

**OBJETO DE APRENDIZAJE PARA EL MANEJO DE AUTÓMATAS ALLEN
BRADLEY DE ROCKWELL AUTOMATION**



CARLOS MARIO GONZÁLEZ ROBLES

REYNALDO CORONEL GRANADOS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA, SANTANDER**

2013

**OBJETO DE APRENDIZAJE PARA EL MANEJO DE AUTÓMATAS ALLEN
BRADLEY DE ROCKWELL AUTOMATION**

CARLOS MARIO GONZÁLEZ ROBLES

REYNALDO CORONEL GRANADOS

Trabajo de grado para optar por el título de

INGENIERIO MECÁNICO

Director

JORGE ENRIQUE MENESES FLÓREZ

Ingeniero mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA, SANTANDER

2013

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi mama por su paciencia y apoyo durante toda mi vida,
Mi hermano William por todo lo que ayudó para que este proyecto se lleve a cabo,
Mis hermanas Andrea y Mayra por haber compartido una vida al lado de ustedes,
Familiares y allegados que de una u otra manera hicieron posible mi estudio,
Amigos que conocí en la universidad con los que compartí momentos de alegría,
Pero principalmente a esto es para Dios y a mi papa Q.D.E.P

Carlos Mario González Robles

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por darme las fuerzas para lograrlo,

A mis hermanas por ayudarme y brindarme fuerzas,

A mis sobrinos por ser una nueva fuente de inspiración

Y principalmente a mis padres por su apoyo y esfuerzo incondicional durante este periodo de mi vida

Reynaldo Coronel Granados

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Familiares, quienes de uno otro modo hicieron posible nuestro estudio, incentivándonos a ser unas mejores personas y siempre salir adelante.

A **Jorge Enrique Meneses Flores**, Director del Trabajo de Grado, por su colaboración y guía durante el desarrollo de este trabajo.

A nuestros **amigos** por ser partícipes de nuestro logro y haber colaborado en nuestra formación personal.

A la **Escuela de Ingeniería Mecánica**, en especial a los profesores que de alguna u otra manera, nos formaron para ser Ingenieros Mecánicos.

Carlos Mario González Robles

Reynaldo Coronel Granados

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	21
1. OBJETO DE APRENDIZAJE PARA EL MANEJO DE AUTÓMATAS ALLEN BRADLEY DE ROCKWELL AUTOMATION.....	23
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA.....	24
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.....	25
1.3.1 Objetivo General.....	25
1.3.2 Objetivos específicos	26
2. SINTESIS: OBJETO DE APRENDIZAJE	28
3. BANCO EMULADOR PRENSA 500 TONELADAS	35
3.1 Descripción del emulador	36
3.2. Emulador Prensa de 500 Toneladas.....	37
3.2.1 Subsistema de producción:.....	38
3.2.1.2 Sensores	39
3.2.1.3 Punto Muerto Superior (PMS) e Inferior (PMI)	40
3.2.1.4 Detección del desgaste de freno (DF).....	40
3.2.1.5 Fusibles mecánicos (FM1 y FM2)	41
3.2.1.6 Presostato.....	41
3.2.2 Subsistema de potencia.....	41
3.2.2.1 Motor Principal.....	41
3.2.2.2 Freno	42
3.2.2.3 Señales de confirmación.....	42
3.2.3 Subsistema de Seguridad.....	42
3.2.4 Subsistema de lubricación	43

3.2.5 Subsistema de ajuste.....	43
3.2.5.1 Motor 10 Hp	43
3.2.5.2 Finales de Carrera	44
3.3. Diseño basado en GRAFCET para el automatismo lógico secuencial de la prensa.	45
3.3.1 Programación por GRAFCET	45
3.3.2 Modelos utilizados en el emulador	46
3.3.2.1 Encendido del Motor Principal.....	48
3.3.2.2 Ciclo de Prensado de Piezas	48
3.3.2.3 Ciclo de Lubricación de Matrices	48
3.3.2.4 Ciclo para el Ajuste del Porta Útil.....	49
3.3.2.5 Ciclo para el Desplazamiento Porta Útil	49
3.3.2.6 Ciclo de Apagado del Motor Principal	49
3.3.3 GRAFCET Implementados	50
3.3.3.1 GRAFCET de Nivel 1: Descripción Funcional	50
3.3.3.2 Direccionamiento de Entradas y Salidas	54
3.3.3.3 GRAFCET de Nivel 2: Descripción Tecnológica	56
3.3.3.4 GRAFCET Nivel 3: Descripción Operacional	60
3.4 Diseño y construcción del tablero emulador de la prensa	64
3.4.1 Estructura del sistema.	64
3.4.1.1 Panel principal del emulador	64
3.4.1.2 Estructura de soporte.....	65
3.4.1.3 Componentes del tablero emulador.	66
3.5 Controlador Flex Logix.....	70
3.5.1 Especificaciones de los controladores FlexLogix.	72
3.5.2 Sistema Flex I/O.	73
3.5.3 Módulo de entradas	74
3.5.4 Módulo de Salidas	75
3.6 Cables de Conexión.....	76
3.7 Arduino Mega 2560	80

3.8 Tarjetas Integradas	83
3.9 Descripción del funcionamiento del banco emulador.	88
4. BANCO DE VAGONETAS	90
4.1. Descripción.	90
4.2 Componentes del banco.	91
4.2.1 Estructura de soporte.....	91
4.2.2 Actuadores.....	92
4.2.3 Sensores	94
4.2.4 Fuente de alimentación.....	95
4.3 Sistema de Control del Banco de Aprendizaje	96
4.3.1 Panel de Control	96
4.3.2 Tarjeta de Control	98
4.3.2.1 Descripción	98
4.3.2.3 Componentes	100
4.3.2.4 Conexiones.....	102
4.4 Cableado	105
4.5 Direccionamiento	107
5. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO “FLEXLOGIX 5433 – ALLEN BRADLEY”.	109
5.1 Capitulo 1: Controlador FlexLogix.	109
5.2 Capitulo 2: Comunicación del autómatas con el computador.....	110
5.3 Capitulo 3: Software RsLogix 5000.	111
5.4 Capitulo 4: Lenguaje de Lógica escalera (LADDER).....	112
5.5 Capitulo 5: Diagrama de Bloques de Funciones (FB).....	112
5.6 Capitulo 6: Texto Estructurado (ST).....	112
5.7 Capitulo 7: Lenguaje de Diagrama de funciones secuenciales (SFC).....	113

CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES.....	115
BIBLIOGRAFIA.....	116
ANEXOS	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general del proceso automático del banco emulador	29
Figura 2. Descripción básica del proceso del banco emulador.	31
Figura 3. Esquema general del proceso del banco de vagonetas	33
Figura 4. Prensa 500 Toneladas	35
Figura 5. Esquema general del proceso	37
Figura 6. Subsistemas utilizados en el emulador	38
Figura 7. Unidad Embrague Freno	39
Figura 8. Sensores inductivos del volante del motor	40
Figura 9. Organización básica del GRAFCET	45
Figura 10. Modelos utilizados	47
Figura 11. GRAFCET nivel 1. Encendido del motor principal	51
Figura 12. GRAFCET nivel 1. Apagado del motor principal	51
Figura 13. GRAFCET nivel 1. Ciclo de prensado de piezas	52
Figura 14. GRAFCET nivel 1. Ciclo de lubricación de matrices	52
Figura 15. GRAFCET nivel 1. Ciclo para ajuste del porta útil	53
Figura 16. GRAFCET nivel 1. Ciclo para el desplazamiento del porta útil	53
Figura 17. Direccionamiento de los controladores Flex Logix	56
Figura 18. GRAFCET nivel 2. Encendido del motor principal	57
Figura 19. GRAFCET nivel 2. Apagado del motor principal	58
Figura 20. GRAFCET nivel 2. Ciclo de prensado de piezas	58
Figura 21. GRAFCET nivel 2. Ciclo de lubricación de matrices	59
Figura 22. GRAFCET nivel 2. Ciclo para ajuste del porta útil	59
Figura 23. GRAFCET nivel 2. Ciclo para el desplazamiento del porta útil	60
Figura 24. GRAFCET nivel 3. Encendido del motor principal	61
Figura 25. GRAFCET nivel 3. Apagado del motor principal	61
Figura 26. GRAFCET nivel 3. Ciclo de prensado de piezas	62
Figura 27. GRAFCET nivel 3. Ciclo de lubricación de matrices	62
Figura 28. GRAFCET nivel 3. Ciclo para ajuste del porta útil	63
Figura 29. GRAFCET nivel 3. Ciclo para el desplazamiento del porta útil	63
Figura 30. Tablero de emulación de la prensa hidráulica de 500 toneladas	64
Figura 31. Estructura metálica de soporte	65
Figura 32. Panel de mando	67
Figura 33. Pulsadores	67
Figura 34. Llave de posiciones	67
Figura 35. Leds de visualización	68
Figura 36. Sistema eléctrico de los motores	69
Figura 37. Sistema operativo de la prensa	70

Figura 38. Controlador FlexLogix	70
Figura 39. Controlador FlexLogix	71
Figura 40. Memoria del controlador	73
Figura 41. Componentes del sistema Flex I/O	73
Figura 42. Módulo de entradas Flex I/O	74
Figura 43. Módulo de salidas Flex I/O	75
Figura 44. Cables de conexión	76
Figura 45. Direccionamiento cable de conexión para controladores Siemens y Allen Bradley.	79
Figura 46. Arduino Mega 2560.	80
Figura 47. Esquema general de distribución de pines	81
Figura 48. Tarjeta convertidora de 24 VDC a 5 VDC	84
Figura 49. Esquema general de conexiones de la tarjeta de conversión de 24V a 5V	85
Figura 50. Tarjeta convertidora de 5VDC a 24VDC	86
Figura 51. Esquema general de conexiones de la tarjeta de conversión de 5V a 24V	87
Figura 52 Optóacoplador	88
Figura 53. Banco de vagonetas	90
Figura 54. Motor Vagonetas	92
Figura 55. Motor Banda transportadora	93
Figura 56. Final de carrera mecánico	94
Figura 57. Sensor Inductivo	94
Figura 58. Fuente de poder 12VDC	95
Figura 59. Panel de control	97
Figura 60. Tarjeta de control del banco de vagonetas	98
Figura 61. Esquema general de un puente H	99
Figura 62. Relé de 12 VDC	100
Figura 63. Transistor BJT	100
Figura 64. Diodo de potencia	101
Figura 65. Diodo de Switcheo rápido	101
Figura 66. Esquema general de la tarjeta principal con conexiones	103
Figura 67. Esquema general de la tarjeta secundaria con conexiones	104
Figura 68. Conexiones de la bornera para motores	105
Figura 69. Conexiones para bornera de finales de carrera de respaldo	106
Figura 70. Conexiones para bornera de finales de carrera	106
Figura 71. Lista de entradas al controlador del banco de vagonetas	107
Figura 72. Lista de salidas del controlador al banco de vagonetas	108
Figura 73. Software RSLinx	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de entradas del emulador	54
Tabla 2. Lista de entradas del emulador (Continuación)	55
Tabla 3. Lista de salidas del emulador	55
Tabla 4. Componentes del tablero de mando	66
Tabla 5. Especificaciones del controlador FlexLogix	72
Tabla 6. Características del módulo de entradas Flex I/O	75
Tabla 6. Características del módulo de salidas Flex I/O	76
Tabla 8. Estandarización de los pines de conexión	77
Tabla 9. Conexión del cable secundario	78
Tabla 10. Especificaciones del Arduino Mega 2560	82
Tabla 11. Lista de entradas de los pines del Arduino	82
Tabla 12. Lista de salidas de los pines del Arduino	83
Tabla 13. Características Motor Vagonetas	93
Tabla 14. Motor Banda transportadora	93
Tabla 15. Características sensor inductivo	95
Tabla 16. Características fuente de poder 12VDC	96
Tabla 17. Relación entre entradas y salidas de la tarjeta	99

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: SISTEMAS AUTOMATIZADOS	118
ANEXO B. FICHAS TECNICAS.....	121
ANEXO C: DISEÑO DE TARJETAS CONTROLADORAS.....	128

RESUMEN

TÍTULO: OBJETO DE APRENDIZAJE PARA EL MANEJO DE AUTOMATAS ALLEN BRADLEY DE ROCKWELL AUTOMATION

AUTORES: Carlos Mario González Robles, Reynaldo Coronel Granados**

PALABRAS CLAVES: Automatización, Prensa, Arduino, PLC, Vagonetas, Emulador, Proceso industrial.

DESCRIPCIÓN

La automatización industrial se mantiene a través de los años en un constante crecimiento por lo cual es necesario promover la investigación referente a esta, para así contribuir al perfil del ingeniero mecánico. Desde hace unos años la industria petrolera ha venido incursionando en la automatización de sus procesos. Por esta razón se hace necesario que se presente un acercamiento de parte del estudiando a los autómatas Allen Bradley para que de este modo adquiera competencias y las herramientas para desempeñarse correctamente en el ámbito laboral.

Debido a lo expuesto anteriormente se realizó el diseño y construcción del objeto de aprendizaje para el autómata FlexLogix 5433, que mediante automatismos lógicos realiza la emulación de proceso industrial real por medio de una placa Arduino 2560, reflejados por el uso de leds de visualización, además se rediseño la estructura de control de un banco compuestos por dos vagonetas y una banda transportadora, siendo este funcional tanto para autómatas Allen Bradley como autómatas Siemens, permitiendo consolidar los conocimientos teóricos adquiridos por los estudiantes de una manera práctica y sencilla.

Se realizó un manual en el cual los estudiantes pueden utilizarlo como guía para la manipulación, comunicación, programación de una manera adecuada, permitiendo crear bases y fundamentos para el manejo de las aplicaciones mencionada. Por medio de la placa Arduino Mega 2560 se logró la emulación de un proceso industrial real de una manera práctica, económica y funcional, permitiendo el desarrollo de las condiciones del uso de maquina real.

*Proyecto de Grado.

**Facultad De Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director JORGE ENRIQUE MENESES FLOREZ, Ingeniero Mecánico

SUMMARY

TITLE: LEARNING OBJECT FOR MANAGEMENT OF ALLEN BRADLEY PLCS FROM ROCKWELL AUTOMATION

AUTHORS: Carlos Mario González Robles, Reynaldo Coronel Granados**

KEY WORDS: Automation, Press, Arduino, PLC, Wagons, Emulator, Industrial Process.

Industrial automation is maintained through the years a steady growth which is necessary to promote research concerning this, thus contributing to the profile of a mechanical engineer. In recent years the oil industry has been making inroads in the automation of its processes. For this reason it is necessary to present an approach to studying the part of Allen Bradley PLCs thus to acquire skills and tools to properly development in the workplace.

Due to the above was carried out the design and construction of the learning object for FlexLogix controller 5433, which by automatic emulation logic performs real industrial process through a 2560 Arduino, reflected by the display using LEDs, and will redesign the control structure of a bank composed of two trucks and a conveyor belt and this functional both Allen Bradley PLC and Siemens PLC, allowing consolidate the knowledge acquired by students in a practical and simple.

We performed a manual in which students can use as a guide for safe handling, communication, programming in a suitable manner, allowing the creation of bases and foundations for handling the applications mentioned. Using Arduino Mega 2560 was achieved emulating a real industrial process in a practical, economical and functional, allowing the development of the conditions of use of real machine.

* Graduation Project

** Faculty of Engineering physicommechanical. Mechanical Engineering School. JORGE ENRIQUE MENESES FLOREZ Director, Mechanical Engineer.

INTRODUCCION

El hombre durante la evolución de la humanidad siempre ha tratado de buscar formas en el cual reducir el esfuerzo físico, reducir la probabilidad de errores en la realización de sus actividades o controlar el ambiente en el que se encuentra, todo esto se ha logrado mediante la automatización industrial, desde el uso de poleas o de palancas para elevar un objeto pesado hasta la utilización de robots para realizar procesos exactos y repetitivos, llevando así a mejorar la calidad de vida del ser humano.

La ingeniería mecánica es la rama de la ingeniería que aplica los principios físicos de la termodinámica, mecánica de máquinas, mecánica de fluidos etc., para el análisis y diseño de distintos elementos utilizados en la actualidad, maquinarias con diferentes usos tales como máquinas térmicas, hidráulicas, vehículos de transporte, sistemas de ventilación entre otros. Todo esto mediante una constante evolución en el desarrollo industrial por medio de la automatización.

La escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander siendo consciente de todo este constate progreso industrial, y desde su creación siempre ha tratado de estar en la vanguardia de la industria para brindar una mejor preparación a los estudiantes, para que estos al ser profesionales se encuentren capacitados para enfrentar las necesidades que requiera la industria. Hace varios años la escuela de Ingeniería Mecánica ha venido incursionando en el campo de la automatización industrial contribuyendo al perfil profesional, razón por la cual nace nuestro proyecto de grado como aporte a esa constante investigación que realiza.

El proyecto de grado está relacionado directamente con la automatización industrial, brindando a los estudiantes la posibilidad de crear, desarrollar y afianzar conocimientos en la utilización de autómatas programables Allen Bradley de la empresa Rockwell Automation. Este tipo de autómatas son utilizados comúnmente en la industria petrolera, industria la cual se encuentra en una creciente investigación e implementación de la automatización de sus procesos. Con el fin de generar un proceso de aprendizaje eficiente el proyecto de grado se estructuró en dos partes, la primera es la creación de un material bibliográfico que permita la adquisición de conocimiento en el manejo, configuración, programación, y uso de los autómatas Allen Bradley, y la segunda es la creación de bancos didácticos en las cuales se puedan implementar los conocimientos adquiridos dando así una mayor riqueza al conocimiento previamente adquirido.

1. OBJETO DE APRENDIZAJE PARA EL MANEJO DE AUTÓMATAS ALLEN BRADLEY DE ROCKWELL AUTOMATION

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La Universidad Industrial de Santander en conjunto con la Escuela de Ingeniería Mecánica tiene como misión fomentar el desarrollo de competencias en los estudiantes con el fin de crear profesionales con excelente desempeño y con aptitudes de laborar en cualquier situación y campo, por medio de enseñanzas tanto teórica como práctica dando así un mejor desarrollo en el perfil profesional.

La automatización industrial se mantiene a través de los años en un constante crecimiento por lo cual es necesario promover la investigación referente a esta, la Escuela de Ingeniería Mecánica lleva fomentando el desarrollo en esta área de conocimiento desde hace 20 años por medio de la materia electiva Autómatas Programables, la cual presenta para la realización de sus prácticas el laboratorio de automatización industrial, inicialmente se incluyeron autómatas Siemens S7-300, mediante el desarrollo de proyectos por estudiantes. El laboratorio cuenta con manuales de manejo de los autómatas y software de programación y comunicación. Los estudiantes presentaban falencias en el campo de automatización industrial y control de procesos por ello la escuela de ingeniería mecánica realizó una modificación al pensum académico, con la reforma del plan de estudio de Ingeniería Mecánica se incluyeron materias como Electricidad y Electrónica y Sistemas Mecatrónicos, por lo cual se desarrollaron manuales y proyectos para la utilización de autómatas de gama baja como lo son los Siemens S7-200 y Logo.

Los autómatas programables Siemens solo son utilizados en la industria local y nacional en procesos automatizados para la industria textil, industria cervecera,

etc., pero no son utilizados en la industria petrolera, industria la cual ha ido incursionando en los últimos años en la automatización de procesos. En este nuevo desarrollo de la industria petrolera el tipo de autómatas utilizados son los autómatas Allen-Bradley, pero en el laboratorio de automatización industrial no existen prácticas ni se han desarrollado proyectos para los autómatas Allen-Bradley de la marca Rockwell, por lo que el estudiantado no tiene la posibilidad de generar conocimientos para el desarrollo de este tipo de autómatas, siendo indispensable por la creciente demanda que exige la industria petrolera en país. En la actualidad el laboratorio de automatización industrial dispone de equipos de la casa fabricante Allen-Bradley, los cuales fueron donados por la empresa Rockwell Automation por medio de la gestión del profesor Jorge Enrique Meneses Flórez, por lo cual urge la necesidad de la creación de guías para la programación, comunicación, conexión y manejo del autómata, para una contribución en el perfil profesional del estudiante. Con la realización de este proyecto también se abre un nuevo campo para que los estudiantes puedan investigar y desarrollar proyectos dando así mayor riqueza al laboratorio de Automatización Industrial.

1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

El constante crecimiento de la industria nacional e internacional conlleva a que los estudiantes deberían tener una mejor preparación al momento de empezar a ser profesionales, esto se logra por medio de la creación de un método de aprendizaje eficiente para la comprensión de conocimientos, la mejor forma de llegar a esto es la aplicación práctica del estudio teórico adquirido. El laboratorio de automatización industrial es el lugar propicio para enriquecer el proceso de aprendizaje de las diferentes materias relacionadas a él.

Con el desarrollo de este proyecto los estudiantes tendrían un nivel competitivo en el campo de la automatización y control de procesos industriales referentes a la

marca Allen-Bradley, solucionando las falencias en el conocimiento en este campo. Es indispensable el aprendizaje en la utilización de este tipo de autómatas debido a que son altamente utilizados en la industria petrolera, campo que se encuentra en constante crecimiento e investigación, mientras que los autómatas Siemens son utilizados en procesos de producción como la industria de cervecera, textil, etc., por lo cual los profesionales de Ingeniería Mecánica tendría un perfil más completo en el ámbito laboral. Haciendo uso de los equipos adquiridos en el Laboratorio de Automatización Industrial y de la capacidad intelectual de los estudiantes de Ingeniería Mecánica se reúnen los elementos necesarios para diseñar manuales de usuario de los autómatas programables Rockwell, con los cuales los estudiantes tendrán una guía de fácil conceptualización para realizar un manejo correcto de estos equipos. Además de los manuales también se puede realizar bancos de aprendizaje en el cual pueden aplicar el conocimiento que se va adquiriendo, además se pretende estandarizar los bancos construidos en función de cómo se encuentran en el laboratorio, es decir las ayudas didácticas creadas para una fácil comprensión para los autómatas Siemens podrán ser utilizadas por los autómatas Rockwell dando así una mayor cobertura para el objeto de aprendizaje. Con el desarrollo de esta estandarización el estudiantado tiene la oportunidad de escoger con cuál de los tipos de autómatas enfatizar su aprendizaje.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.3.1 Objetivo General

Contribuir al desarrollo de la misión de la Universidad Industrial de Santander con el proceso de formación de profesionales de alta calidad y excelente competitividad en la industria, desarrollando herramientas de ayuda didácticas y

de fácil entendimiento para el correcto manejo y uso de autómatas programables Allen Bradley.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar y construir un emulador con 50 entradas y salidas digitales utilizando una placa Arduino como simulador de procesos de una prensa de 500 toneladas creada para el proyecto AUTOMATIZACIÓN DE UNA PRENSA DE 500 TONELADAS PARA FORJA EN CALIENTE EN LA EMPRESA “FORCOL S.A.S.”, para que los estudiantes puedan aplicar los conocimientos adquiridos en una emulación de un proceso real, además el Arduino emulará las fallas que pueda presentar la prensa en operación real.

