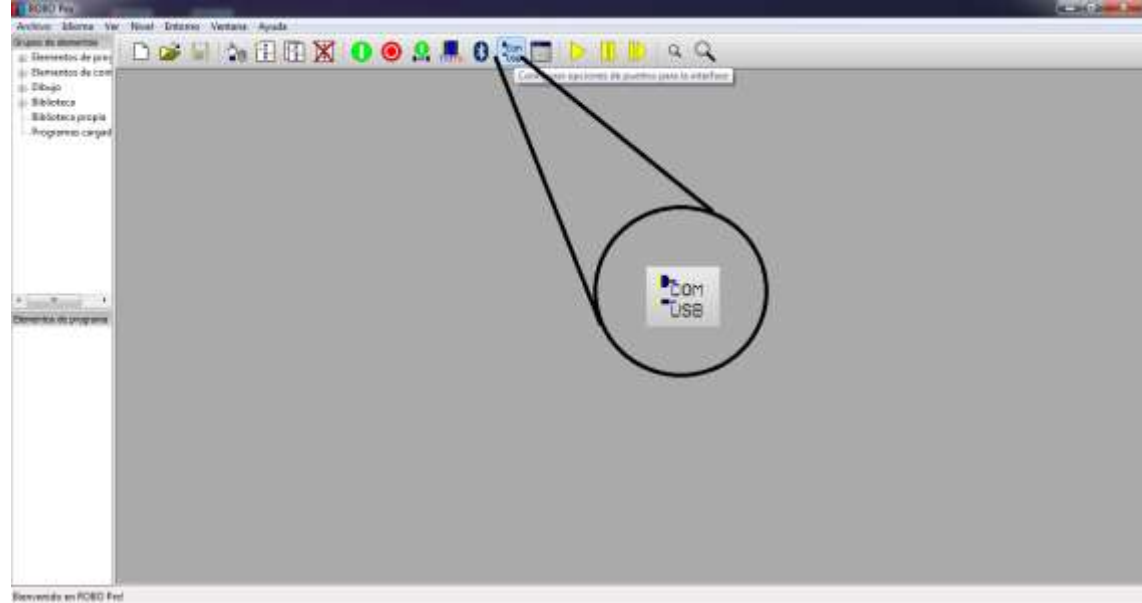


4. Verificar que esté encendido el controlador ROBOTICS TXT correspondiente a la estación de trabajo.

5. Conectar el puerto USB 2 del controlador al computador, con el cable USB 2.0.
6. Para la configuración de puertos para la interfaz, se procede a dar clic al icono configurar opciones de puertos para la interfase mostrado en la

7. Figura D. 30.

Figura D. 30. Icono Configurar opciones de puertos para la interfase



Seguidamente, se abrirá la configuración de puertos para la interfaz.

Figura D. 31. Configuración de puertos para la interfaz



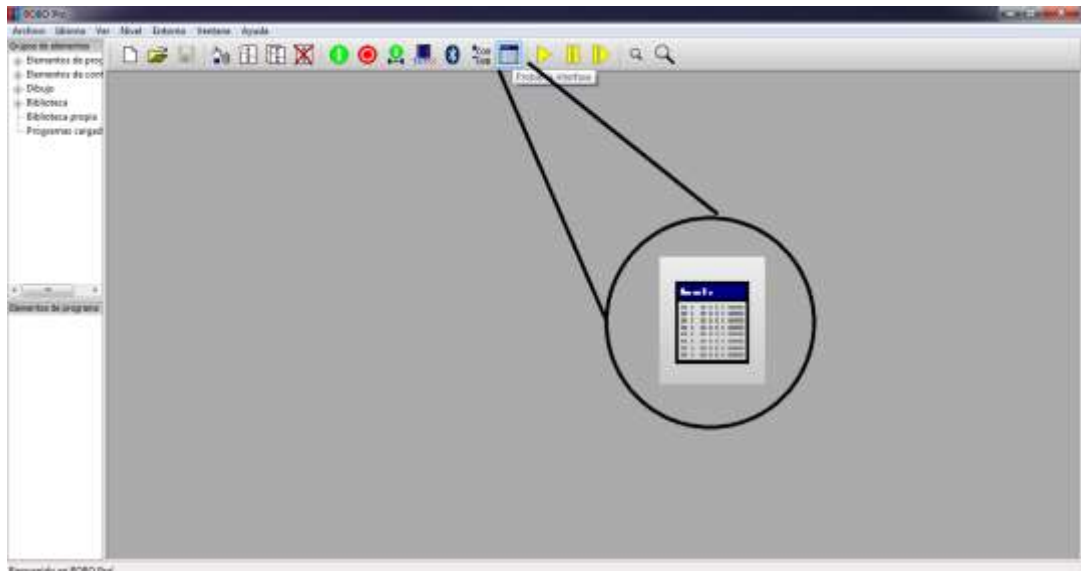
Se debe asegurar que la configuración se encuentre igual a la

Figura D. 31 y dar clic en aceptar.

8. Revisar el funcionamiento de los elementos a través de la prueba de interfaz, por medio del el icono mostrado en la

9. Figura D. 32.

Figura D. 32. Icono prueba de interfaz



Posteriormente se abrirá la prueba de interfaz (

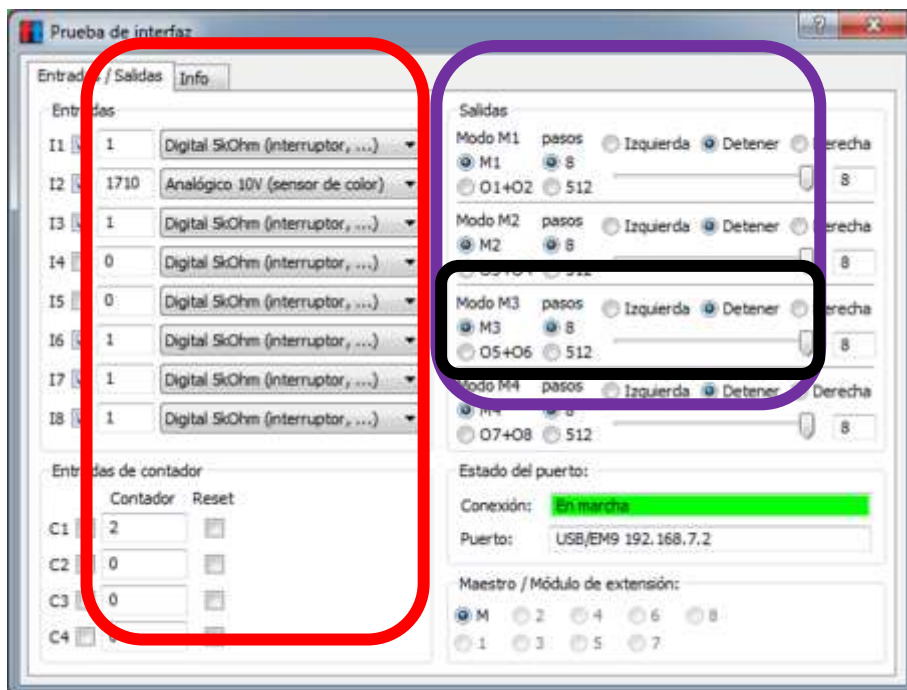
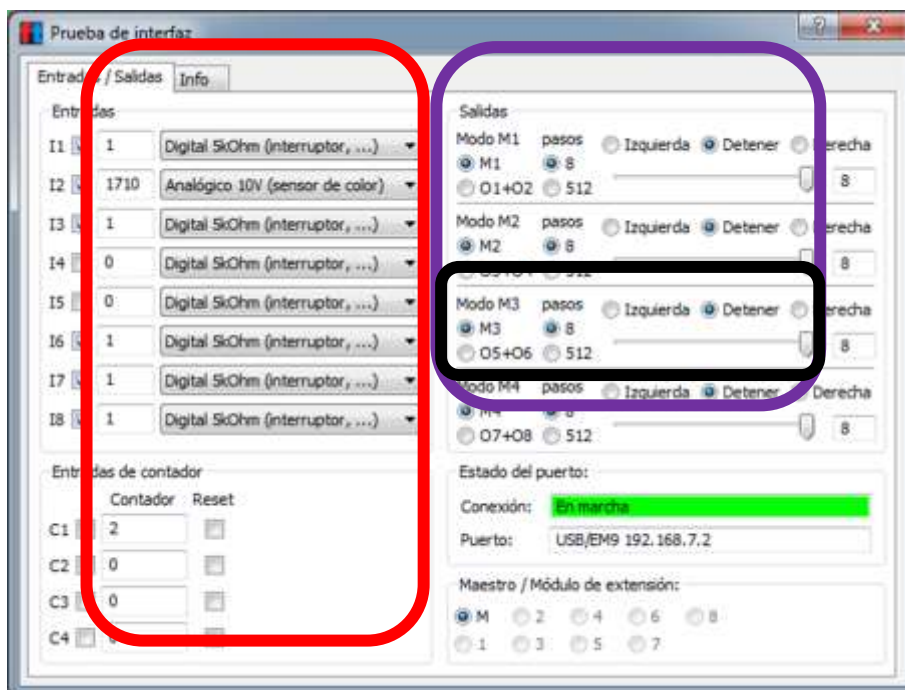
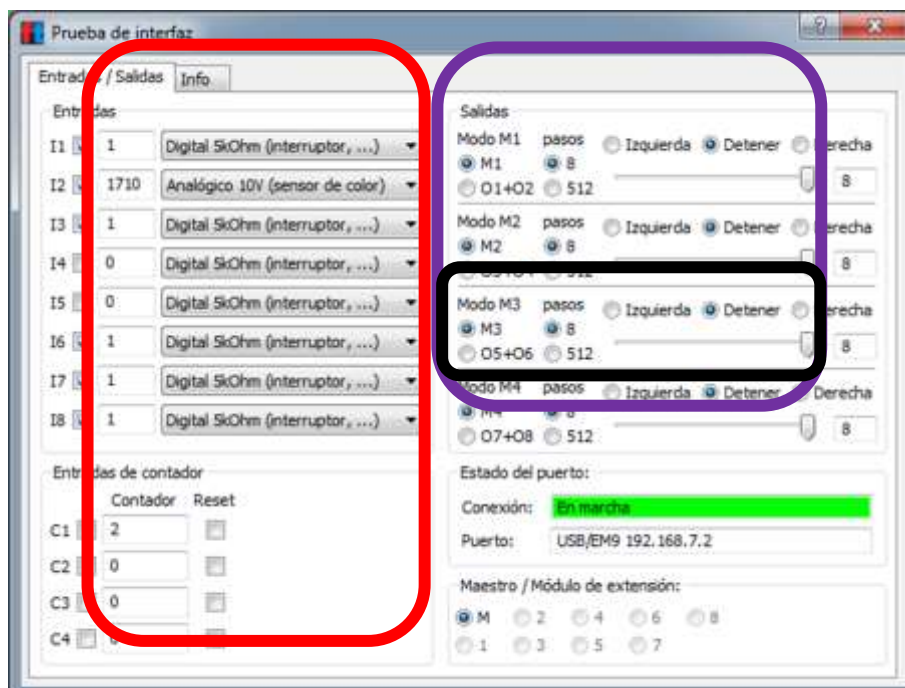