- Reestructurar el banco de vagonetas creado para el proyecto OBJETO DE APRENDIZAJE PARA EL DISEÑO DE AUTOMATISMOS LOGICOS SECUENCIALES BASADO EN GRAFCET, para que este pueda ser utilizado tanto por autómatas Siemens como por autómatas Allen-Bradley, dando mayor riqueza al laboratorio en aplicaciones de este tipo de autómatas.

- Elaborar un manual de ayuda de fácil entendimiento para los estudiantes en el cual se profundicen los siguientes aspectos:
 - Información detallada del controlador FLEXLOGIX 5433, conexión del autómatas, conexión de módulos de entradas y salidas digitales y análogas al autómatas.
 - Comunicación de controlador lógico programable con el computador por medio del puerto serial RS232, utilizando el programa RSLINX.

- Funcionamiento del software de programación RSLOGIX 5000, el cual sirve para la creación y edición de tareas, programas, rutinas, subrutinas, comunicación de módulos de entradas y salidas.
- Explicación detallada de las instrucciones incluidas en los lenguajes de programación del autómata, tales como lenguaje de lógica de escalera, bloque de funciones, texto estructurado y diagrama de funciones secuenciales.

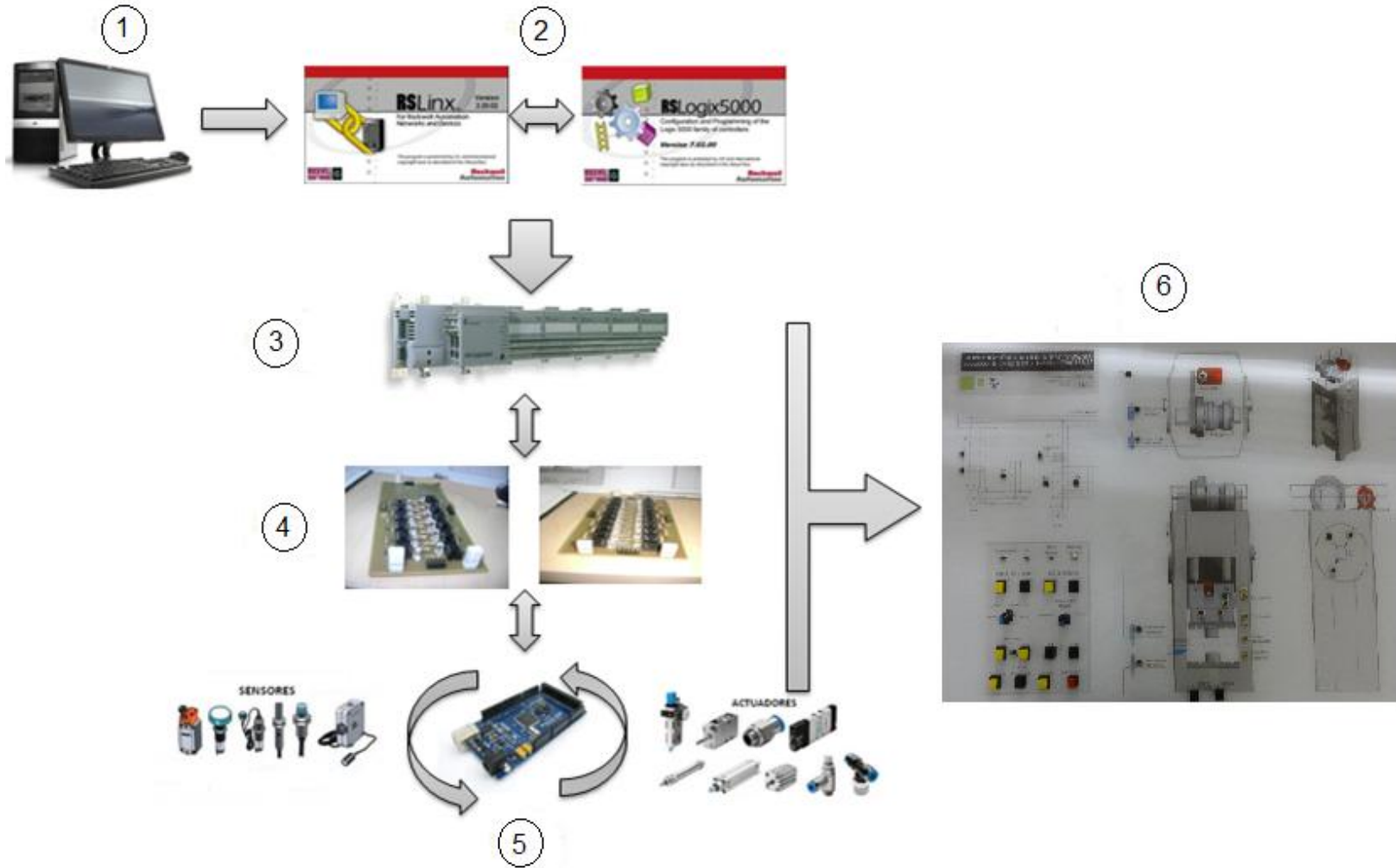
2. SINTESIS: OBJETO DE APRENDIZAJE

El presente capítulo pretende al lector brindar una información sobre el desarrollo y ejecución del proyecto de grado. Los estudiantes al operar los bancos didácticos adquirirán habilidades tales como conocer, analizar y entender el funcionamiento de un proceso real, además tendrán la capacidad de resolver problemas que se presenten en dichos procesos.

Este proyecto va dirigido a estudiantes de las materias Electricidad y Electrónica Básica y Sistemas Mecatrónicos, los cuales tendrán conocimiento en conceptos básicos de Automatización Industrial. La finalidad del objeto de aprendizaje además de brindar una guía para el manejo, programación y comunicación de autómatas Allen Bradley de gama baja, como lo es el controlador FlexLogix 5433 **(3)**, por medio de los software de programación y comunicación **(2)**. Además el objeto de aprendizaje cuenta con dos bancos de aplicaciones las cuales los estudiantes pueden aplicar los conocimientos teóricos adquiridos previamente.

El primer banco de prácticas realizado para este proyecto es un emulador de una prensa de 500 toneladas **(6)**, automatizada por otros estudiantes en el proyecto de grado *Automatización de una prensa de 500 toneladas para forja en caliente en la empresa "FORCOL S.A.S"*. Con este emulador los estudiantes tendrán la oportunidad de estudiar el funcionamiento de un proceso industrial real, sin la necesidad de construir elementos reales o de manejar una prensa real, ofreciendo ventajas ya que no necesitan una capacitación estricta sobre el manejo de la prensa. Las dimensiones del banco emulador son de 70 milímetros de largo, 50 milímetros de alto y una profundidad de 10 milímetros, realizado en lámina de acero cold rolled calibre 20 y tiene como principal ventaja fácil montaje y desmontaje ofreciendo así ventajas pedagógicas, económicas y espaciales.

Figura 1. Esquema general del proceso automático del banco emulador

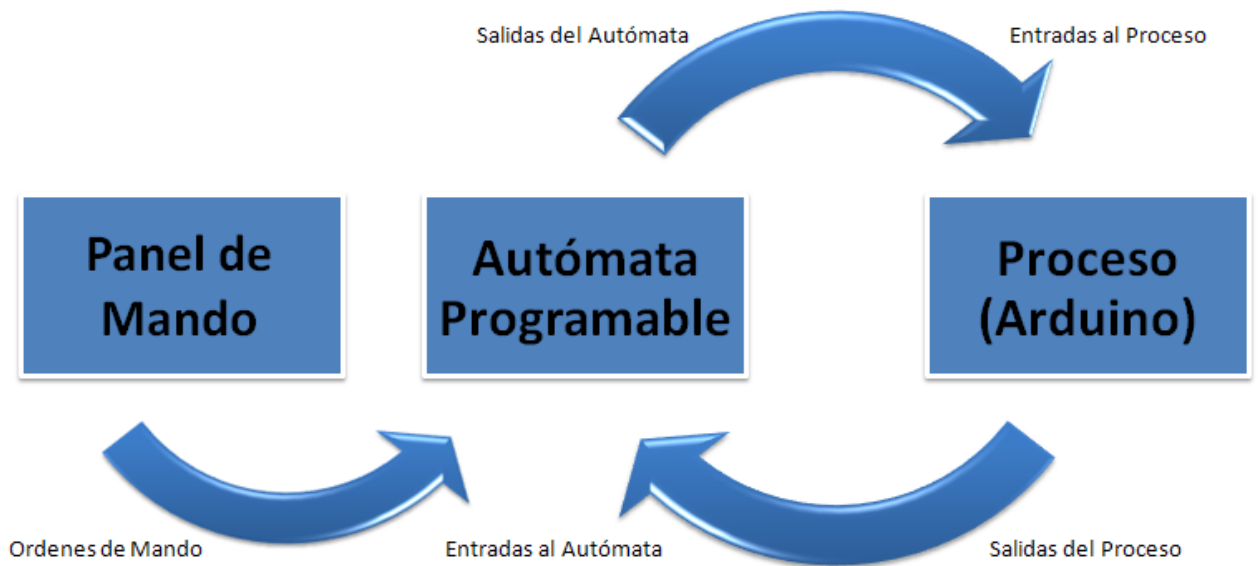


Anteriormente los bancos emuladores en el Laboratorio de Automatización Industrial para emular las señales de entradas o salidas del mismo se utilizaban switches, los cuales eran señales ON/OFF manipuladas por el operario del banco dando así a probables fallas en el funcionamiento, ya que el operario era el que determinaba cuando se activó algún sensor o actuador. En la actualidad se está implementado una placa Arduino **(5)** para la generación de este proceso, el cual es una placa con un procesador ATMEGA 2560 y por medio de una programación específica realiza el proceso industrial como se debería realizar en la vida real, tomando como entradas todo lo que correspondiente a sensores sean de tipo inductivo, capacitivo, etc., y como salidas actuadores como motores, válvulas, etc.

El controlador FlexLogix 5433 **(3)** para la captación de entradas cuenta con módulos con 16 entradas digitales de referencia Flex I/O IB-16, y para generar las ordenes de salida con módulos de 16 salidas digitales de referencia Flex I/O OB-16, dichos módulos requieren para la activación de los pines de conexión una tensión de activación nominal de 24V DC, mientras que la placa Arduino **(5)** en sus salidas digitales proporcionan una tensión máxima de 5V DC, por lo que se hace imposible la comunicación entre estos dos objetos, por lo cual se hizo necesario la construcción de unas tarjetas reguladoras de tensión **(4)**, cuya finalidad es convertir la tensión de 24VDC a 5V DC o viceversa, para que estos puedan funcionar de manera sincrónica.

El banco emulador presenta una interfaz HMI el cual es un panel de mando, por medio de este panel se le envían ordenes al controlador FlexLogix 5433, recibe estas señales y realiza el control del proceso por medio de la programación prevista que se le haya cargado a este.

Figura 2. Descripción básica del proceso del banco emulador.



En la figura 2, podemos observar como es el funcionamiento del proceso, el autómata programable recibe órdenes de entrada por medio del panel de mando, el controlador dependiendo de la programación que tenga envía unas ordenes de salida a la máquina, las cuales en el emulador son señales de entrada para el Arduino, este realiza un proceso como lo haría la máquina en la vida real y genera unas ordenes de salida nuevamente al controlador, que a su vez son señales de entrada tales como lo detecto algún sensor.

La segunda de las aplicaciones **(7)** consiste en un sistema integrado por dos vagonetas y una banda transportadora manejada por medio de un panel de mando como interfaz HMI, este banco fue construido por otros estudiantes en el proyecto “*Objeto de aprendizaje para el diseño de automatismos lógicos secuenciales basado en GRAFCET*”. Para adaptar este banco con el controlador FlexLogix 5433 **(3)**, se hizo necesario una reestructuración interna en su cableado estandarizando sus conexiones para que pueda ser utilizado tanto para autómatas Allen Bradley como autómatas Siemens, además se rediseño la estructura de control para un funcionamiento más eficiente para el mismo, que tenga como finalidad la protección de los equipos y elementos (Sensores, Motores, Autómata Programable, Tarjeta de Control, Leds)

La estructura del banco está hecha de aluminio, y tiene unas dimensiones de largo 790 milímetros, de ancho 790 milímetros y de alto 180 milímetros. Tres motoreductores son los encargados de transmitir el movimiento a las vagonetas y a la banda transportadora, estos funcionan con corriente directa a 12V por lo cual el banco también tiene una fuente de poder interna de 12V.

Este banco fue seleccionado como aplicación para el objeto de aprendizaje ya que su programación, uso y funcionamiento es aún más sencillo para los aprendices del manejo de autómatas Allen Bradley y afianzar sus conocimientos teóricos, ya que su funcionamiento es más dinámico y más visual que el emulador de la prensa de 500 toneladas descrito anteriormente.

Figura 3. Esquema general del proceso del banco de vagonetas



Para la interacción con el computador **(1)** de ambas aplicaciones se utilizaron los Software de comunicación y programación **(2)**, los cuales serán descritos a continuación:

2.1 Software RsLogix 5000 V13.00.

Plataforma de programación de los autómatas Allen Bradley, la versión adecuada para manejar el controlador FlexLogix 5433 es la V13.00. Este software cuenta con cuatro lenguajes de programación diagrama de lógica de escalera (LADDER), diagrama de bloques de funciones (FB), texto estructurado (ST) y diagrama de funciones secuenciales (SFC), cada lenguaje de programación cuenta con un conjunto de operaciones lógicas las cuales permiten generar la secuencia de movimiento requerida. Además, este software realiza la configuración de las conexiones de los módulos de entradas/salidas.

2.2 Software RsLinx V13.00

Plataforma encargada de la comunicación del controlador con el computador **(1)**, este debe ser compatible con la versión del RsLogix 5000 para un correcto funcionamiento. En este software se debe especificar cuál es el medio de comunicación del controlador con el computador ya sea por el puerto serial RS 232, o las redes de comunicación Ethernet, ControlNet, etc. En este proyecto en ambas aplicaciones la comunicación se realizara únicamente por el puerto serial RS 232.

3. BANCO EMULADOR PRENSA 500 TONELADAS

Figura 4. Prensa 500 Toneladas



Fuente: Proyecto "AUTOMATIZACIÓN DE UNA PRENSA DE 500 TONELADAS PARA FORJA EN CALIENTE EN LA EMPRESA "FORCOL S.A.S."

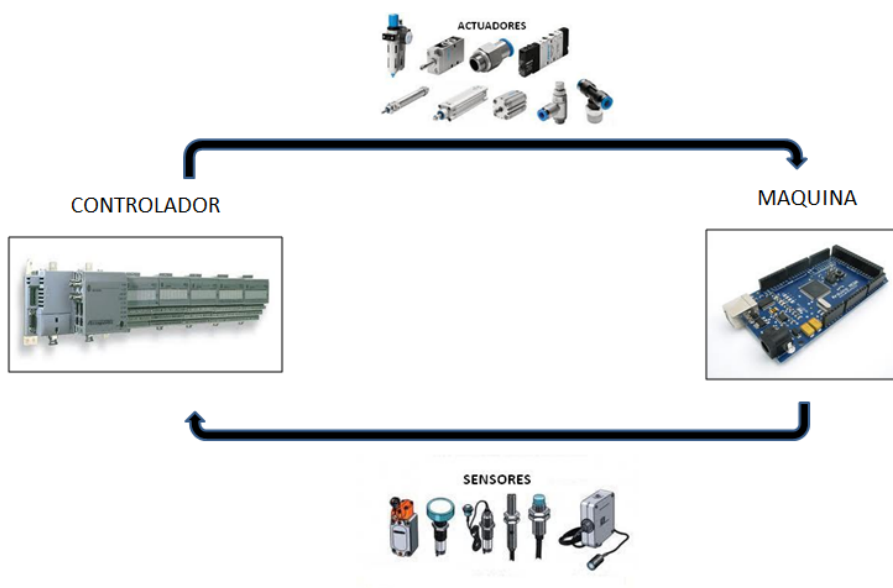
Objetivo: Conocer y comprender el funcionamiento de un proceso industrial real, emular dichos procesos y adquirir capacidades para solucionar problemas que se presenten en dicho proceso.

3.1 Descripción del emulador

La finalidad de las aplicaciones de este trabajo de grado es brindar a los estudiantes la posibilidad de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en las materias Electricidad y Electrónica Básica y Mecatrónica, aunque cabe resaltar que estas están dirigidas a estudiantes que no hayan tenido contacto alguno con autómatas programables Allen Bradley, y su funcionalidad es forjar bases para la utilización de estos en el ámbito profesional.

El proceso es realizado por la placa arduino, capta las señales provenientes del controlador, es decir las ordenes de salida para valvula, motores, contactores realiza el proceso acorde a la programación y envia ordenes de regreso al controlador sobre sensores inductivos, finales de carrera o detectores de movimiento, el esquema general del proceso se puede observar en la figura 5 a continuación:

Figura 5. Esquema general del proceso



3.2. Emulador Prensa de 500 Toneladas

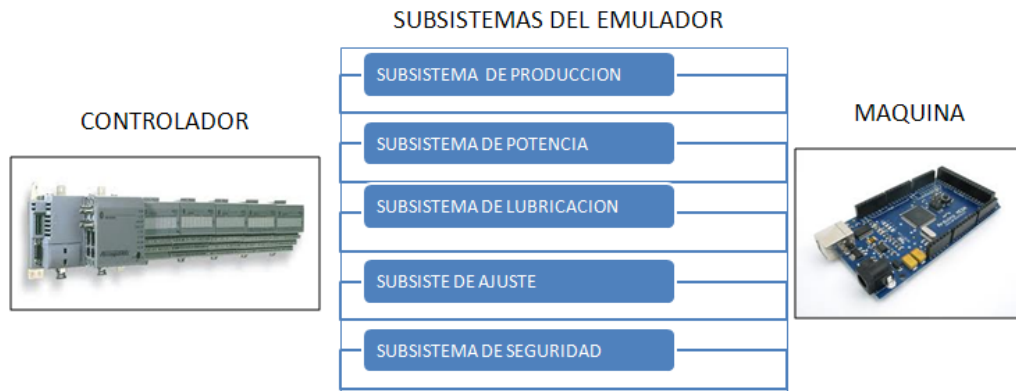
En este banco se presenta la emulación del proceso real de una prensa de 500 toneladas para la forja en caliente automatizada para la empresa “FORCOL S.A.S.”. El emulador presenta un total de 14 salidas digitales del autómata y 32 entradas digitales del autómata (17 referenciadas al panel de mando y 15 referenciadas al proceso). La interacción del proceso es generada por el operador el cual por medio del pulsador de encendido del sistema de control en el panel de mando generara la comunicación entre el controlador y la máquina.

Cuando se realizó el proceso de automatización de la prensa en la empresa se diseñaron cinco subsistemas, los cuales son una agrupación de los elementos según la necesidad que se requiera logrando así un mejor análisis y una mejor comprensión del modelo estructural del sistema. Por ende al realizar la construcción del emulador se hace indispensable la utilización de estos, los cuales

se describirán a continuación con un enfoque sobre su representación en el banco emulador.

Los subsistemas implementados son los siguientes:

Figura 6. Subsistemas utilizados en el emulador

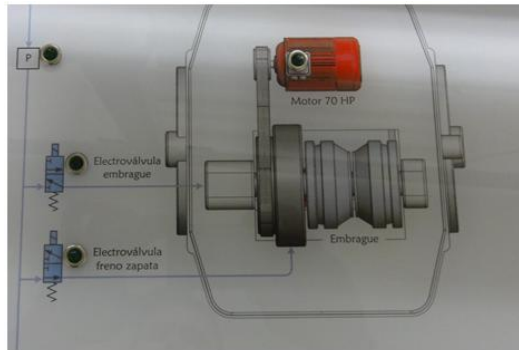


3.2.1 Subsistema de producción:

Los elementos agrupados en este subsistema son aquellos que se encargan de realizar el proceso productivo o el prensado de piezas. En la máquina su desplazamiento es otorgado por un mecanismo biela-manivela el cual será sustituido por el Arduino. A continuación se describirán los elementos los cuales está compuesto este subsistema.

3.2.1.1 Unidad Embrague Freno

Figura 7. Unidad Embrague Freno

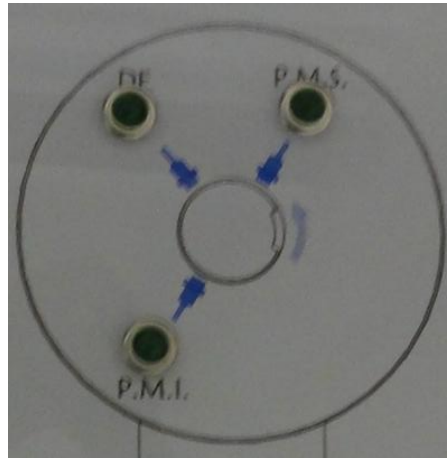


Esta unidad es de tipo neumático y está constituida por tres elementos fundamentales: la carcasa, el disco de embrague y el disco de freno. Su funcionamiento está determinado de la siguiente manera. Para embragar, la válvula electro neumática de embrague se activa y esta inyecta aire a la cámara empujando el pistón contra el cuerpo y así generando el acoplamiento y transmitiendo el movimiento al volante. Mientras que para desembragar se desactiva la válvula electro neumática, sacando el aire de la cámara, y al no presentar presión desplaza al pistón liberando el disco de embrague. Si en alguna parte del proceso el nivel de presión disminuye del nivel ideal para la utilización del proceso, inmediatamente el embrague se desacopla y se activa la válvula de frenado, vale a aclarar que la válvula de embrague y la válvula de frenado no pueden funcionar simultáneamente. La activación o desactivación de las válvulas está directamente determinado al controlador FlexLogix 5433.

3.2.1.2 Sensores

Los captadores que presenta este subsistema son:

Figura 8. Sensores inductivos del volante del motor



3.2.1.3 Punto Muerto Superior (PMS) e Inferior (PMI)

Son sensores de tipo inductivo los cuales detectan en qué punto se encuentra el volante del motor por medio de un disco metálico unido al eje de la máquina. Estos son los principales captadores de este subsistema, su ubicación se encuentra un poco antes de los puntos muertos ya que el frenado del embrague no se realiza instantáneamente.

3.2.1.4 Detección del desgaste de freno (DF)

El constante uso del embrague produce desgaste en las superficies de fricción, un excesivo desgaste no solo podría ocasionar daños en los componentes del embrague sino también en las componentes de frenado, produciendo que este se desplace por su propia inercia, este sensor de tipo inductivo determina el límite en el cual el disco metálico se puede desplazar del punto muerto, si llegase a activarse activara una alarma de excesivo desgaste del freno produciendo un estado de emergencia.

3.2.1.5 Fusibles mecánicos (FM1 y FM2)

La máquina cuenta con dos fusibles mecánicos los cuales se fracturan cuando la maquina supera una fuerza de trabajo mayor a 500 toneladas. Al ocurrir el rompimiento de estos la máquina envía una alarma de emergencia al controlador dando así a un estado de emergencia y automáticamente parada de la máquina. El Arduino es el que determinara cuando ocurre la fractura de estos después de realizar el proceso.

3.2.1.6 Presostato

En el proceso real la presión mínima de trabajo del aire para que puedan funcionar las válvulas electro neumáticas es de 100 PSI. Una presión menor a esta no será suficiente para accionar el embrague, por lo cual la máquina no funcionaría y generaría un estado de emergencia en el mismo. El Arduino determinara aleatoriamente cuando el presostato este tarado a la presión necesaria.

3.2.2 Subsistema de potencia

Este subsistema es el encargado de brindar la fuerza necesaria para la realización del trabajo de la máquina, a continuación se describirán los elementos por los cuales está compuesto este subsistema.

3.2.2.1 Motor Principal

Es un motor con rotor rebobinado de 75 Hp, su principal ventaja es que es un motor con arranque suave a un torque elevado logrando vencer la elevada inercia que ejerce el volante, para lograr este arranque suave son utilizadas unas resistencias rotóricas que se utilizan intercaladas entre una resistencia y el estator del motor, el proceso de arranque y para eliminar las resistencias dura 30

segundos. Es activado por el operador en el panel de mando por medio del pulsador encendido del motor principal.

3.2.2.2 Freno

Para mayor seguridad el subsistema cuenta con un freno neumático mencionado anteriormente y que normalmente se encuentra accionado, luego de que el operador envíe la orden de encendido del motor al controlador, se desactiva la válvula de freno, luego de 5 segundos comienza el arranque del motor con las resistencias activándose el contactor 1, después de 30 segundos se desactivan las resistencias activándose el contactor 2.

3.2.2.3 Señales de confirmación

El subsistema cuenta con un sensor inductivo instalado en el volante del motor, el cual indica si el motor está funcionando a la velocidad correcta para la cual se pueda generar el proceso, en el tablero emulador este se encuentra ubicado en la unidad embrague freno. Además los contactores por medio de sus contactos auxiliares y la protección térmica del sistema se pueden obtener señales de confirmación de funcionamiento correcto.

3.2.3 Subsistema de Seguridad

El sistema de seguridad es implementado para que el proceso se lleve en condiciones normales, se hace necesario para proteger al personal de la empresa, las herramientas del proceso y la máquina que se utiliza. En la máquina se implementaron una guarda de seguridad y una cortina fotoeléctrica y su principal objetivo es brindar elementos de protección del área de trabajo para evitar un accidente, impidiendo la presencia de objetos o alguna parte del cuerpo de los operarios. Además como parte del subsistema de seguridad se incluye que ocurra

un funcionamiento correcto de los finales de carreras del porta útil protegiendo así la máquina. Cuando se avería algunos de estos elementos que componen el subsistema o se actúa incorrectamente sobre ellos el automatismo pasa a un estado seguro de trabajo inhabilitando alguna de las funciones de la máquina. Para el tablero emulador el Arduino es el que determina el correcto funcionamiento o no de estos elementos.

3.2.4 Subsistema de lubricación

Los elementos de este subsistema permiten la lubricación o limpieza de las matrices, impactando directamente en la calidad de las piezas forjadas, la lubricación se realiza combinando grafito líquido con aire a presión, inicialmente se inyecta aire solo durante cinco segundos para limpiar partículas que puedan rayar las piezas, y luego si se realiza el proceso con toda la mezcla. La activación de las electroválvulas es controlada únicamente por el controlador.

3.2.5 Subsistema de ajuste

Los componentes de este subsistema permiten el movimiento del porta útil para realizar el ajuste de la máquina antes de realizar el proceso. Dependiendo de la matriz a utilizar se puede ajustar la altura entre la mesa de trabajo y el porta útil, todo esto para generar un correcto funcionamiento de la máquina, ya que al realizar un mal ajuste se podría provocar un choque entre las dos cara de la matriz produciendo daños tanto a la matriz como a la máquina. A continuación se describen los elementos que hacen parte de este subsistema.

3.2.5.1 Motor 10 Hp

Este es un motor de 10 Hp que al girar mueve una transmisión por engranes, la cual desplaza el porta útil dependiendo del sentido de giro del motor, en sentido

horario subirá o si se cambia el sentido bajara el porta útil. Su sentido de giro está determinado por contactores, cuya finalidad es el cambio de fases del motor, estos no pueden ser activados simultáneamente.

3.2.5.2 Finales de Carrera

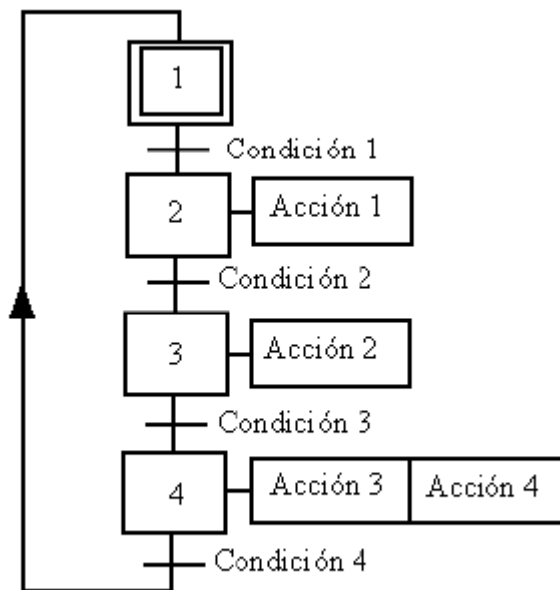
Para prevenir daños de los elementos por choques en los extremos de los recorridos son utilizados finales de carrera en el extremo superior e inferior del recorrido. Cuenta también con unos finales de carrera de respaldo en caso de que falle alguno previniendo así daños en el porta útil o en la máquina, estos también hacen parte del subsistema de seguridad como ya se había mencionado anteriormente.

3.3 Diseño basado en GRAFCET para el automatismo lógico secuencial de la prensa.

3.3.1 Programación por GRAFCET

Los estudiantes que realizaron la automatización de la prensa de 500 toneladas se basaron en GRAFCET para realizar la programación de la prensa, el GRAFCET (Grafica de Control por Etapas de Transición) es un lenguaje grafico que permite realizar un modelo considerando entradas, procesos a realizar por medio de unos procesos intermedios o transiciones que permiten realizar las acciones en este proceso. Su principal ventaja es que permite realizar el proceso de una manera ordenada y sencilla, simbolizando la sucesión de etapas fases o ciclos de operación.

Figura 9. Organización básica del GRAFCET



Fuente: Proyecto "AUTOMATIZACIÓN DE UNA PRENSA DE 500 TONELADAS PARA FORJA EN CALIENTE EN LA EMPRESA "FORCOL S.A.S."

Para el diseño y descripción se utilizaron tres tipos de GRAFCET que dieron las especificaciones necesarias para su correcto funcionamiento, a continuación se describirán cada uno y su utilización en la programación del emulador de la prensa. Vale aclarar que para que el proceso del emulador sea lo más real posible a la funcionalidad de la prensa en operación real se optó por tomar los GRAFCET creados anteriormente con modificaciones hacia autómatas Allen Bradley, ya que la prensa fue diseñada exclusivamente para controladores Siemens S-300.

Los niveles de GRAFCET implementados son:

- GRAFCET nivel 1: Descripción Funcional
- GRAFCET nivel 2: Descripción Tecnológica
- GRAFCET nivel 3: Descripción Operativa

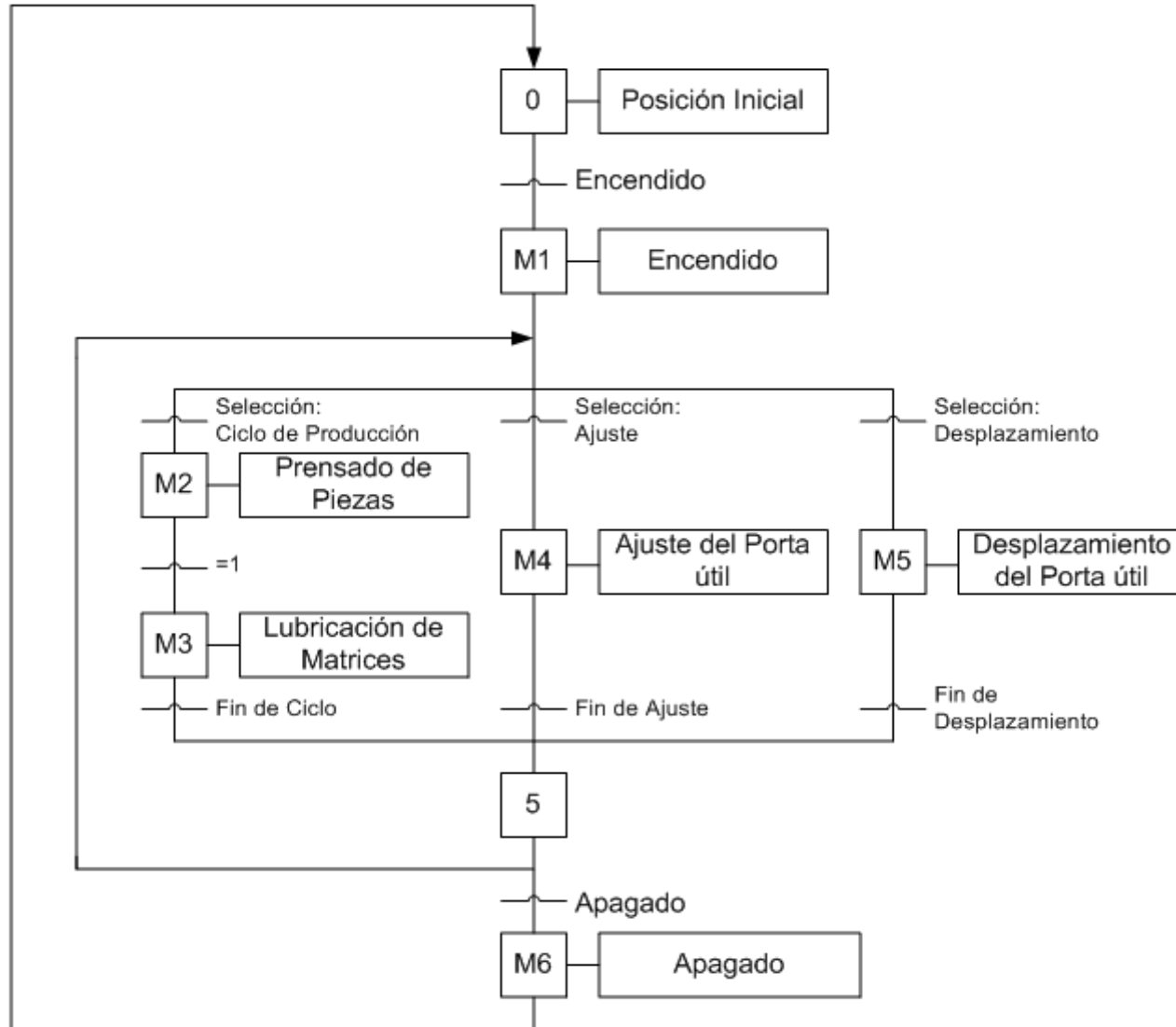
A continuación se muestra el esquema general implementado para la automatización de la prensa, en el cual se separaron en modelos parciales las diferentes operaciones que puede realizar el sistema automatizado, estos modelos han sido establecidos para dar solución a las necesidades de operación. A continuación se describen la funcionalidad de cada modelo y posteriormente se describen su formación en cada nivel de GRAFCET.

3.3.2 Modelos utilizados en el emulador

Como se muestra en la figura *, los 6 modelos parciales son los siguientes:

- Encendido del Motor Principal
- Ciclo de Prensado de Piezas
- Ciclo de Lubricación de Matrices
- Ciclo para el Ajuste del Porta Útil
- Ciclo para el Desplazamiento Porta Útil
- Apagado del Motor Principal

Figura 10. Modelos utilizados



3.3.2.1 Encendido del Motor Principal

La primera función que se estableció para la realización del proceso es el encendido del motor, este funciona de una manera especial ya que en el proceso del motor como se había especificado anteriormente se genera el arranque del motor principal alternando unas resistencias, cuando se genera la orden de encendido el controlador debe desactivar la válvula de frenado y ahí si ocurre el proceso de encendido del motor, el resto del proceso no se puede realizar si el motor no está funcionando a la velocidad correcta.

3.3.2.2 Ciclo de Prensado de Piezas

Su principal función es realizar el prensado de las piezas, aunque también establece que el proceso se lleve en óptimas condiciones, los componentes de este ciclo están incluidos en el subsistema de producción. Este ciclo se puede operar de diversas maneras ya sea de manera semiautomática por medio de un pedal el cual maneja el operador, o un proceso automático en el que el sistema permanece funcionando de manera continua hasta generarse la orden de apagado normal.

3.3.2.3 Ciclo de Lubricación de Matrices

Su función es limpiar la matriz luego de que se realice el ciclo de producción, inicialmente se inyecta aire comprimido por un límite de tiempo para limpiar partículas sobrante y así evitar ralladuras de las piezas o la matriz, luego se inyecta una mezcla de aire comprimido con grafito para proteger la superficie. Los tiempos son determinados por el operador, además este también tiene dos modos de operación, uno de manera manual y otro que hace parte del proceso automático del ciclo de prensado de piezas.

3.3.2.4 Ciclo para el Ajuste del Porta Útil

Su finalidad es garantizar la altura necesaria entre la mesa de trabajo y el porta útil cuando se encuentre en el punto muerto inferior (PMI), esta distancia se puede graduar dependiendo de las dimensiones de la matriz, razón por la cual se debe realizar un nuevo ajuste cada vez que se desee cambiar de pieza. Este debe ser utilizado antes de realizar la producción. Es indispensable que se realice de manera correcta, ya que un mal ajuste podría producir daños tanto a la matriz como a los elementos de la máquina. El ajuste se realiza por medio de un motor de 10 Hp, dependiendo su sentido de giro se hará el ajuste.

3.3.2.5 Ciclo para el Desplazamiento Porta Útil

Este ciclo es utilizado para la realización de pruebas de mantenimiento o reparación, haciendo posible el desplazamiento del porta útil, se realiza directamente llevando el porta útil al punto muerto superior o al punto muerto inferior, en el cual se puede determinar si ocurre o no excesivo desgaste en el freno. Aunque este ciclo no realice operación de producción se debe realizar en condiciones de seguridad normales del proceso.

3.3.2.6 Ciclo de Apagado del Motor Principal

Este ciclo se encarga simplemente del apagado del máquina, al generarse la orden por el operario en el panel de mando de apagado del motor principal, cuando esto se da el procede a generar el apagado del motor y seguidamente activa el freno de seguridad.

3.3.3 GRAFCET Implementados

Luego de haber explicado el funcionamiento básico de los distintos módulos de funcionamiento de la máquina procedemos a realizar la descripción de los tipos de GRAFCET implementados.

3.3.3.1 GRAFCET de Nivel 1: Descripción Funcional

En este nivel solo interesa una descripción global del automatismo que permita comprender y entender de manera muy sencilla su funcionalidad. En él no se especifica los implementos ni la tecnología a utilizar, solo determina las distintas etapas por las que debe pasar el automatismo, para que el proceso del emulador funcione de manera real al de la prensa de la empresa. Se utilizaron estos GRAFCET de los ciclos creados para la automatización real de la empresa, por lo que su descripción es superficial no afecta el desarrollo con los autómatas Allen Bradley. A continuación se exponen los diferentes GRAFCET de nivel 1, para el funcionamiento del proceso automatizado.

Figura 11. GRAFCET nivel 1. Encendido del motor principal

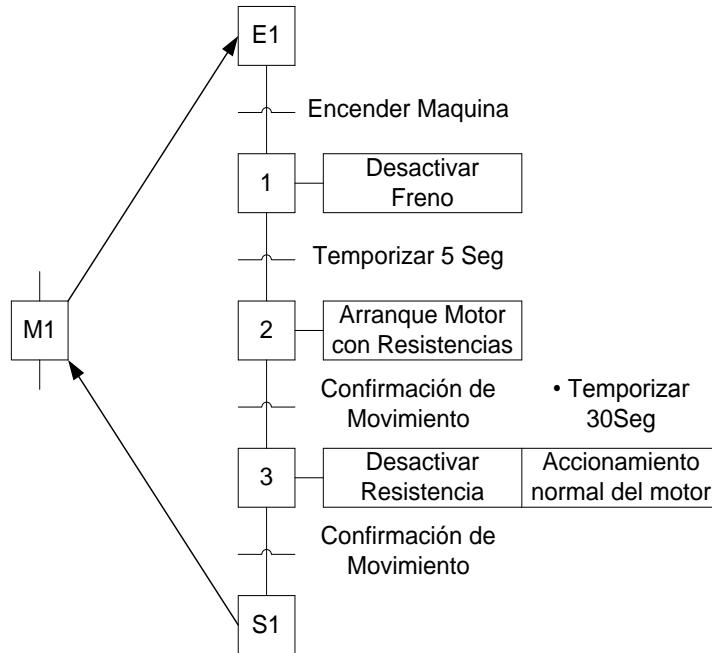


Figura 12. GRAFCET nivel 1. Apagado del motor principal

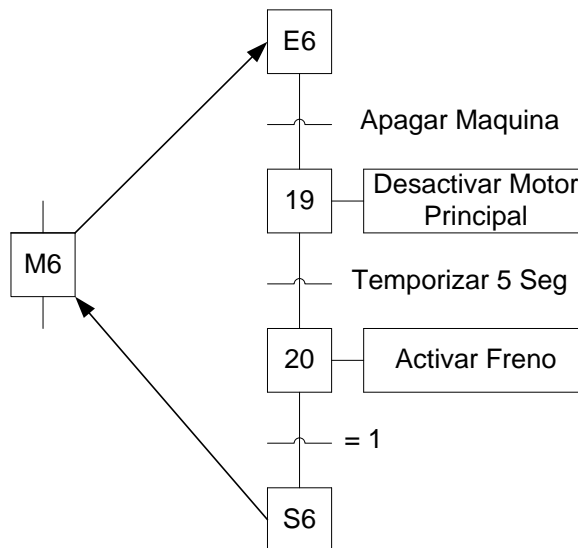


Figura 13. GRAFCET nivel 1. Ciclo de prensado de piezas

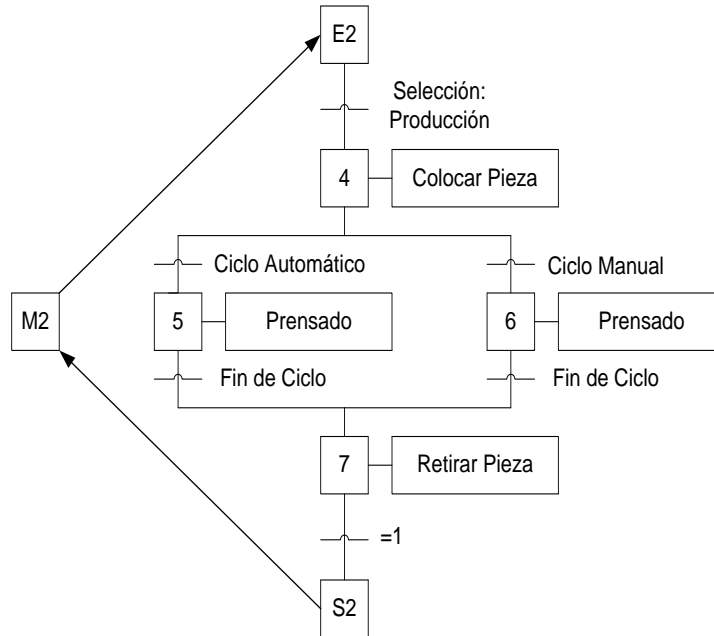


Figura 14. GRAFCET nivel 1. Ciclo de lubricación de matrices

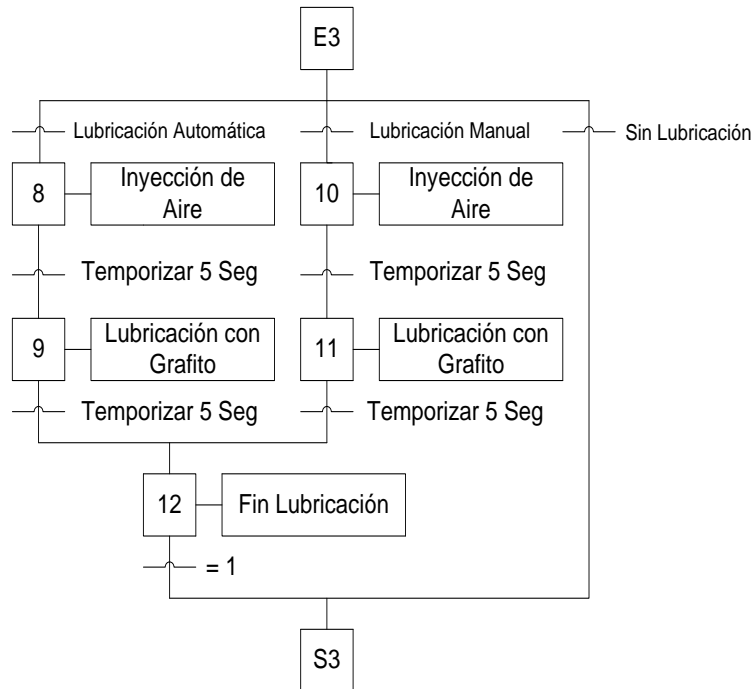


Figura 15. GRAFCET nivel 1. Ciclo para ajuste del porta útil

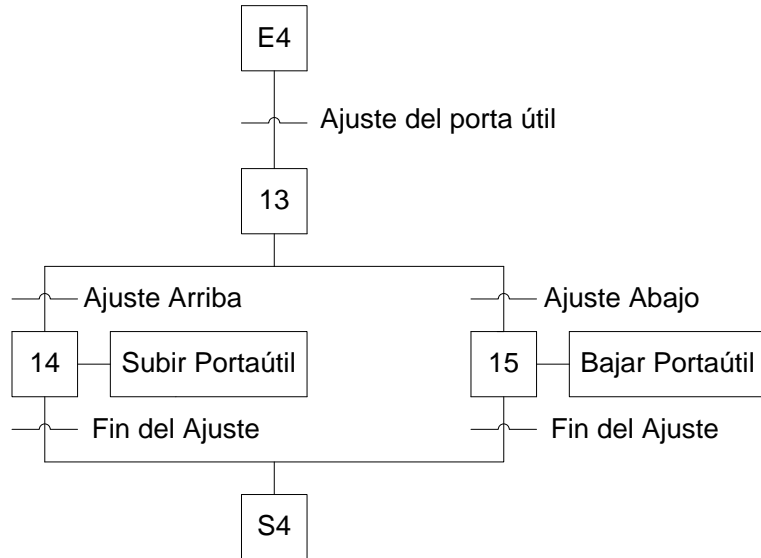
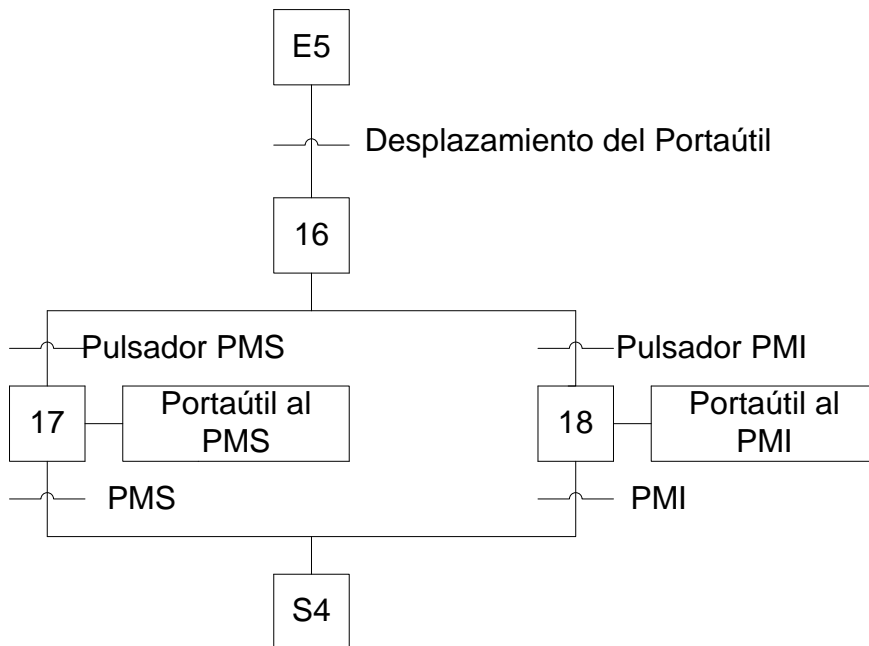


Figura 16. GRAFCET nivel 1. Ciclo para el desplazamiento del porta útil



3.3.3.2 Direccionamiento de Entradas y Salidas

Antes de exponer los GRAFCET de nivel 2 y 3 se hace necesario direccionar las entradas y salidas del emulador para una mejor comprensión de los GRAFCET, la tabla a continuación muestra cada entrada o salida con su respectiva nomenclatura para el GRAFCET de nivel 2 y su respectivo direccionamiento al controlador para el GRAFCET nivel 3.