Figura D. 33. Terminal prueba de interfaz

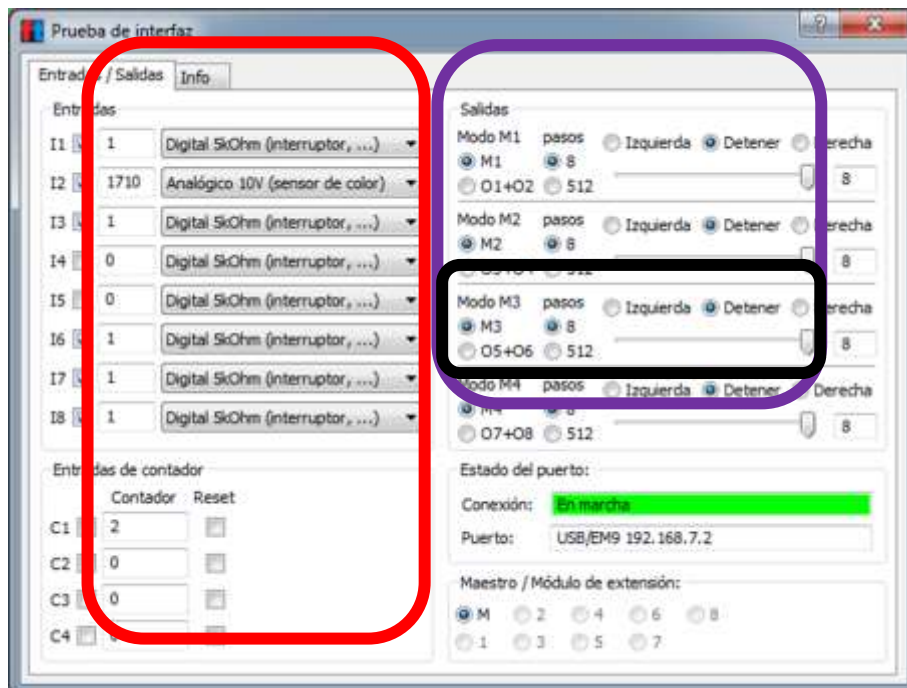


10. Identificar que el ítem “conexión” distinguido con negro en la

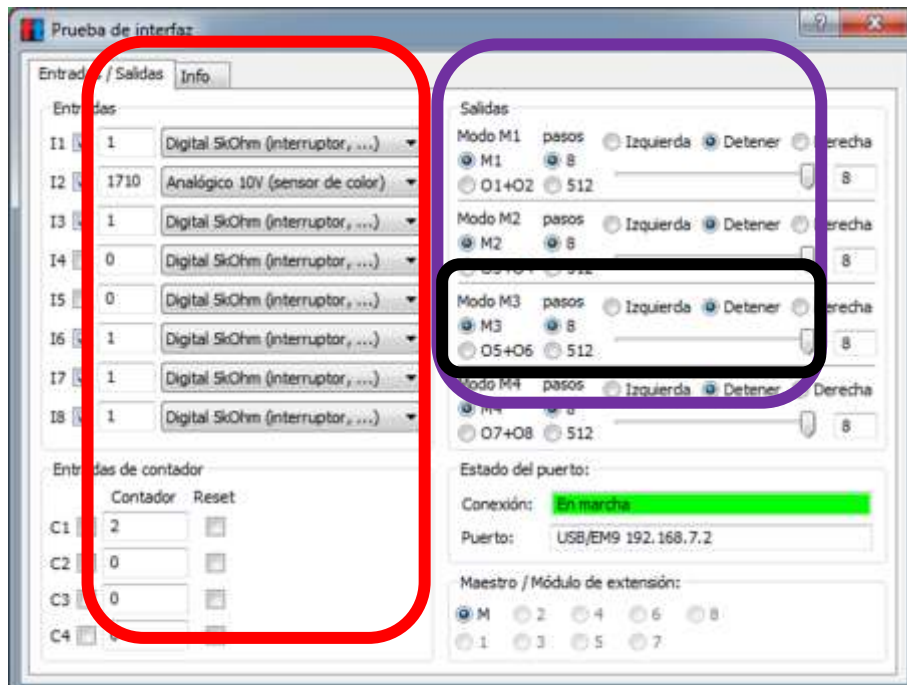


presente el estado “En marcha”.

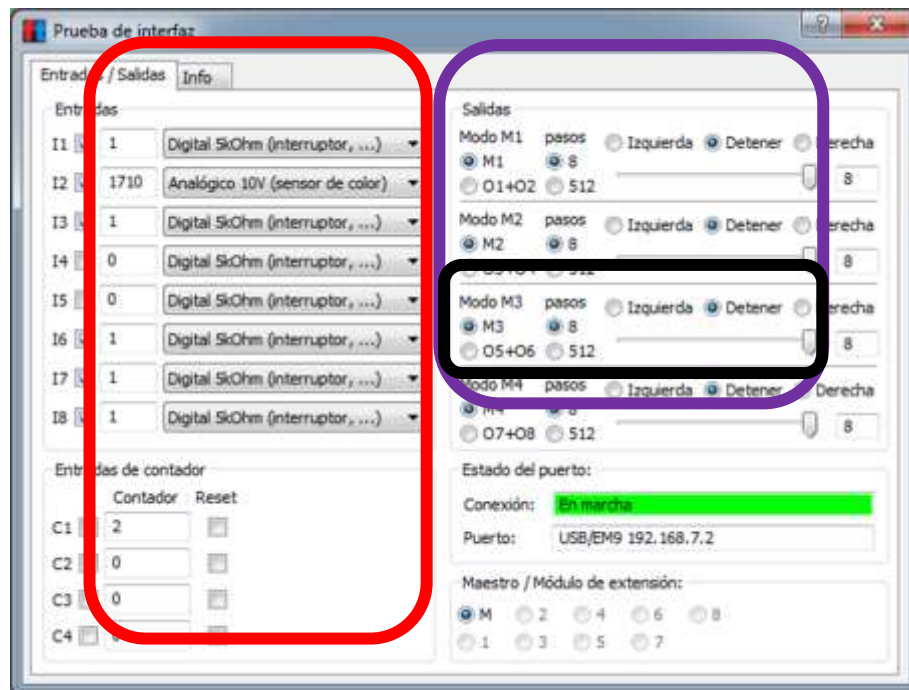
11. Verificar que las señales recibidas y generadas por el controlador ROBOTICS TXT estén funcionando en la prueba de interfaz (



decir, que las entradas (recuadro rojo), de la



realicen sus respectivos cambios de estado y que las salidas (recuadro morado) de la