Tabla 1. Lista de entradas del emulador

Dirección	Descripción	Símbolo
Local: 2:I.0	Pulsador Encendido Sistema de Control	P1
Local: 1:I.0	Pulsador Apagado Sistema de Control	P2
Local: 1:I.1	Pulsador Encendido Motor Principal	P3
Local: 1:I.2	Pulsador Apagado Motor Principal	P4
Local: 1:I.8	Pulsador Ajuste Abajo	P5
Local: 1:I.9	Pulsador Ajuste Arriba	P6
Local: 1:I.10	Pulsador PMI	P7
Local: 1:I.11	Pulsador PMS	P8
Local: 1:I.12	Pulsador Conectado 1	P9
Local: 1:I.13	Pulsador Desconectado	P10
Local: 1:I.14	Pulsador Conectado 2	P11
Local: 1:I.15	Pulsador Emergencia	P12
Local: 2:I.1	Pulsador Pedal de Ciclo	P13
Local: 2:I.11	Pulsador Pedal de Lubricación	P14
Local: 1:I.3	Selector 1 - Desplazamiento	S1
Local: 1:I.4	Selector 1 - Ajuste	S2
Local: 1:I.5	Selector 1 - Carrera	S3
Local: 1:I.6	Selector 2 - Automatico	S4
Local: 1:I.7	Selector 2 - Manual	S5

Tabla 2. Lista de entradas del emulador (Continuación)

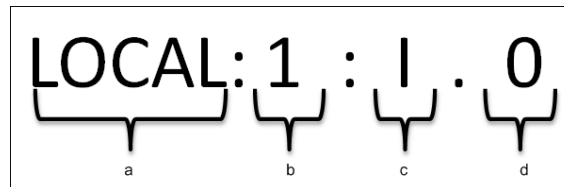
Dirección	Descripción	Símbolo
Local: 2:I.2	Fusible Mecánico Izquierdo	L1
Local: 2:I.3	Fusible Mecánico Derecho	L2
Local: 2:I.4	Ajuste Abajo	L3
Local: 2:I.5	Ajuste Arriba	L4
Local: 2:I.6	Guarda de Seguridad	L5
Local: 2:I.7	Cortina de Fotoeléctrica de Seguridad	L6
Local: 2:I.8	Final de Carrera Inferior - Respaldo	L7
Local: 2:I.9	Final de Carrera Inferior	L8
Local: 2:I.10	Final de Carrera Superior	L9
Local: 2:I.12	Final de Carrera Superior - Respaldo	L10
Local: 2:I.13	Punto Muerto Inferior	L11
Local: 2:I.14	Detección de Desgaste de Freno	L12
Local: 2:I.15	Punto Muerto Superior	L13
Local: 3:I.0	Protección Térmica - Motor 75 Hp	L14
Local: 3:I.1	Guarda Motor - Motor 10 Hp	L15
Local: 3:I.2	Presión del Sistema	L16
Local: 3:I.3	Detección de Movimiento del Motor	L17

Tabla 3. Lista de salidas del emulador

Dirección	Descripción	Símbolo
Local: 0:O.3	Contactador 1 - Motor 75 Hp	K1
Local: 0:O.2	Contactador 2 - Motor 75 Hp	K2
Local: 0:O.0	Contactador 3 - Motor 10 Hp	K3
Local: 0:O.1	Contactador 4 - Motor 10 Hp	K4
Local: 0:O.4	Valvula de Embrague	V1
Local: 0:O.5	Valvula de Freno	V2
Local: 0:O.6	Valvula Inyección de Grafito	V3
Local: 0:O.7	Valvula Inyección de aire	V4
Local: 0:O.8	LED - Ajuste del Porta Útil	H1
Local: 0:O.9	LED - Motor Principal	H2
Local: 0:O.10	LED - Sistema de Seguridad	H3
Local: 0:O.11	LED - Funcionamiento	H4
Local: 0:O.12	LED - Falla de Sistema	H5
Local: 0:O.13	Arduino Encendido	ON

Para los controladores Flex Logix el direccionamiento se hace de la siguiente manera

Figura 17. Direccionamiento de los controladores Flex Logix



a) Se especifica en que riel está conectado el módulo, LOCAL para los módulos que están conectados directamente al controlador o LOCAL2 si los módulos están conectados en un riel externo.

b) Aquí se especifica la posición en la cual está conectado el módulo en riel LOCAL, cada riel permite conectar hasta un máximo de 8 módulos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), independientemente que sea entrada o salida.

c) En este punto se determina si la función a utilizar está asociado a una entrada o salida, si es una entrada se utiliza I (Input) o para salidas se utiliza O (Output).

d) En esta casilla se especifica a que pin del módulo pertenece la función, los módulos que se utilizan son Flex I/O IB-16 para las entradas y Flex I/O OB-16 para las salidas. Sea de entrada o salidas, ambos presentan 16 pines cada uno para el direccionamiento (0 – 15).

3.3.3.3 GRAFCET de Nivel 2: Descripción Tecnológica

En este nivel se realiza una descripción a nivel tecnológico y operativo del automatismo. Ya se describe que tipos de tecnologías se van a utilizar, por ejemplo actuadores como motores o válvulas, o se especifican los sensores que permiten conocer la posición de

los niveles de la máquina. A continuación se exponen los diferentes GRAFCET del nivel 2 para el funcionamiento del sistema automatizado, aunque en este nivel no es necesario direccionar las entradas o salidas al controlador, la nomenclatura utilizada en el emulador es diferente a la de la prensa, por lo que se hace necesario realizar estas modificaciones en el GRAFCET sin necesidad de modificar la estructura del mismo.

Figura 18. GRAFCET nivel 2. Encendido del motor principal

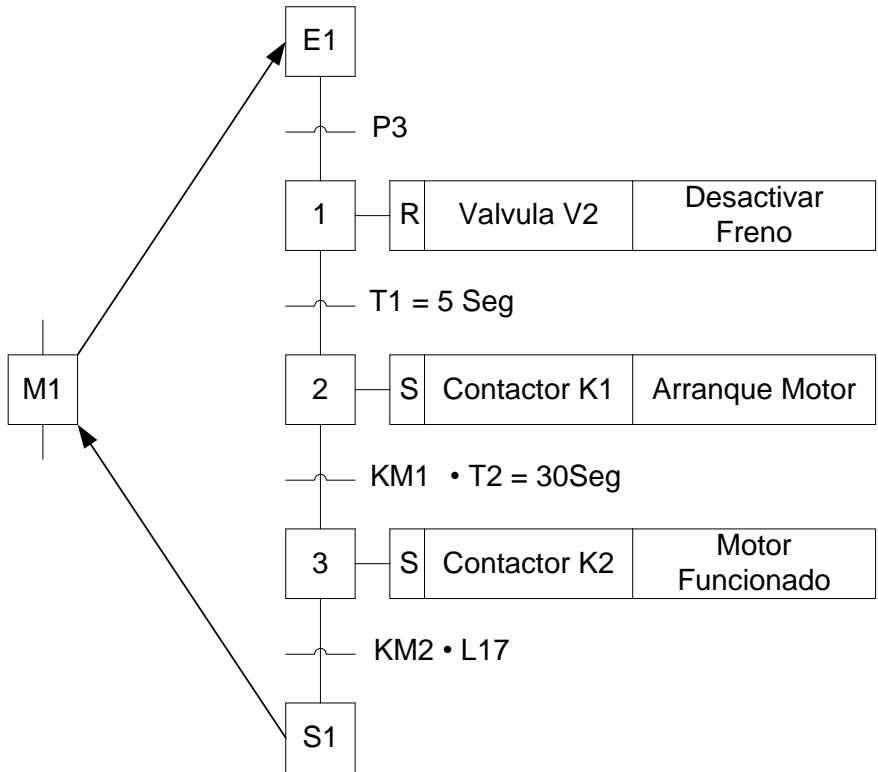


Figura 19. GRAFCET nivel 2. Apagado del motor principal

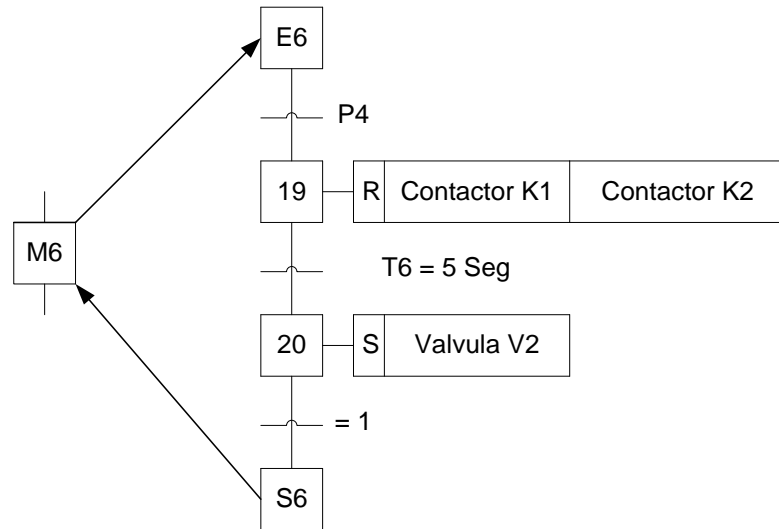


Figura 20. GRAFCET nivel 2. Ciclo de prensado de piezas

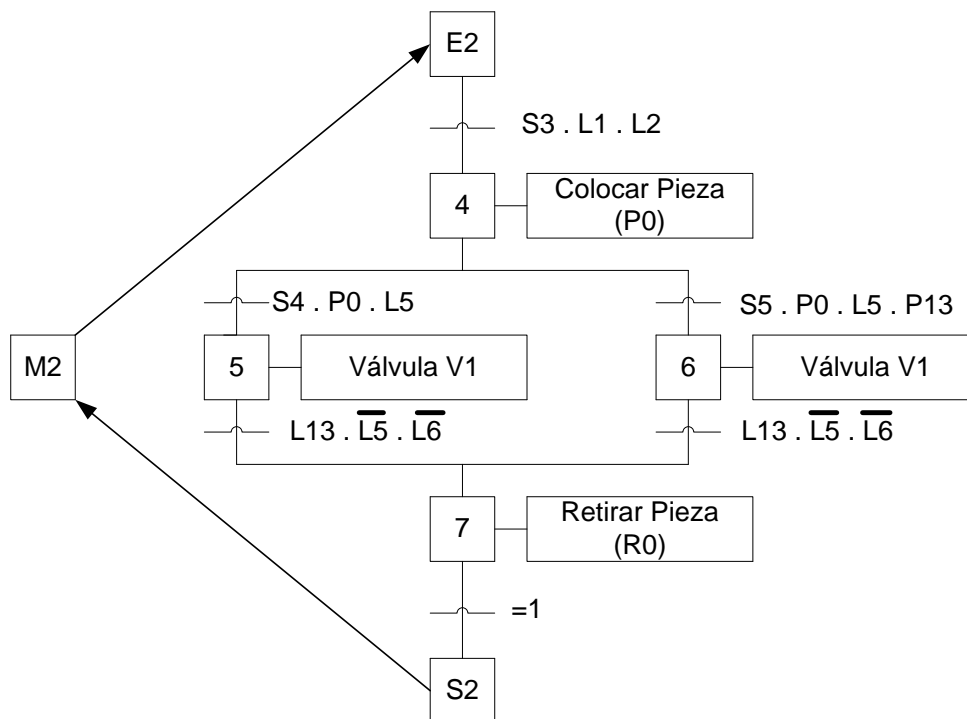


Figura 21. GRAFCET nivel 2. Ciclo de lubricación de matrices

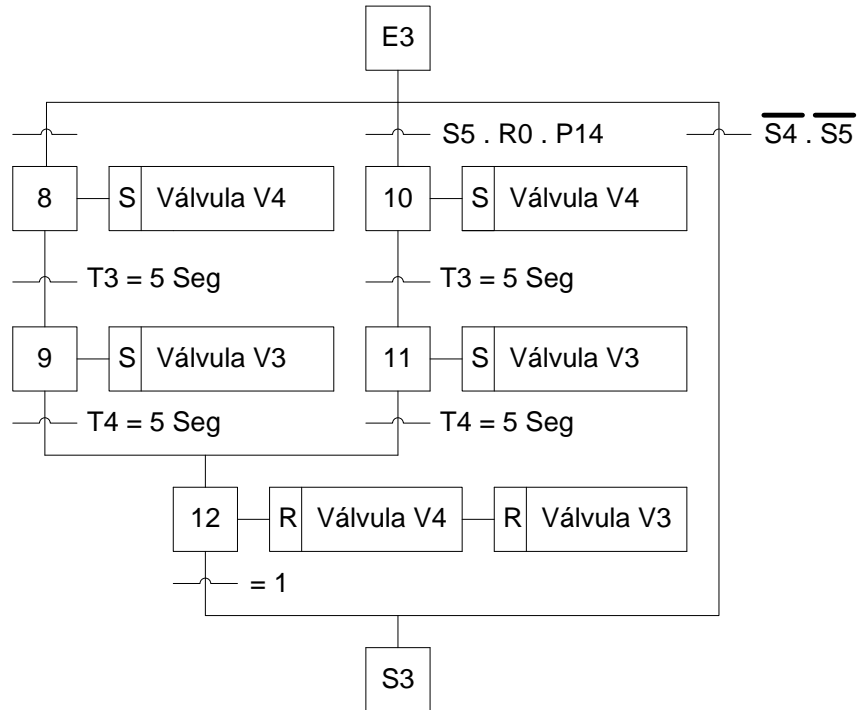


Figura 22. GRAFCET nivel 2. Ciclo para ajuste del porta útil

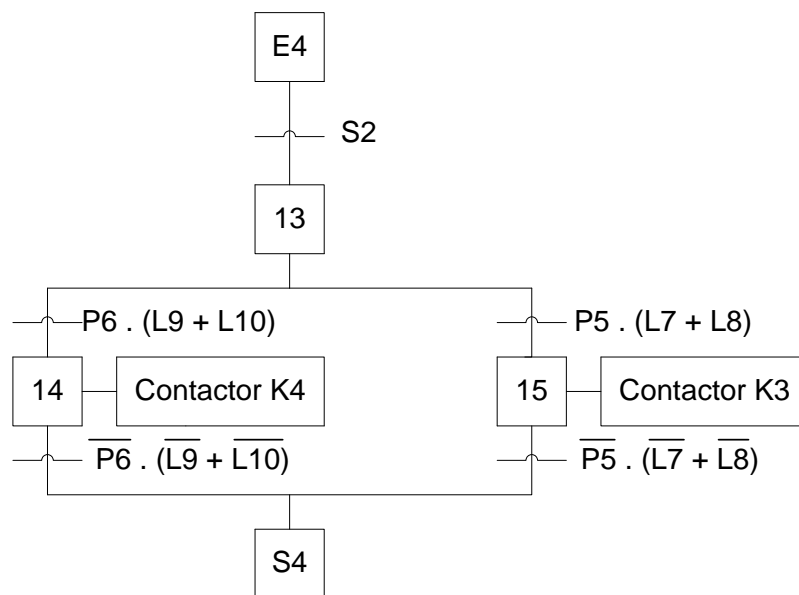
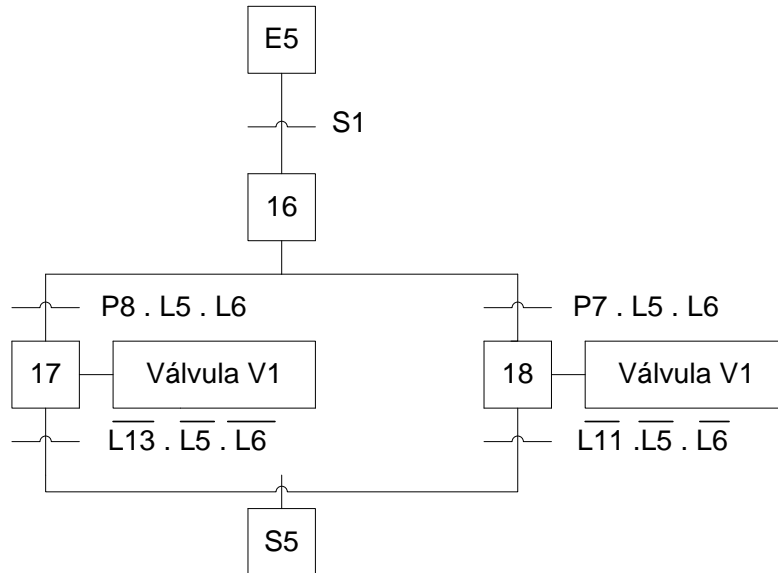


Figura 23. GRAFCET nivel 2. Ciclo para el desplazamiento del porta útil



3.3.3.4 GRAFCET Nivel 3: Descripción Operacional

En este nivel se realiza el GRAFCET implementando al autómatas, se definirá la secuencia de actividades en referencias a las salidas y entradas ya direccionadas a este. Este modelo es la base final de la programación del emulador de la prensa de 500 toneladas.