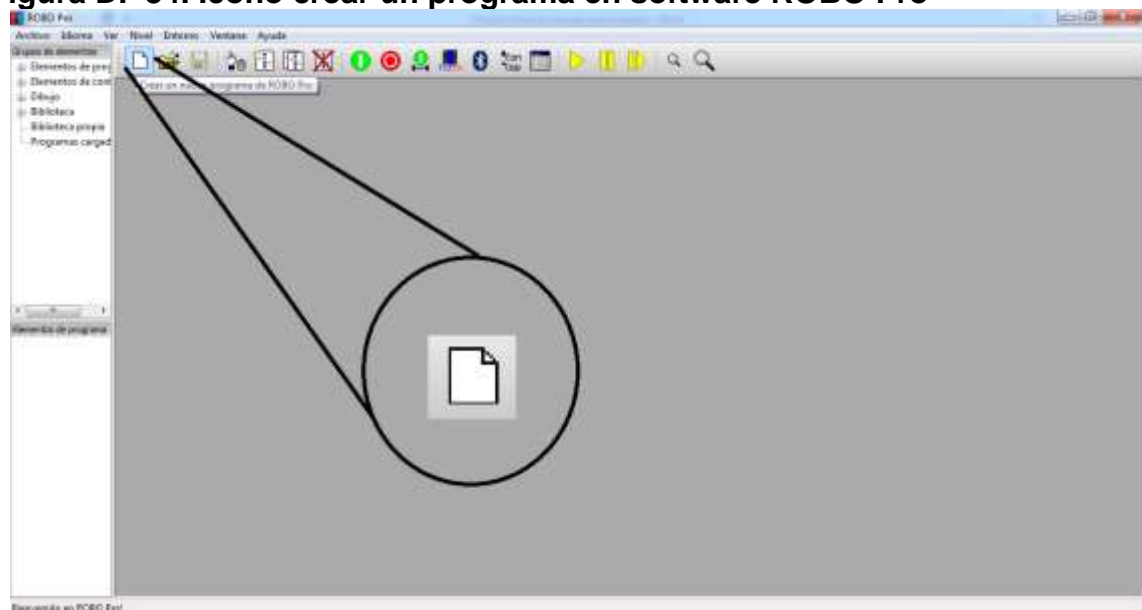


ejecuten la función enviada a través de las barras deslizantes.

12. Crear un nuevo programa de ROBO Pro, oprimiendo el botón mostrado en la 13.

14. Figura D. 34.

Figura D. 34. Icono crear un programa en software ROBO Pro



- 15.** En un diagrama de flujo, encender el motor de la banda transportadora durante un segundo.
- 16.** En un diagrama de flujo, identificar el rango de valores analógicos que lee el sensor de color por cada color de tapa (blanco, rojo, azul).
- 17.** En un diagrama de flujo, detectar la presencia de una tapa en el inicio de la banda transportadora y al final de la caja del sensor de color.
- 18.** En un diagrama de flujo, accionar los tres eyectores en secuencia por medio de las electroválvulas.
- 19.** Elaborar el GRAFCET del funcionamiento de la estación de trabajo.
- 20.** Desarrollar el diagrama de flujo del funcionamiento completo de la estación de trabajo.
- 21.** Mostrar al profesor la estación de trabajo funcionando.
- 22.** Entregar un informe que presente el GRAFCET y el diagrama de flujo, realizados en la práctica y conclusiones.

PRACTICA SIMULADOR DE FABRICA FISCHERTECHNIK

Objetivos

- Entender la función que realizan los accionadores eléctricos y accionadores neumáticos en un sistema industrial.
- Aplicar conceptos del método grafico de mando etapa/transición.
- Fortalecer los conocimientos de automatización industrial por medio del multiestación de procesos y el software ROBO Pro.

Equipos

Simulador de fábrica FISCHERTECHNIK.

Temas de consulta

- Investigar las secciones 1, 2, 3 y el anexo A del Proyecto de grado Diseño e implementación de 5 prácticas de laboratorio en la asignatura de automatización de procesos por medio del sistema Simulación de Fábrica de FISCHERTECHNIK.

Procedimiento

1. Elaborar un diagrama de flujo que una el programa de la estación de trabajo almacén elevado automatizado con la estación de trabajo manipulador de aspiración al vacío.
2. Elaborar el GRAFCET de la sincronización de la ejecución del sistema simulador de fábrica FISCHERTECHNIK.
3. Desarrollar el diagrama de flujo de la sincronización de la ejecución del sistema simulador de fábrica FISCHERTECHNIK.
4. Mostrar al profesor el sistema simulador de fábrica FISCHERTECHNIK funcionando.
5. Entregar un informe que presente el GRAFCET y el diagrama de flujo, realizados en la práctica y conclusiones.