Figura 24. GRAFCET nivel 3. Encendido del motor principal

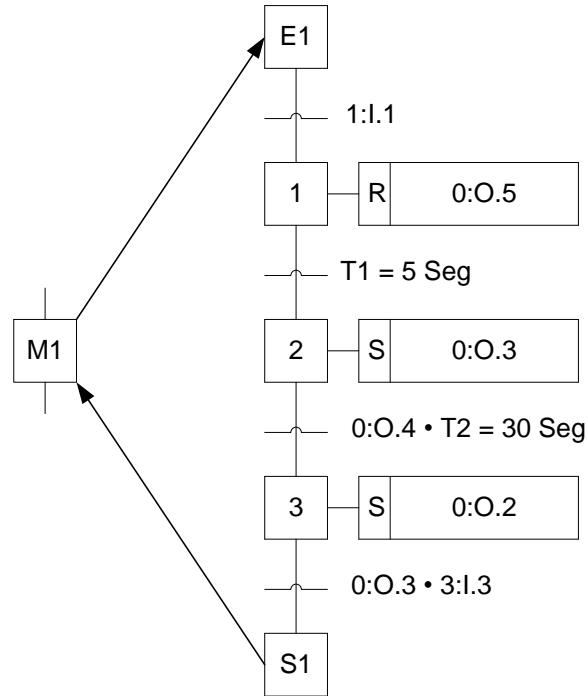


Figura 25. GRAFCET nivel 3. Apagado del motor principal

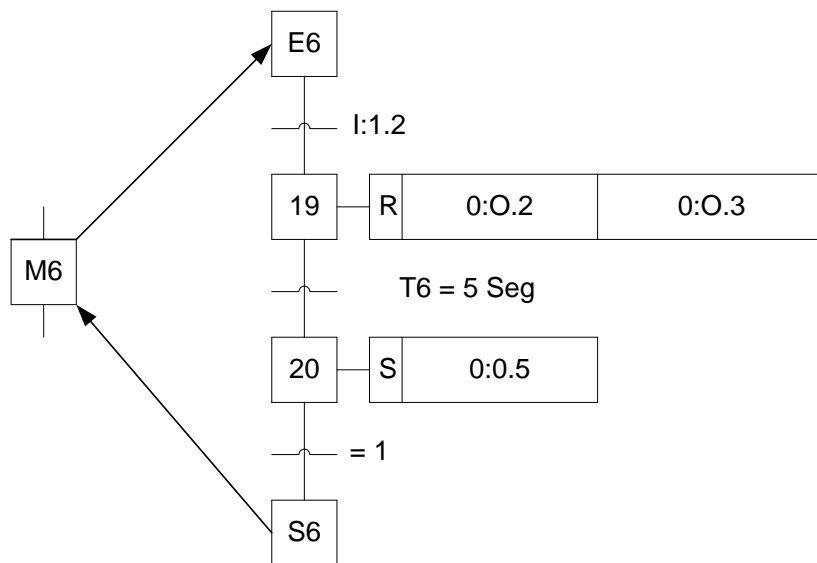


Figura 26. GRAFCET nivel 3. Ciclo de prensado de piezas

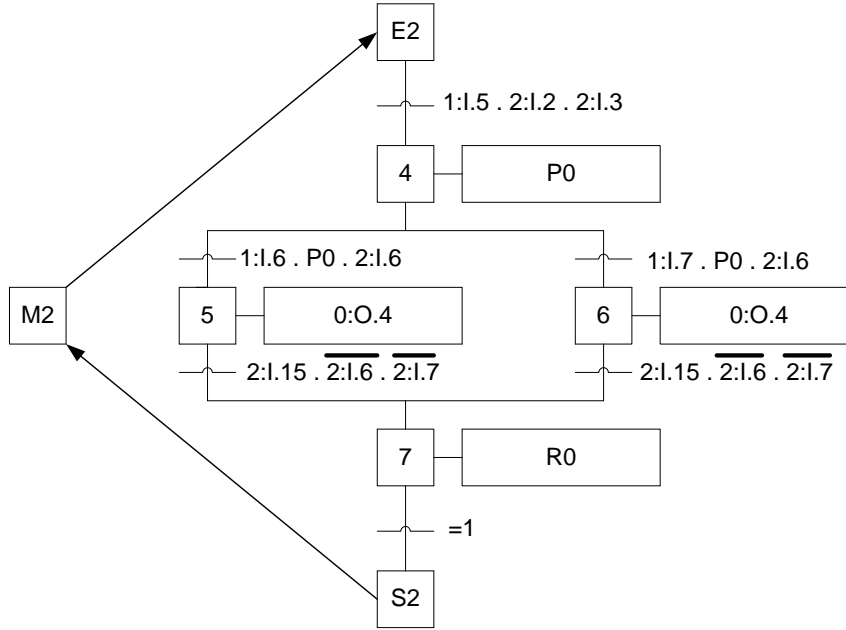


Figura 27. GRAFCET nivel 3. Ciclo de lubricación de matrices

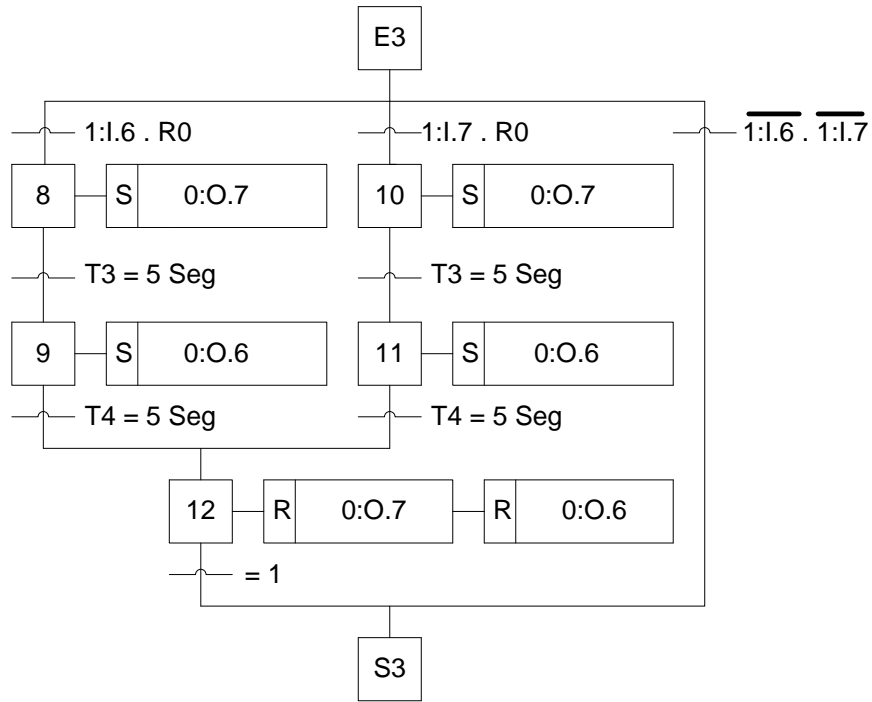


Figura 28. GRAFCET nivel 3. Ciclo para ajuste del porta útil

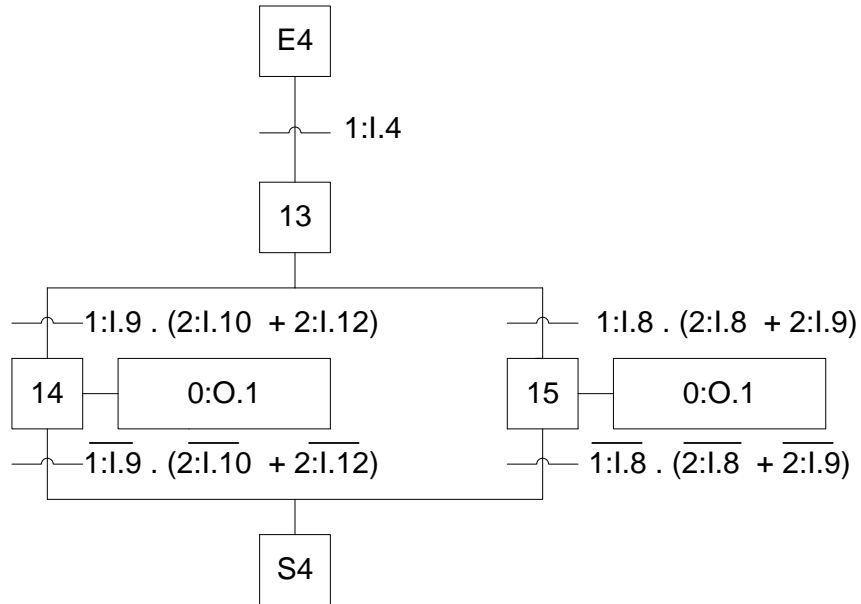
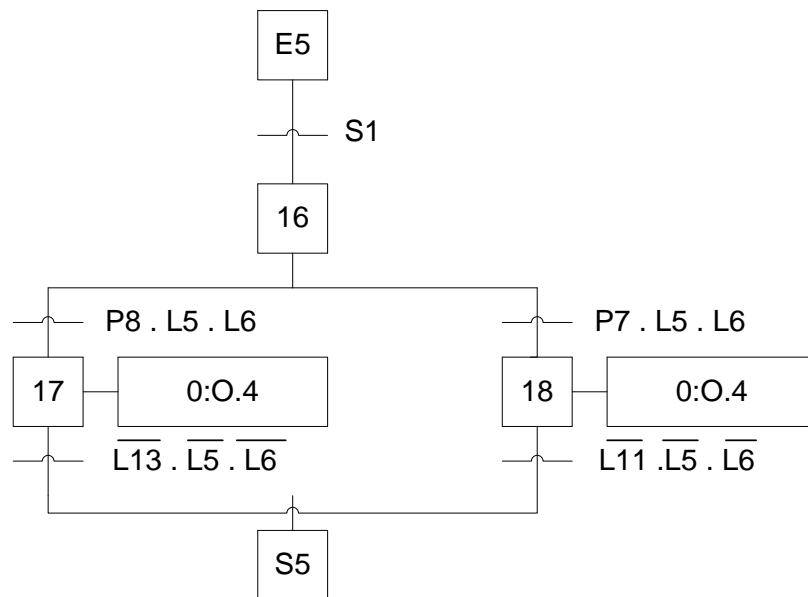


Figura 29. GRAFCET nivel 3. Ciclo para el desplazamiento del porta útil



La parte principal del emulador es un tablero acrílico con gráficos respectivos a los elementos de funcionamiento de la prensa real, en el cual se encuentra el panel de mando que a su vez funciona como interfaz HMI, además presenta bombillos visualizadores (Leds), más adelante se dará información detallada de estos elementos, las dimensiones de este tablero acrílico son de 70 cm (Ancho) x 50 cm (Alto).

3.4.1.2 Estructura de soporte

El tablero esta soportado por una estructura en forma rectangular de lámina de acero cold rolled calibre 20, las dimensiones de la carcasa son 70cm (ancho) x 50 cm (alto) x 10 cm (Profundidad), además de soportar el tablero acrílico contiene en su interior elementos como la placa Arduino, las tarjetas convertidoras de voltaje brindando así una mayor protección a estos elementos a una manipulación indebida.

Figura 31. Estructura metálica de soporte



3.4.1.3 Componentes del tablero emulador.

Para una mejor comprensión de los componentes del tablero emulador vamos a dividir el sistema en 3 zonas.

Tabla 4. Componentes del tablero de mando

Numero	Nombre	Descripción
1	Panel de Mando	Interfaz HMI
2	Parte Eléctrica	Sistema Eléctrico de Motores
3	Parte Operativa	Sistema Operativo Prensa

Panel de mando

Esta zona es la que ejerce directamente las ordenes de funcionamiento al autómatas, consta con 16 pulsadores, los cuales permiten encender o apagar todo el sistema, encender o apagar los motores, o realizar los distintos procesos que realiza la máquina, controlado por medio de dos llaves de posición. Una de las llaves de posición determina si la máquina se encuentra en proceso de ajuste, desplazamiento o en ciclo de producción, y la otra está directamente relacionada al ciclo de producción ya que determina si este es realizado de modo automático, manual, con o sin lubricación.

Figura 32. Panel de mando



Figura 33. Pulsadores



Fuente: www.tiendaelectronica.com.ve

Figura 34. Llave de posiciones



Fuente: www.microelectronicash.com

Además en el panel de mando se encuentran 5 leds de visualización los cuales brindan información sobre la máquina, estos informan si los elementos del sistema están funcionando correctamente o están fallando, al igual muestra si todo el sistema de seguridad se encuentra activado o desactivado e informa sobre el estado de operación en el que se encuentran los motores.

Figura 35. Leds de visualización

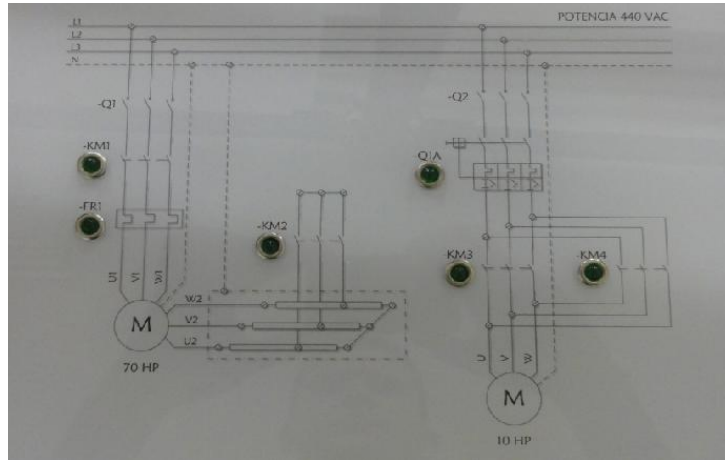


Fuente: www.wikipedia.org

Parte eléctrica.

Esta parte del tablero emulador es la que se encarga de visualizar el funcionamiento de los motores, consta de seis bombillos visualizadores en el cual se puede presenciar el funcionamiento del motor principal de 70 Hp y el motor secundario de 10 Hp. Los contactores representados por las sigla KM son activados por el controlador, mientras que la protección térmica (FR1) y el guarda motor (Q1A) son sistemas de protección de los motores y estos son simulados por la placa Arduino que funciona como la máquina.

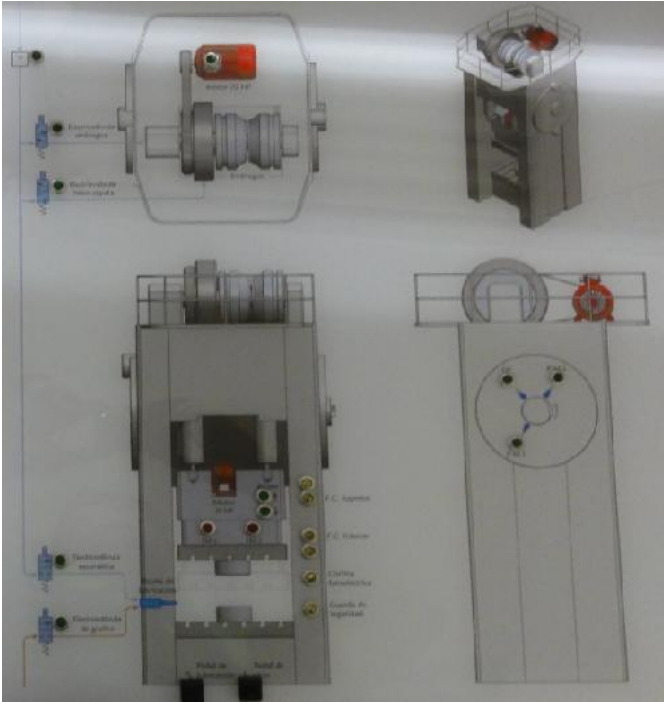
Figura 36. Sistema eléctrico de los motores



Parte Operativa.

La mayoría de esta parte del emulador es controlada por la placa Arduino la cual simula las operaciones de la máquina en realidad, presenta 19 bombillos visualizadores (leds). La placa Arduino es la que genera los órdenes del sistema de seguridad (leds amarillos) o de los fusibles mecánicos si funcionan correctamente, por la parte de funcionamiento muestra la operación de trabajo del volante de la máquina, maneja el sistema de presión de la prensa y el funcionamiento de las válvulas neumáticas, la única función que realiza el controlador es la secuencia de activación de estas válvulas. Además se encuentran dos pulsadores los cuales ingresan órdenes directamente al controlador y son encargados de generar los procesos de prensado y lubricación en sistema manual.

Figura 37. Sistema operativo de la prensa



3.5 Controlador Flex Logix

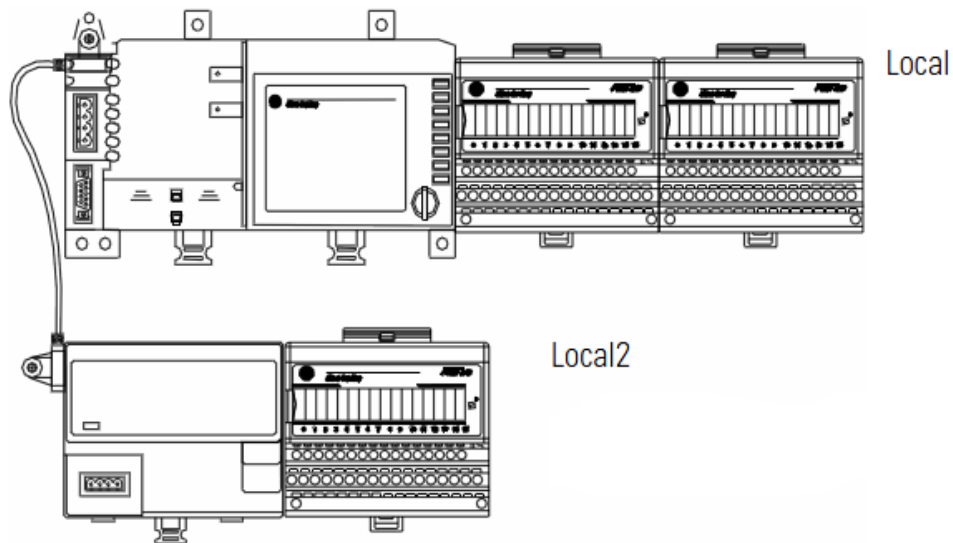
Figura 38. Controlador FlexLogix



¿Qué es FlexLogix?

El controlador FlexLogix es parte del entorno Logix. El controlador FlexLogix proporciona un sistema de control distribuido basado en los siguientes componentes:

Figura 39. Controlador FlexLogix



Fuente: www.Rockwellautomation.com

- Acepta las instrucciones Logix.
- El software de programación es el RsLogix 5000 el cual acepta cada controlador Logix.
- Los módulos Flex I/O que proporcionan un sistema compacto montado en el riel DIN.
- Presentan dos ranuras para conexión de tarjetas de comunicación basada en las redes de ControlNet, DeviceNet o Ethernet/IP.

3.5.1 Especificaciones de los controladores FlexLogix.

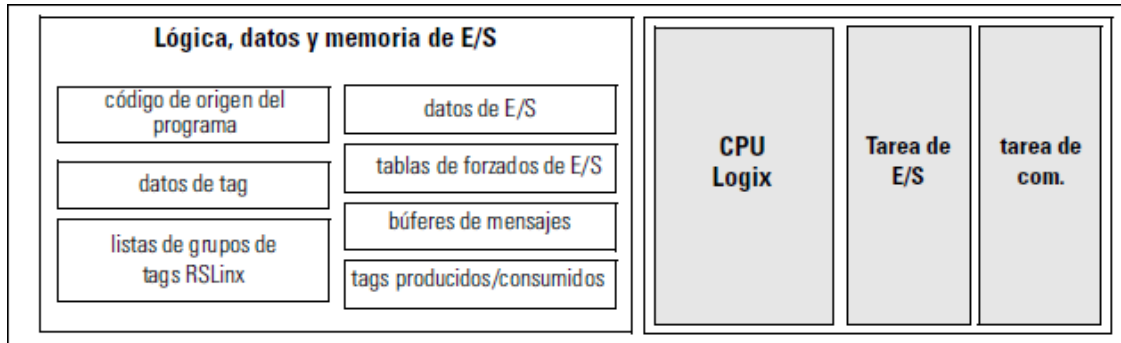
Las especificaciones de los controladores FlexLogix se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Especificaciones del controlador FlexLogix

Memoria del Usuario	1794-L33	64 KiloBytes
	1794-L34	128 KiloBytes
Voltaje de Entrada		
Nominal	24 VCC	
Rango	19.2 V a 32VCC	
Voltaje de Aislamiento	30 VCC	
Corriente de Entrada Máxima	1.33 A Máximo a 19.2 VCC 0.85 A Máximo a 24 VCC	
Potencia de Entrada Máxima	25.5 W Máximo a 19.2 VCC 20.4 W Máximo a 24 VCC	
Salida de corriente de backplane	653 mA a 5.1 VCC	

Debido al poco tamaño en la memoria de los controladores 1794-L33 es ideal el uso de este controlador para programas de lógica escalera o de diagramas de bloques pequeños. En los controladores de la gama FlexLogix de Allen-Bradley la memoria del controlador se encuentra en una sección contigua.

Figura 40. Memoria del controlador

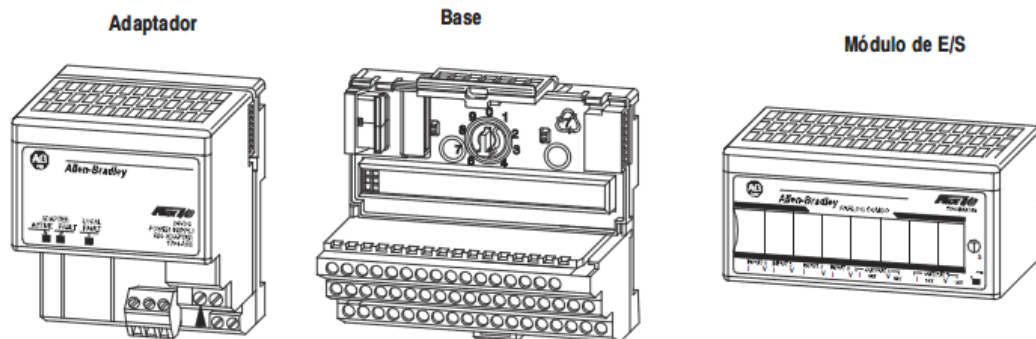


Fuente: www.Rockwellautomation.com

3.5.2 Sistema Flex I/O.

Flex I/O es un sistema de Entradas/Salidas compacto, modular para aplicaciones distribuidas que realiza todas las funciones de E/S con base de rack. El sistema Flex I/O tiene los siguientes componentes:

Figura 41. Componentes del sistema Flex I/O

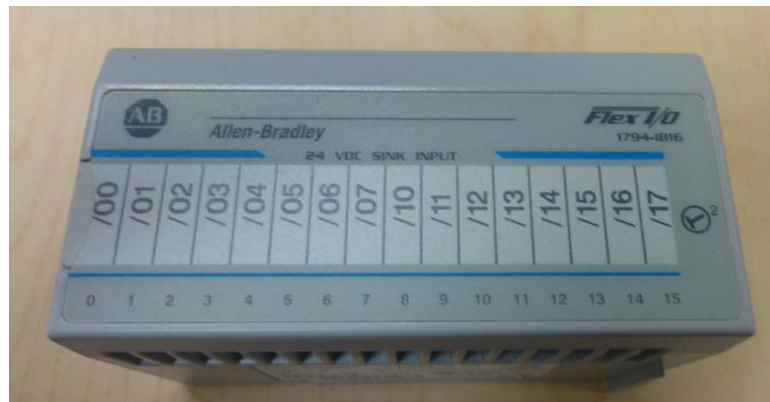


Fuente: www.Rockwellautomation.com

- Adaptador/fuente de alimentacion su funcion es activar la logica interna para un maximo de 8 módulos de entradas y salidas.
- Base contiene una regleta de bornes para terminar el cableado de dispositivos. Se pueden cablear dispositivos de dos o tres cables.
- Módulo de Entradas/Salidas contiene el interface de bus y los circuitos necesarios para realizar funciones especificas relacionadas a su aplicación.

3.5.3 Módulo de entradas

Figura 42. Módulo de entradas Flex I/O



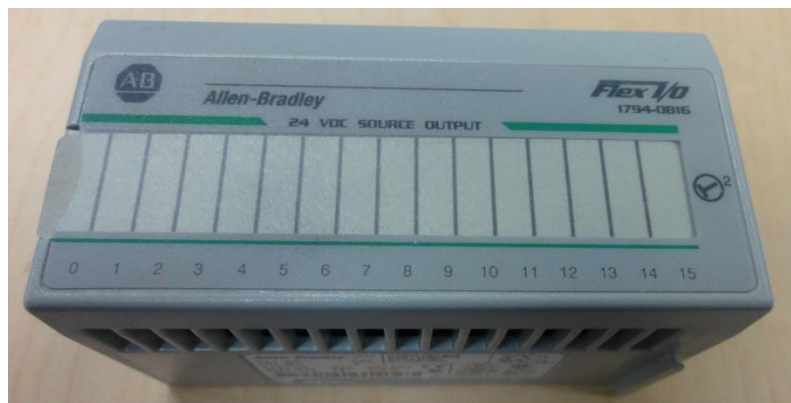
A continuación se muestra las principales características del módulo entradas Flex I/O 1794 –IB16.

Tabla 6. Características del módulo de entradas Flex I/O

Tensión de Alimentación	24 VCC Nominal 19.2 a 31.2 Rango
Dimensiones (Alto x Ancho x Profundidad)	46 mm x 94 mm x 53 mm
Numero de entradas	16
Ubicación del Modulo	Base TB3
Voltaje de estado Activado	10 VCC Mínimo 24 VCC Nominal 32 VCC Máximo
Voltaje de estado desactivado	5 VCC máximo
Corriente de estado Activado	1.0 mA Mínimo 8.0 mA Nominal 12.0 mA Máximo
Corriente de estado desactivado	1.5 mA Mínimo

3.5.4 Módulo de Salidas

Figura 43. Módulo de salidas Flex I/O



A continuación se muestra las principales características del módulo salidas Flex I/O 1794 – OB16.

Tabla 7. Características del módulo de salidas Flex I/O

Tensión de Alimentación	24 VCC Nominal 19.2 a 31.2 Rango
Dimensiones (Alto x Ancho x Profundidad)	46 mm x 94 mm x 53 mm
Numero de Salidas	16
Ubicación del Modulo	Base TB3
Voltaje de estado Activado	10 VCC Mínimo 24 VCC Nominal 31.2 VCC Máximo
Caída de voltaje de estado activado	0.5 VCC máximo
Corriente de estado Activado	1.0 mA Mínimo 500 mA Máximo
Corriente de estado desactivado	31.2 VCC Máximo

3.6 Cables de Conexión

Figura 44. Cables de conexión



Son los encargados de comunicar al autómatas con el emulador de la prensa de 500 toneladas, esta conexión se hace por medio de un puerto paralelo de 36 pines. Las

entradas y salidas son diferenciadas por el color del cable, Café: Entradas al autómeta y Rojo: Salidas del autómeta.

Debido a que la cantidad de entradas al autómeta superan a las de salidas del autómeta se hace necesario la utilización de dos cables pero solo uno de estos se encuentra estandarizado a las condiciones del laboratorio, el cual cuenta con la siguiente configuración:

Tabla 8. Estandarización de los pines de conexión

Numero de Pin	Entrada	Numero de Pin	Salida
1	Local 1:I.0	19	Local 0:O.0
2	Local 1:I.1	20	Local 0:O.1
3	Local 1:I.2	21	Local 0:O.2
4	Local 1:I.3	22	Local 0:O.3
5	Local 1:I.4	23	Local 0:O.4
6	Local 1:I.5	24	Local 0:O.5
7	Local 1:I.6	25	Local 0:O.6
8	Local 1:I.7	26	Local 0:O.7
9	24 V	27	MASA
10	Local 1:I.8	28	Local 0:O.8
11	Local 1:I.9	29	Local 0:O.9
12	Local 1:I.10	30	Local 0:O.10
13	Local 1:I.11	31	Local 0:O.11
14	Local 1:I.12	32	Local 0:O.12
15	Local 1:I.13	33	Local 0:O.13
16	Local 1:I.14	34	Local 0:O.14
17	Local 1:I.15	35	Local 0:O.15
18		36	

Para evitar confusiones de parte del estudiantado en las conexiones de los cables del autómeta se optó la siguiente configuración del segundo cable, dando como principal ventaja la reducción del uso de estos, sino se hubiese hecho necesaria la inclusión de un tercer cable, ya que se utilizan 4 pines como puertos de entrada y que en el puerto

de estandarizado se encuentran definidos como salidas, al igual el emulador de la prensa cuenta con la respectiva señalización sobre las conexiones de los cables, y en caso de que se conecte incorrectamente no representa ningún peligro a los equipos utilizados en esta aplicación.

Tabla 9. Conexión del cable secundario

Numero de Pin	Entrada	Numero de Pin	Salida
1	Local 2:I.0	19	Local 3:I.0
2	Local 2:I.1	20	Local 3:I.1
3	Local 2:I.2	21	Local 3:I.2
4	Local 2:I.3	22	Local 3:I.3
5	Local 2:I.4	23	
6	Local 2:I.5	24	
7	Local 2:I.6	25	
8	Local 2:I.7	26	
9	24 V	27	
10	Local 2:I.8	28	
11	Local 2:I.9	29	
12	Local 2:I.10	30	
13	Local 2:I.11	31	
14	Local 2:I.12	32	
15	Local 2:I.13	33	
16	Local 2:I.14	34	
17	Local 2:I.15	35	
18		36	

Figura 45. Direccionamiento cable de conexión para controladores Siemens y Allen Bradley.

# PIN	DIRECCIONAMIENTO	
	ALLEN BRADLEY	SIEMENS
1	Local 1:I.0	E125.7
2	Local 1:I.1	E125.6
3	Local 1:I.2	E125.5
4	Local 1:I.3	E125.4
5	Local 1:I.4	E125.3
6	Local 1:I.5	E125.2
7	Local 1:I.6	E125.1
8	Local 1:I.7	E125.0
9	24V	24V
10	Local 1:I.8	E124.7
11	Local 1:I.9	E124.6
12	Local 1:I.10	E124.5
13	Local 1:I.11	E124.4
14	Local 1:I.12	E124.3
15	Local 1:I.13	E124.2
16	Local 1:I.14	E124.1
17	Local 1:I.15	E124.0
18		

# PIN	DIRECCIONAMIENTO	
	ALLEN BRADLEY	SIEMENS
19	Local 0:O.0	A125.7
20	Local 0:O.1	A125.6
21	Local 0:O.2	A125.5
22	Local 0:O.3	A125.4
23	Local 0:O.4	A125.3
24	Local 0:O.5	A125.2
25	Local 0:O.6	A125.1
26	Local 0:O.7	A125.0
27	GND	GND
28	Local 0:O.8	A124.7
29	Local 0:O.9	A124.6
30	Local 0:O.10	A124.5
31	Local 0:O.11	A124.4
32	Local 0:O.12	A124.3
33	Local 0:O.13	A124.2
34	Local 0:O.14	A124.1
35	Local 0:O.15	A124.0
36		

3.7 Arduino Mega 2560

Figura 46. Arduino Mega 2560.

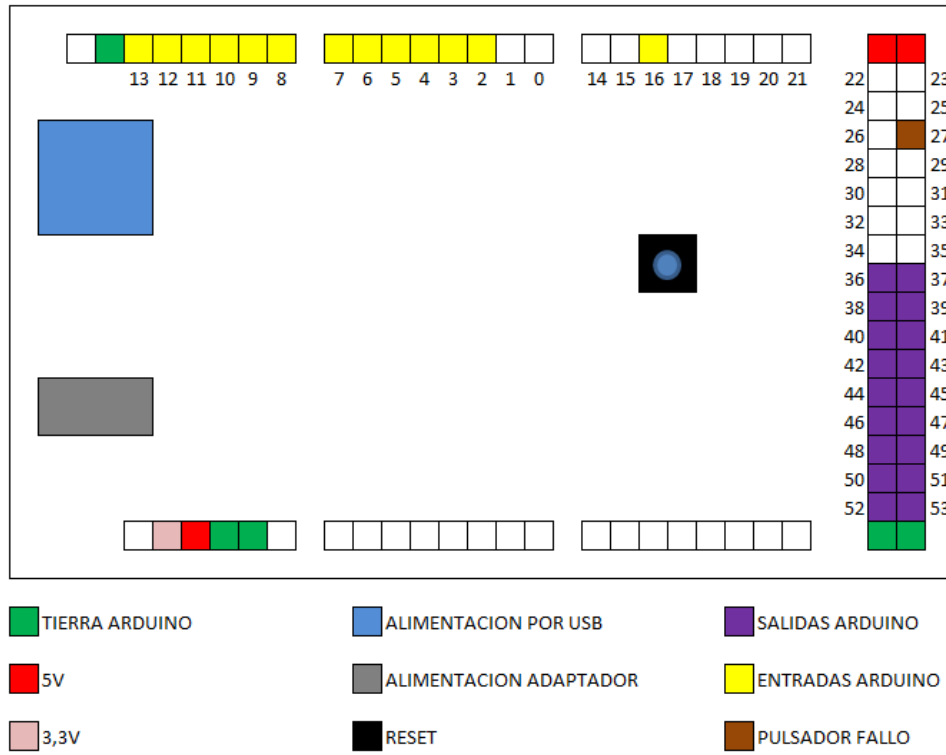


Fuente: www.arduino.cc

El Arduino Mega es una placa que dispone de 54 entradas/salidas digitales, 14 de las cuales pueden ser utilizadas como PWM (Modulación por ancho de pulsos), 16 entradas analógicas, entre otras. Esta placa es construida bajo el concepto de software libre y consta de un microcontrolador ATMEGA 2560. Puede ser alimentada por cable USB por medio del computador, que a su vez sirve como puerto de comunicación para descargar programas a la tarjeta, o por medio de un adaptador de alimentación externa con un rango de alimentación entre 7 V y 12 V. Se recomienda no alimentar la placa en ambos puertos, ya que se pueden producir daños severos a la placa.

En la figura 47 se muestra la un esquema general de la distribución de los pines utilizados en la placa Arduino para el proceso, se utilizan un total de 20 pines como salidas del Arduino simulando la activación de sensores y un total de 13 pines como variables de lectura simulando la activación de válvulas y motores .

Figura 47. Esquema general de distribución de pines



A continuación se muestran las especificaciones básicas de la placa Arduino:

Tabla 10. Especificaciones del Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560	
MicroControlador	ATMEGA 2560
Voltaje Operativo	5V
Voltaje de Entrada (Recomendado)	7 V - 12 V
Voltaje de Entrada (Límites)	6V - 20V
Pines E/S Digitales	54
Entradas Analógicas	14
Corriente por Pin (Máxima)	40mA
Memoria Flash	256 Kilobytes

Como se ha descrito anteriormente las señales del Arduino y el controlador funcionan de manera inversa, las entradas del autómata son salidas del Arduino y las salidas del autómata la placa las toma como variables de lectura. A continuación se muestra una lista detallada de que direccionamiento presentan los pines del Arduino utilizados.

Tabla 11. Lista de entradas de los pines del Arduino

# Pin	Descripción
2	Contactador 4
3	Contactador 1
4	Valvula de Aire
5	Contactador 2
6	Contactador 3
7	Encendido Arduino
8	Valvula de Embrague
9	Valvula de Freno
10	Ciclo Ajuste
11	Ciclo Carrera
12	Valvula de Grafito
13	Detector PMI
16	Ciclo Desplazamiento

Tabla 12. Lista de salidas de los pines del Arduino

# Pin	Descripción
36	Fusible Mecanico 2
37	Fusible Mecanico 1
38	
39	Punto Muerto Inferior
40	Final de Carrera Inferior
41	Cortina FotoElectrica
42	Ajuste Arriba
43	Dteccion desgaste de Freno
44	Punto Muerto Superior
45	Final de Carrera Superior
46	Guarda de Seguridad
47	Final de Carrera Inferior Respaldo
48	Ajuste Abajo
49	Final de Carrera Superior Respaldo
50	Nivel de Presión
51	Guarda Motor
52	Protección Termica
53	Motor OK

3.8 Tarjetas Integradas

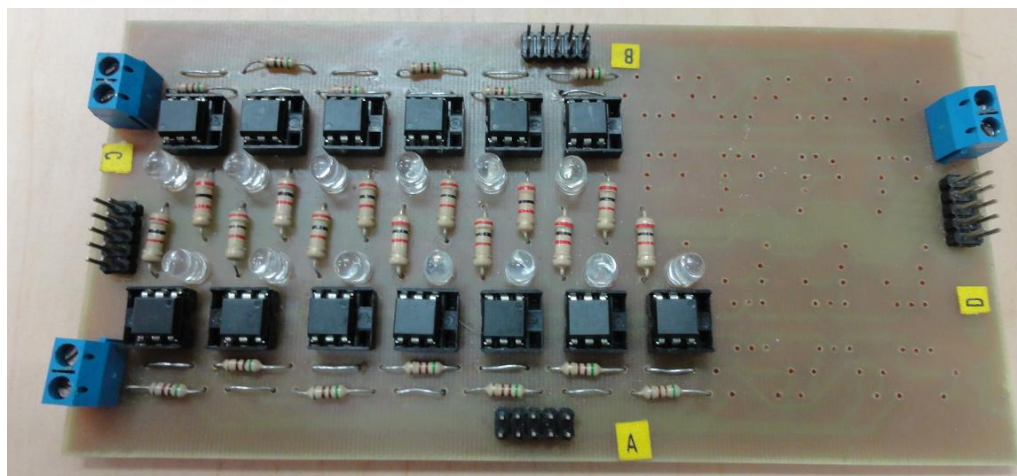
En el interior del banco emulador existen dos tarjetas integradas compuestas por optóacopladores 4N25, cuya finalidad es retroalimentar las señales entre el autómata programable y la placa Arduino, ya que ambos funcionan a tensiones de alimentación diferentes (24V y 5V respectivamente).

Se utilizaron dos tarjetas integradas, una para realizar la conversión de señales de salida del autómata (conversión 24V a 5V) para que puedan ser leídas como entradas al Arduino y otra para realizar la conversión de señales de salida del Arduino (conversión 5V a 24V) para que puedan ser leídas como entradas al autómata.

Ambas tarjetas presentan similitudes en el diseño, ambas presentan 20 puertos para los cuales se pueden realizar las conversiones, debido a que el número de salidas del autómatas es menor que el número de entradas la tarjeta de conversión de 24V a 5V solo presenta 13 puertos utilizados con optoacopladores 4N25, pero si se desea realizar ajustes en un futuro se pueden incorporar los 7 puertos restantes. Si desea los planos de las tarjetas y los esquemáticos ver anexo C.

En la figura 48 se muestra la tarjeta de conversión de 24V a 5V cada puerto consta de un led de alto brillo el cual se enciende cada vez que se active el optoacoplador, su diseño fue realizado de esta manera para comprobar que el optoacoplador funciona correctamente. La tarjeta está compuesta de la siguiente manera

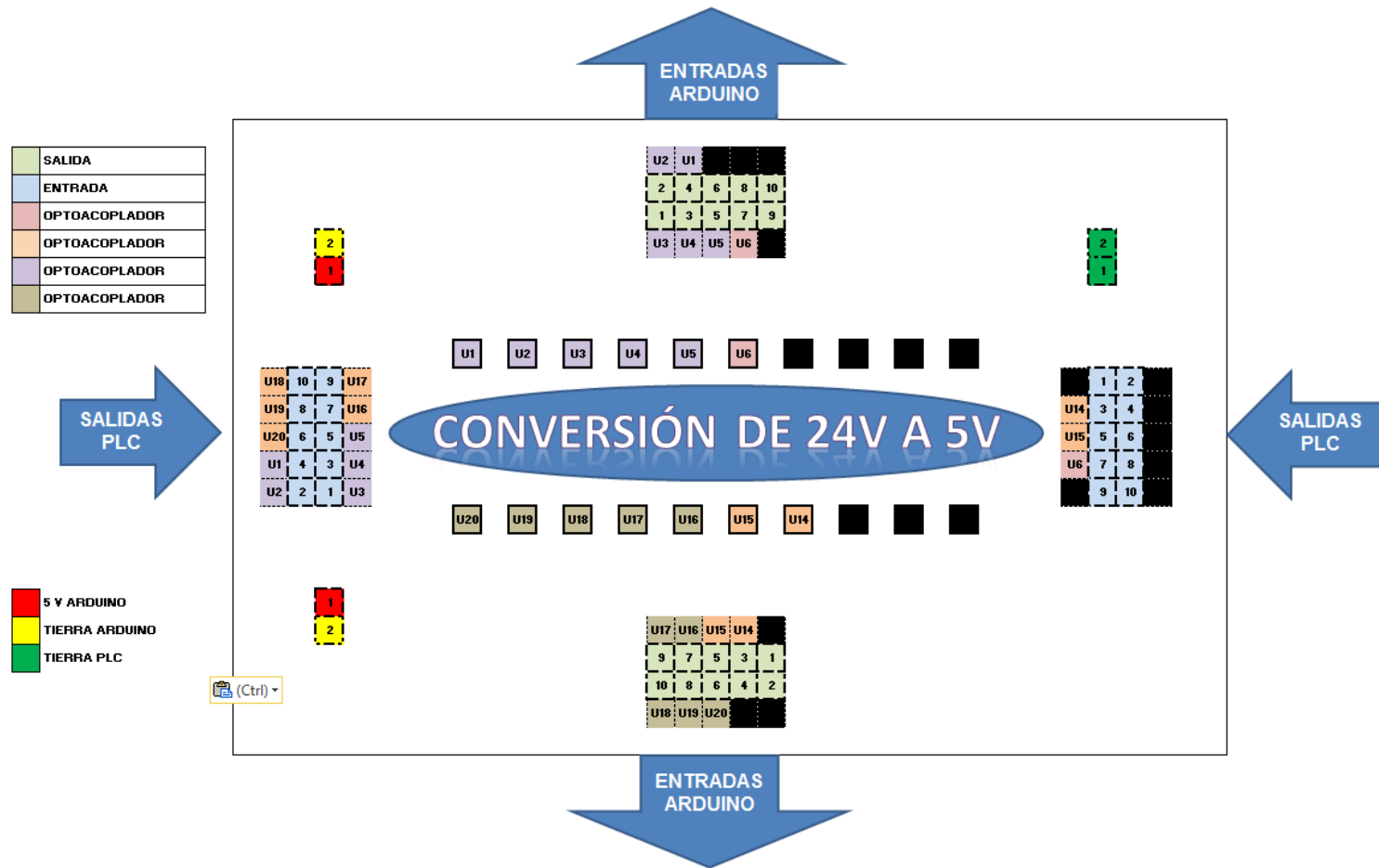
Figura 48. Tarjeta convertidora de 24 VDC a 5 VDC



1. Borneras de alimentación de 5V y tierra del Arduino.
2. Bornera de conexión tierra del autómatas
3. Regletas dobles de 20 pines, en los cuales se la alimentan los optoacopladores a 24V.
4. Regletas dobles de 20 pines, en los cuales salen las señales convertidas a 5V hacia la placa Arduino.

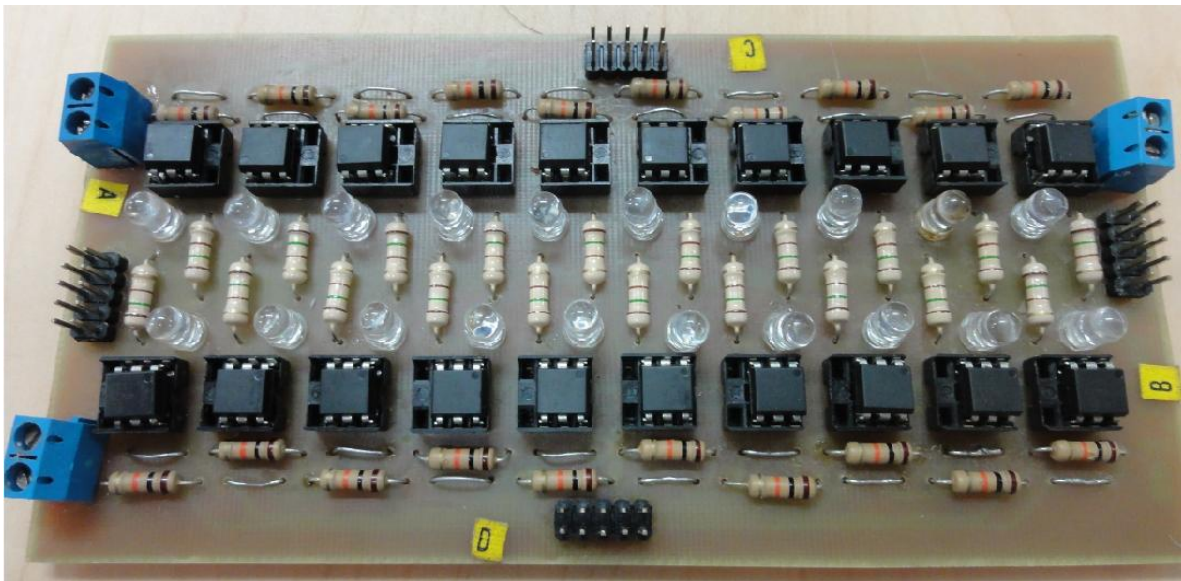
A continuación se muestra un esquema general en el cual se indica cómo deben ir las conexiones de la tarjeta:

Figura 49. Esquema general de conexiones de la tarjeta de conversión de 24V a 5V



En la figura 50 se muestra la tarjeta de conversión de 5V a 24V cada puerto consta de un led de alto brillo el cual se enciende cada vez que se active el optoacoplador, su diseño fue realizado de esta manera para comprobar que el optoacoplador funciona correctamente. La tarjeta está compuesta de la siguiente manera:

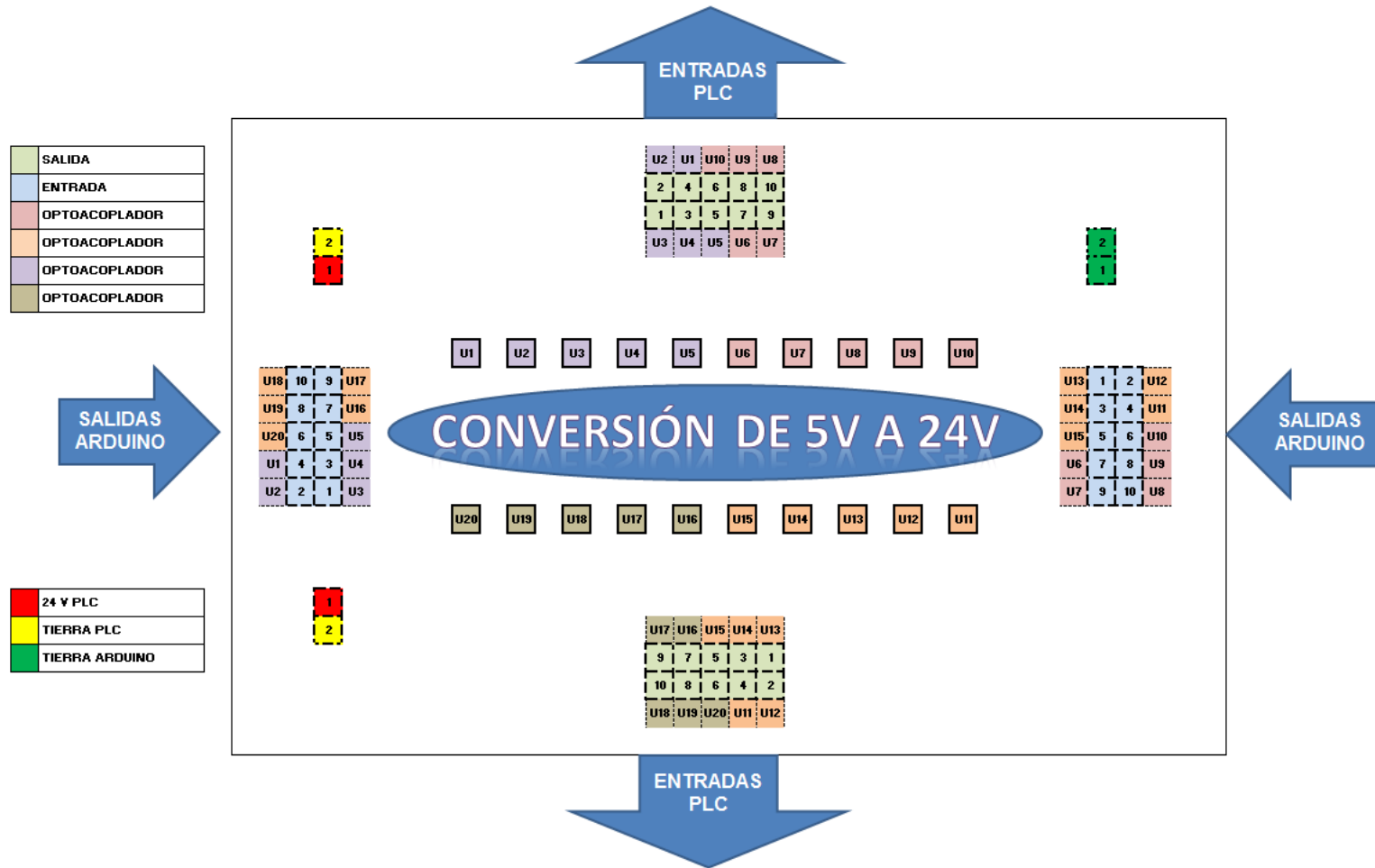
Figura 50. Tarjeta convertidora de 5VDC a 24VDC



5. Borneras de alimentación de 24V y tierra del controlador.
6. Bornera de conexión tierra de la placa Arduino.
7. Regletas dobles de 20 pines, en los cuales se la alimentan los optoacopladores a 5V.
8. Regletas dobles de 20 pines, en los cuales salen las señales convertidas a 24V hacia el controlador.

A continuación se muestra un esquema general en el cual se indica cómo deben ir las conexiones de la tarjeta.

Figura 51. Esquema general de conexiones de la tarjeta de conversión de 5V a 24V



En la figura 52 se muestra un optoacoplador de referencia 4N25, este es un componente formado por la unión de un diodo led y un fototransistor acoplados a través de un conducto de luz. Su principal función es aislar eléctricamente dispositivos sensibles. Se utilizaron en la creación de las tarjetas para proteger eléctricamente a los equipos utilizados en este banco emulador.

Figura 52 Optoacoplador



Fuente: www.tiendaelectronica.com.ve

3.9 Descripción del funcionamiento del banco emulador.

Los componentes del banco emulador de la prensa funcionan en conjunto, cada conjunto de instrucciones requiere la completa comunicación entre el panel de mando, el controlador FlexLogix 5433 y la placa Arduino.

Antes de dar inicio a la ejecución de la programación debe definirse bajo que parámetros de falla se desea que funcione la prensa por medio de un switch que se encuentra ubicado al lado izquierdo de la prensa. Presenta dos modos de Operación normal u Operación con fallas, cada vez que se desee cambiar el modo de operación se recomienda apagar todo el sistema y volverlo a encender para evitar errores en el funcionamiento del mismo.

Básicamente el sistema de funcionamiento entre los dos modos de operación es el mismo, la única diferencia es cuando se opere la prensa con fallas, la máquina o placa Arduino aleatoriamente desactivara los elementos de la prensa asumiendo que estos se encuentran fallando, por lo que el proceso se suspenderá automáticamente.

Los pasos para realizar la operación de la prensa son los siguientes:

1. Determinar el modo de operación de la prensa (Normal – Con Fallas)
2. Asegurarse que las llaves de posición se encuentre en posición de apagado.
3. Encender el sistema de Control.
4. Encender el motor principal (Esperar que se activen los contactores 1 y 2).
5. Determinar cuál tipo de procedimiento se va a realizar en la llave de posición 1 (Ajuste – Carrera – Desplazamiento). Luego de terminar el proceso se puede mover a otro y lo realizara de manera normal.
6. Si la máquina se encuentra en proceso de Carrera determinar en la llave de posición 2 el tipo de operación (Manual – Automático – Apagado).
7. Apagar motor principal (Solo cuando se desee).
8. Apagar Sistema de control (Solo cuando se desee o el proceso entre en falla).

4. BANCO DE VAGONETAS

Figura 53. Banco de vagonetas



Objetivo del banco: Diseñar y programar procesos secuenciales, solucionar problemas planteados previamente por medio de la asignatura autómatas programables y simular fallos que se puedan presentar en dichos procesos.

4.1. Descripción.

El objeto construido está conformado por un sistema compuesto por dos vagonetas y una banda transportadora, integrados por una estructura de soporte y un panel de mando que funciona como interfaz HMI. La funcionalidad de las vagonetas es realizar una secuencia de trabajo determinada por 4 pulsadores ubicados en el panel de

mando, la vagoneta principal cuenta con un sistema de volteo y tiene la alternativa de funcionar más rápido o más lento en comparación con la vagoneta secundaria.

Tres motoredutores se encargan de transmitir el movimiento a las vagonetas y de la banda y estos son operados por medio de una tarjeta controladora. Además el banco cuenta con una fuente interna de 12 Voltios que es la encargada de proporcionar la tensión necesaria para el funcionamiento de los motores.

Todo el conjunto es conectado al controlador FlexLogix 5433 por medio de un cable estandarizado cuyas especificaciones se darán más adelante, la principal ventaja de utilizar este tipo de conexiones es que el banco podría manejarse tanto para autómatas Allen Bradley como para autómatas Siemens.

4.2 Componentes del banco.

4.2.1 Estructura de soporte.

La estructura de soporte fue realizada con perfiles de aluminio arquitectónico, debido a su facilidad de construcción, resistencia a la corrosión y su peso ligero. Estos perfiles son empalmados por codos de unión de aluminio fundido, al igual que las vagonetas, soportes de las poleas y motores. Las dimensiones externas del banco son las siguientes:

Largo:	790 mm.
Ancho:	790 mm.
Alto:	180 mm.

4.2.2 Actuadores.

En este banco se utilizaron tres motoredutores de corriente directa a 12V como elementos motrices de las vagonetas y la banda transportadora. Como parámetros de selección se tuvo en cuenta la velocidad lineal, el torque necesario y la facilidad de control o inversión de giro. Por medio de la tarjeta de control el motor de la vagoneta principal funciona a una tensión de 6V como velocidad mínima y una tensión de 12V como velocidad máxima, mientras que el motor de la vagoneta secundaria funciona a una tensión de 9V.

Para las vagonetas se utilizaron dos motores “*MOLON*” de referencia CEM 1210 – 1M con las siguientes especificaciones:

Figura 54. Motor Vagonetas



Fuente: www.molon.com

Tabla 13. Características Motor Vagonetas

MOTOR MOLON	
Modelo	CEM 1210-1M
RPM	10
Torque	100 lb-pulg
Corriente	2,60 amps
Voltaje	12 VDC
Dimensiones	4,7" x 2,75" x 3,51"

Para la banda transportadora se utilizó un motor "DAYTON" de referencia 2L008, tomando como principal característica su selección el diámetro exterior del rodillo tractor, las especificaciones del motor son las siguientes:

Figura 55. Motor Banda transportadora



Fuente: www.grainger.com

Tabla 14. Motor Banda transportadora

MOTOR DAYTON	
Modelo	2L008
RPM	12,5
Torque	40 lb-pulg
Corriente	1,20 amps
Voltaje	12 VDC
Dimensiones	3" x 2,75" x 3,15"

4.2.3 Sensores

Figura 56. Final de carrera mecánico



Fuente: www.peoplelectrics.com

Se utilizaron finales de carreras mecánicos para la detección de la posición final de las vagonetas, en cada extremo se colocaron dos de estos, siendo los últimos sensores de respaldos y su principal función es servir como sensores de protección de las vagonetas en caso tal de que el estudiante tenga una programación errónea, evitando así que ocurran choques entre las vagonetas y la estructura de soporte, además estos sensores de respaldo permiten simular fallos en los finales de carrera o en la comunicación de estos con el autómata.

Figura 57. Sensor Inductivo



PR18-5DP

Fuente: www.vignola.cl

Para la detección de la posición de los objetos (Derecha, Centro e Izquierda) en la banda transportadora se utilizaron tres sensores inductivos “AUTOMATICS” de referencia PR18-8DP, con las siguientes características:

Tabla 15. Características sensor inductivo

Dígito	Catálogo	Voltaje	Tipo	Frec. (Hz)	Alcance (mm)	Diámetro (mm)
0107426-1	PR12-2DP	10-30 VDC	PNP (NA)	800	2	12
0107427-K	PR12-4DP	10-30 VDC	PNP (NA)	400	4	12
0107428-8	PR18-5DP	10-30 VDC	PNP (NA)	350	5	18
0107429-6	PR18-8DP	10-30 VDC	PNP (NA)	200	8	18
0107430-K	PR30-10DP	10-30 VDC	PNP (NA)	250	10	30
0107431-8	PR30-15DP	10-30 VDC	PNP (NA)	100	15	30

4.2.4 Fuente de alimentación

Figura 58. Fuente de poder 12VDC



Fuente: www.electronicasdc.com

El banco cuenta con una fuente de alimentación externa para el suministro de energía de los motores, las características principales de la fuente de poder son las siguientes:

Tabla 16. Características fuente de poder 12VDC

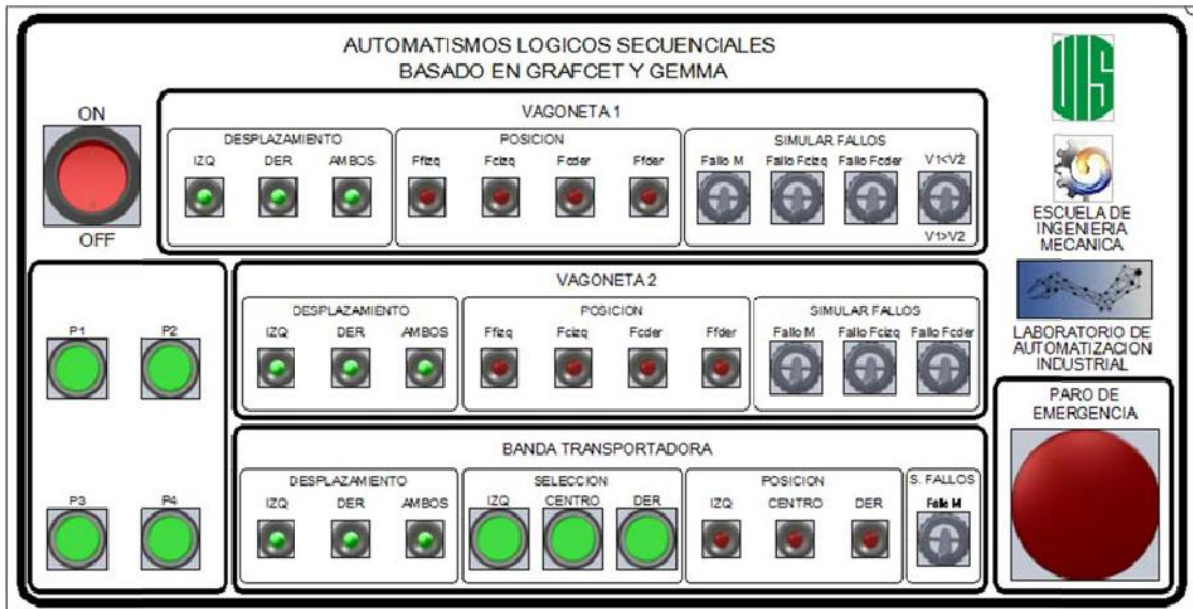
Fabricante	Mean Well
Modelo	NES 75-12
Categoría del producto	Suministro de Energía linear
RoHS	No
Potencia de Salida	74 W
Voltaje de Entrada	120 VDC
Numero de Salidas	1
Voltaje de Salida	12 VDC
Corriente de Salida	6,2 A
Tipo de Salida	DC

4.3 Sistema de Control del Banco de Aprendizaje

4.3.1 Panel de Control

El panel de mando se encuentra ubicado en la parte superior del banco para facilitar la visualización de las vagonetas y la banda transportadora mientras se está operando. Está constituido por pulsadores que son los encargados de enviar las órdenes para el inicio de las secuencias de los respectivos motores, leds de visualización los cuales permiten indicar al operario en qué sentido se están desplazando los motores o cual sensor está activado y por ultimo posee switches para la simulación de fallos de los distintos elementos por lo que está compuesto el sistema (Motores, Finales de carrera). Además el banco cuenta con su respectivo sistema de encendido para la fuente de 12VDC, un botón de parada de emergencia en caso tal de que se presente cualquier inconveniente con los elementos y un switch para determinar a qué velocidad desee que trabaje el motor principal, la distribución de los elementos del panel de control se muestra a continuación:

Figura 59. Panel de control

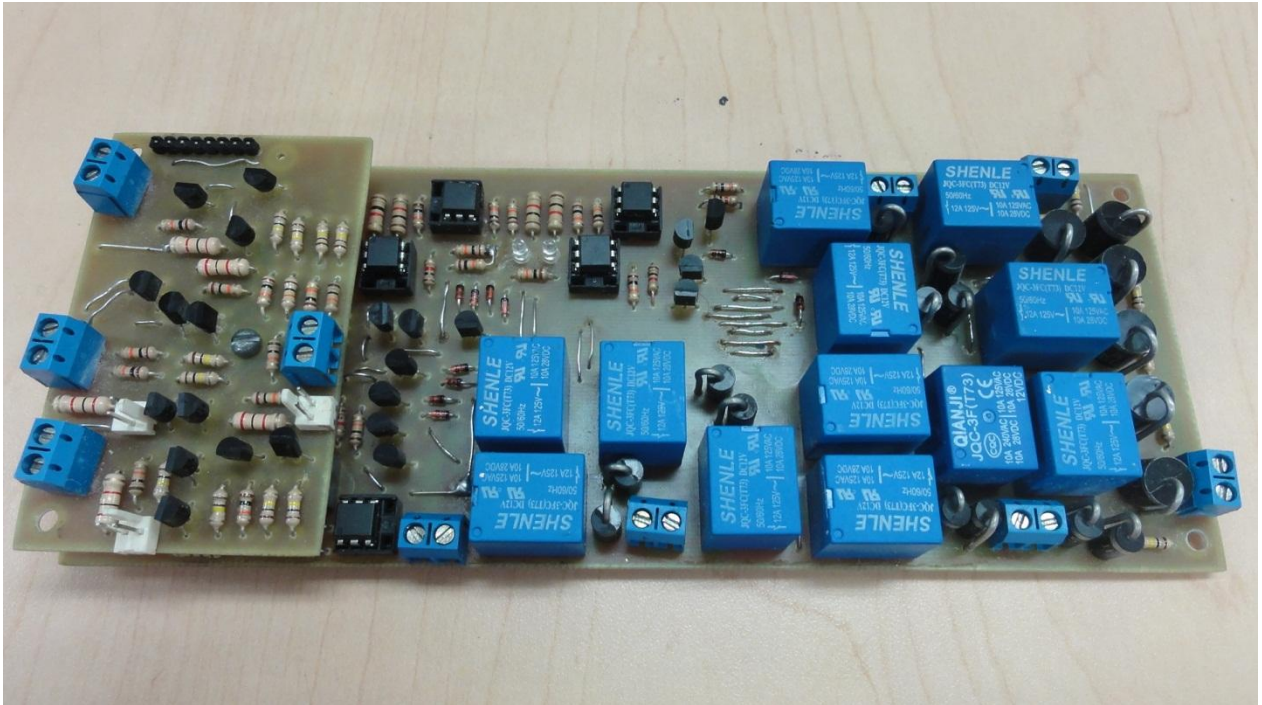


Fuente: Proyecto: "Objeto de aprendizaje para el diseño de automatismos lógicos basado en GRAFCET"

El panel de control está distribuido en tres subconjuntos con los componentes respectivos a cada sistema, cada subconjunto presenta sus leds de visualización indicando el desplazamiento de esta, leds de activación de los respectivos sensores y switch para la simulación de fallos del sistema.

4.3.2 Tarjeta de Control

Figura 60. Tarjeta de control del banco de vagonetas



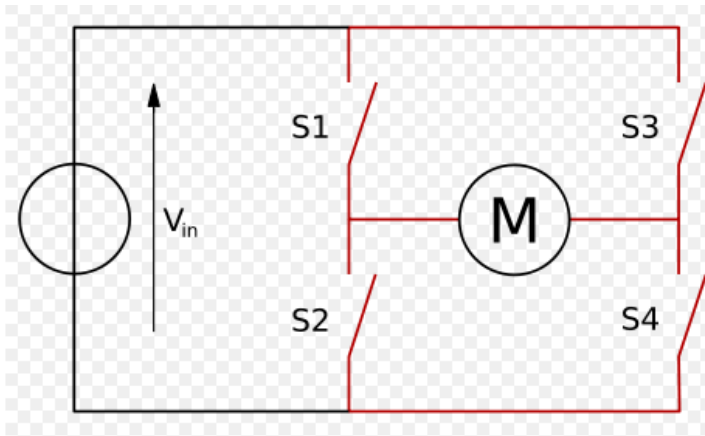
4.3.2.1 Descripción

La tarjeta de control es la encargada de hacer mover los motores en sentido derecho o izquierdo, dependiendo de las condiciones de entrada a esta provenientes del controlador. En su interior presenta leds de visualización que indican si está si cada orden de salida de cada motor funciona correctamente.

Para el funcionamiento de cada motor la tarjeta está compuesta por cuatro relés, que realizan básicamente el comportamiento de un puente H el cual es un circuito electrónico que permite a motores eléctricos de corriente directa girar en ambos

sentidos, avance y retroceso. El esquema general de un puente H se muestra a continuación:

Figura 61. Esquema general de un puente H



Fuente: www.wikipedia.com

Al activarse dos relés el circuito permite el flujo de corriente en una dirección o en otra, en el caso de la tarjeta esta recibe dos señales de entradas provenientes del autómata, dependiendo de la dirección que se programe para que el motor gire. En la tabla a continuación se muestra la relación entre las señales de salida del autómata o entradas a la tarjeta y las ordenes de salida de la tarjeta a los motores:

Tabla 17. Relación entre entradas y salidas de la tarjeta

Entrada 1	Entrada 2	Sentido de Giro	Orden de Salida
Bajo	Bajo	Ninguno	Ninguna
Bajo	Alto	Izquierda	Izquierda
Alto	Bajo	Derecha	Derecha
Alto	Alto	Ninguno	Alarma

Como podemos observar en la tabla 16, al activarse las dos entradas de los sentidos de giro de la tarjeta esta no procesa ninguna acción y genera una alarma avisándole al

operario que está ocurriendo este evento, todo esto se puede por medio del uso una instrucción NAND, evitando así que se produzca un corto circuito protegiendo los elementos utilizados en el banco.

4.3.2.3 Componentes

A continuación se dará una breve descripción de los elementos que posee la tarjeta de control y se explicara cuál es su función en la tarjeta integrada.

Relés

Figura 62. Relé de 12 VDC



Fuente: www.elrafelr.com

Un relé es un dispositivo electromecánico el cual funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que por medio de una bobina y un electroimán, se accionan unos contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos.

Transistor BJT

Figura 63. Transistor BJT



Fuente: www.trabajoselectronica.blogspot.com

El transistor de unión bipolar BJT es un dispositivo en estado sólido consistente en dos uniones PN, los cuales permiten controlar el paso de corriente a través de sus terminales

Diodo de Potencia

Figura 64. Diodo de potencia



Fuente: www.shoptronica.com

Son dispositivos unidireccionales, no pueden circular la corriente en el sentido contrario a la conducción, su principal función en el control es invertir el voltaje entre el cátodo y el ánodo. Estos se caracterizan porque en estado de conducción pueden soportar altas intensidades con pequeñas caídas de tensión.

Diodo de Switcheo rápido

Figura 65. Diodo de Switcheo rápido



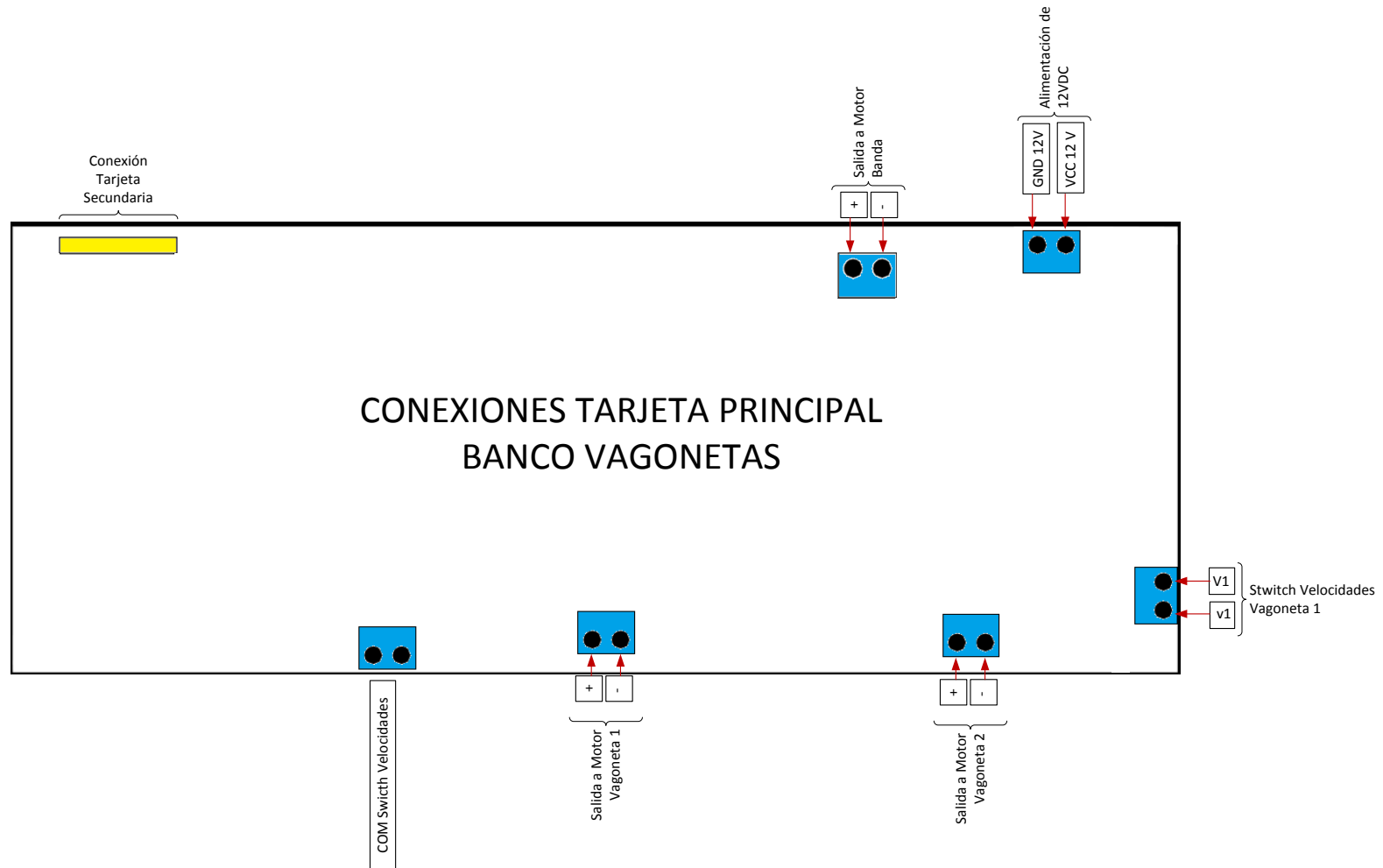
Fuente: www.carrodelectronica.com

Es un dispositivo semiconductor que proporciona conmutaciones muy rápidas entre los estados de conducción directa e inversa y muy bajas tensiones en el umbral. La alta velocidad de conmutación permite rectificar señales de muy alta frecuencia y eliminar excesos de corriente en circuitos de alta intensidad.

4.3.2.4 Conexiones

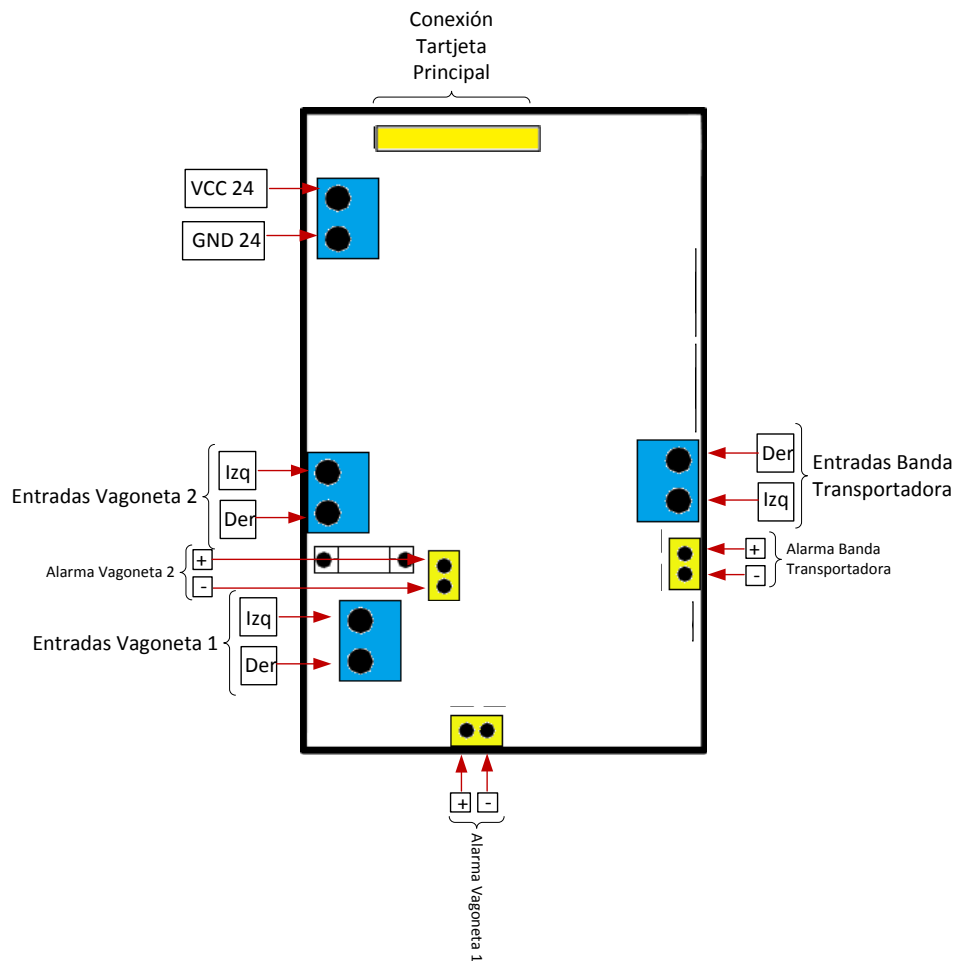
La tarjeta de control está compuesta por dos tarjetas, una principal alimentada a 12VCC, la cual es la encargada de ejecutar el circuito de relés para controlar el sentido de giro de los motores, controlar el cambio de velocidad del motor de la vagoneta principal y generar las ordenes de salida a los motores, su composición se muestra a en la figura a continuación con sus respectivas indicaciones de cómo se deben conectar correctamente los cables de alimentación.

Figura 66. Esquema general de la tarjeta principal con conexiones



La tarjeta secundaria es la encargada de captar las señales provenientes del autómata, por ende es alimentada por una tensión de 24VCC. Su función es que al recibir la orden de salida del controlador esta envía la señal a la tarjeta principal por medio del conector de pines ubicado en la parte superior izquierda, además es la encargada de general el estado de alarma en caso de que se activen ambos sentidos de cualquiera de los tres motores. Su composición se muestra a en la figura a continuación con sus respectivas indicaciones de cómo se deben conectar correctamente los cables de alimentación.

Figura 67. Esquema general de la tarjeta secundaria con conexiones



4.4 Cableado

Otro aporte fundamental realizado para el banco de las vagonetas es el cableado, este se realizó de manera organizada por medio de borneras de 12 pines, en los cuales se conectan por separados los elementos facilitando así en caso de cualquier falla de las conexiones detectar fácilmente donde se encuentra. También es de gran ayuda cuando se desee cambiar alguno de los componentes del banco solo se deben cambiar las conexiones respectivas a este elemento. Al tener un cableado estructurado y organizado facilita labores de mantenimiento del banco, a continuación se muestran los esquemas de las borneras con sus respectivas conexiones.

Figura 68. Conexiones de la bornera para motores

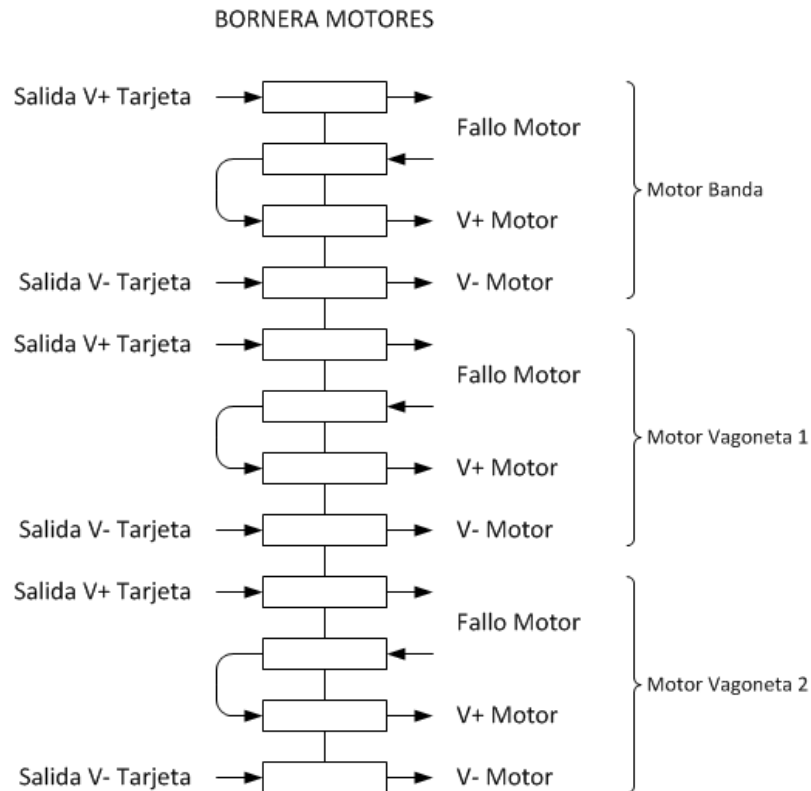


Figura 69. Conexiones para bornera de finales de carrera de respaldo

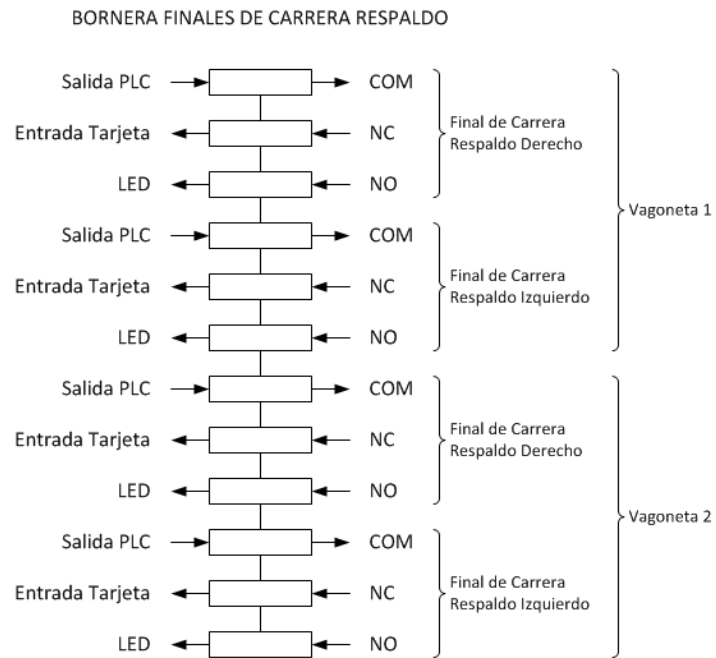
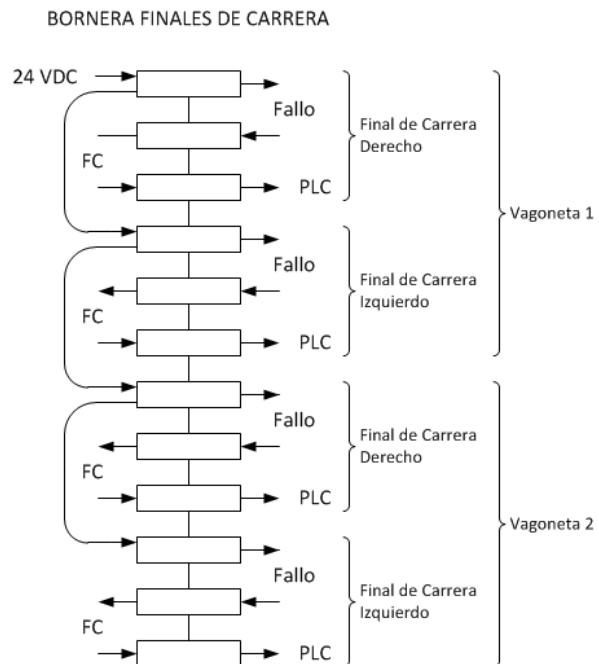


Figura 70. Conexiones para bornera de finales de carrera



4.5 Direccionamiento

Al igual que el banco emulador de la prensa de 500 toneladas el banco de vagonetas se comunica con el autómata por medio de un cable estandarizado de acuerdo a las aplicaciones del laboratorio. Facilitando así la comunicación de las aplicaciones al controlador, la especificación de las conexiones de cable se encuentran en la figura 45.

El banco de vagonetas cuenta con un total de 6 salidas digitales direccionadas a cada sentido de giro de los 3 motores y 14 entradas digitales compuestas por 7 pulsadores, 4 finales de carrera mecánicos y 3 sensores inductivos. A continuación se muestra el direccionamiento respectivo de cada elemento en el controlador para su correcta programación.

Figura 71. Lista de entradas al controlador del banco de vagonetas

Direccion	Descripción	Símbolo
Local: 1:I.3	Pulsador 1	P1
Local: 1:I.1	Pulsador 2	P2
Local: 1:I.0	Pulsador 3	P3
Local: 1:I.2	Pulsador 4	P4
Local: 1:I.4	Pulsador Banda Izquierda	PBI
Local: 1:I.5	Pulsador Banda Centro	PBC
Local: 1:I.6	Pulsador Banda Derecha	PBD
Local: 1:I.13	Final de Carrera Vagoneta 1 Derecha	FC1D
Local: 1:I.10	Final de Carrera Vagoneta 1 Izquierda	FC1I
Local: 1:I.8	Final de Carrera Vagoneta 2 Derecha	FC2D
Local: 1:I.9	Final de Carrera Vagoneta 2 Izquierda	FC2I
Local: 1:I.12	Sensor Inductivo Izquierda	S1
Local: 1:I.11	Sensor Inductivo Centro	S2
Local: 1:I.14	Sensor Inductivo Derecha	S3

Figura 72. Lista de salidas del controlador al banco de vagonetas

Direccion	Descripción	Símbolo
Local: 0:O.2	Motor Vagoneta 1 Derecha	M1D
Local: 0:O.3	Motor Vagoneta 1 Izquierda	M1I
Local: 0:O.0	Motor Vagoneta 2 Derecha	M2D
Local: 0:O.1	Motor Vagoneta 2 Izquierda	M2I
Local: 0:O.4	Motor Banda Derecha	MBD
Local: 0:O.6	Motor Banda Izquierda	MBI

5. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO “FLEXLOGIX 5433 – ALLEN BRADLEY”.

El principal objetivo en el desarrollo de este manual, es brindar a los estudiantes una guía práctica y de fácil comprensión sobre el manejo de autómatas FlexLogix de la casa fabricante Allen Bradley. Está dirigido a estudiantes con poco conocimiento en el manejo de estos, por lo que se recomienda comprender muy bien el contenido de sus capítulos antes de manipular el controlador.

Los estudiantes al guiarse con este manual contribuyen a su perfil profesional, teniendo un mayor campo de acción al adquirir el título de ingeniero mecánico, ya que este tipo de autómatas son altamente utilizados en la industria petrolera, la cual se encuentra en la actualidad implementando constantemente sistemas automatizados en sus procesos de producción en el país. Contribuyendo así a el principal objetivo de este proyecto.

A continuación se presenta el arreglo temático en el cual fue desarrollado este manual, clasificando los aspectos de tipo estructural y conceptual, además se define específicamente cual es el objetivo de cada capítulo para así brindar un enfoque general al estudiar cada uno de estos.

5.1 Capítulo 1: Controlador FlexLogix.

Objetivo: Conocer las características, componentes, conexiones y todos lo referente al entorno FlexLogix.

Contenido:

¿Qué es FlexLogix?

Cálculo del uso de la memoria.

Determinación de requisitos de conexiones totales.

Dimensiones del Controlador.

Instalación del Controlador.

Sistema Flex I/O.

Cableado de los módulos.

5.2 Capítulo 2: Comunicación del autómeta con el computador.

Objetivo: Conocer la forma de comunicar correctamente el controlador con el computador por medio del software RSLinx.

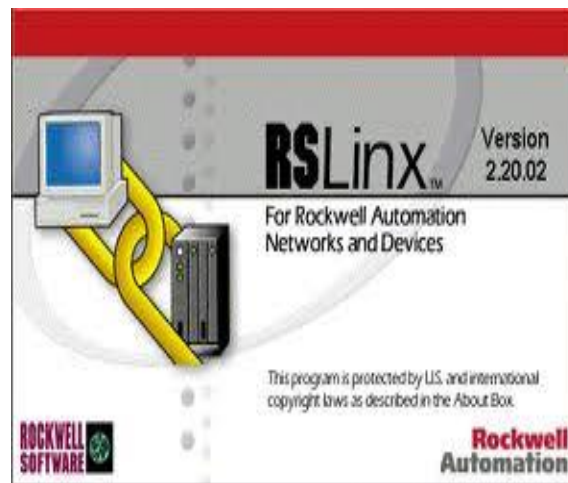
Contenido:

Comunicación del controlador con el computador

Herramienta RsWho

Actualización del firmware del controlador.

Figura 73. Software RSLinx



Fuente: www.Rockwell automation.com

5.3 Capítulo 3: Software RsLogix 5000.

Objetivo: Conocer el funcionamiento detallado de cómo utilizar, programar, comunicar, descargar programas al controlador por medio del software RSLogix 5000.

Contenido:

Abrir el software RSLogix 5000.

Creación de un nuevo proyecto.

Creación de tareas, programas y rutinas.

Organización de Tags.

Configuración de módulos.

Descargar programas. (Falta)

Figura 74. Software RSLogix5000



Fuente: www.Rockwell automation.com

5.4 Capitulo 4: Lenguaje de Lógica escalera (LADDER).

Objetivo: Conocer la estructura de programación del lenguaje de lógica escalera y conocer detalladamente cuales son las instrucciones que el lenguaje utiliza y como se programan.

Contenido:

Introducción

Instrucciones de Lógica Escalera.

5.5 Capitulo 5: Diagrama de Bloques de Funciones (FB).

Objetivo: Conocer la estructura de programación del lenguaje de diagrama de bloque de funciones y conocer detalladamente cuales son las instrucciones que el lenguaje utiliza y como se programan, además se explica la analogía con las instrucciones de lógica escalera.

Contenido:

Introducción

Instrucciones del diagrama de bloques de funciones

5.6 Capitulo 6: Texto Estructurado (ST).

Objetivo: Conocer la estructura de programación del lenguaje de texto estructurado y conocer detalladamente sus componentes de programación.

Contenido:

Introducción.

Asignaciones

Expresiones.

Instrucciones.

Construcciones.

Comentarios.

5.7 Capítulo 7: Lenguaje de Diagrama de funciones secuenciales (SFC).

Objetivo: Conocer la estructura de programación del lenguaje de Diagrama de funciones secuenciales y conocer detalladamente sus componentes de programación.

Contenido:

Introducción

Diseño de un diagrama de funciones secuenciales.

Programación de un diagrama de funciones secuenciales.

CONCLUSIONES

Se cumple con la totalidad de los objetivos planteados en el presente trabajo de grado, realizando un aporte académico a las materias autómatas programables, sistemas Mecatrónicos y electricidad y electrónica.

Se logró la emulación de un proceso real en un 90% mediante el uso de la placa Arduino Mega 2560, el porcentaje faltante se debe a que al realizar el banco emulador se basó como principal parámetro que la cantidad de entradas y salidas fuese la misma que en el proceso real realizado, creando limitaciones en las condiciones de la placa Arduino para la realización del proceso.

Se construyeron tarjetas electrónicas que permitieron una comunicación óptima entre el controlador y la placa Arduino, brindando además protección a ambos equipos en caso de una sobrecarga eléctrica por medio del uso de optoacopladores.

Se realizó un rediseño en la estructura de control del banco de vagonetas cumpliendo con los requisitos de potencia que requiere el sistema, se realizó un cableado estructurado facilitando labores de mantenimiento y una correcta conexión de todos los elementos.

Se realizó el diseño y elaboración de un manual teórico estructurado con el fin de dar soporte a los estudiantes sobre la conexión, comunicación y programación de los controladores FlexLogix 5433 de la empresa fabricante Allen Bradley.

RECOMENDACIONES

Se recomienda para un correcto desempeño de los autómatas Allen Bradley seguir el manual de usuario en el orden estructurado antes de proceder a utilizar las aplicaciones, evitando manejos inadecuados de los equipos y los bancos emuladores.

Se recomienda para la alimentación de la placa Arduino, no alimentarla por los dos puertos de conexión debido a posibles fallos en el emulador. La conexión por USB no brinda la corriente necesaria para el funcionamiento del banco emulador, por lo que se recomienda utilizar el adaptador externo. Se recomienda SOLO el uso del cable USB en el caso de cargar un nuevo programa al Arduino y cerciorarse de que NO se encuentre conectado el cable adaptador.

En el caso del banco emulador de la prensa, se recomienda tener un tiempo de espera después de realizar alguna acción debido a que cada elemento (Autómata, Arduino) presenta una programación independiente, generando un retardo en algunos casos de los procesos a emular.

El banco de vagonetas se puede acoplar con otras aplicaciones existentes en el laboratorio de automatización industrial, por ejemplo el robot cartesiano aumentando la versatilidad que este pueda desarrollar, posteriormente se pueden implementar sistemas que permitan la carga y descarga de los elementos que transporten las vagonetas o la banda transportadora.

Como posterior desarrollo con los autómatas Allen Bradley se pueden crear objetos de aprendizaje implementando SCADA (Sistema de adquisición de datos) por medio del software RSView generando una mejor dinámica en el manejo de bancos didácticos.

BIBLIOGRAFIA

- CALVETE MARTINEZ, Edwin Alexander, PARRA ORTIZ, Giovani Arturo, Automatización de una prensa de 500 toneladas para forja en caliente en la empresa FORCOL S.A.S. 2011. Universidad Industrial de Santander.
- MARTIN MORENO, Cristian Orlando, SIERRA BUENO, José Antonio, Objeto de aprendizaje para el diseño de automatismos lógicos secuenciales basado en GRAFCET. Diseño y Construcción. 2011. Universidad Industrial de Santander.
- MENESES FLORES, Jorge Enrique “Autómatas programables industriales” Universidad Industrial de Santander.
- ROCKWELL AUTOMATION, Publicación 1756-rm003K-ES-P Instrucciones generales de los controladores Logix5000.
- ROCKWELL AUTOMATION, Publicación 1756-pm001E-Es-P Procedimientos comunes de los controladores Logix5000.
- ROCKWELL AUTOMATION, Publicación 1794-um001-ES-P Manual de usuario sistema FLEXLOGIX (1794 L33 – 1794 L34).

ANEXOS

ANEXO A: SISTEMAS AUTOMATIZADOS

SISTEMAS AUTOMATIZADOS

Se entiende que un sistema autómatas es aquel realizado por una maquina (o maquinas), de un proceso o diferentes procesos secuenciales programados para cumplir con la finalidad requerida. Queriendo tener la menor intervención de la mano humana posible.

Autómatas programables

Un autómatas programable es un sistema secuencial diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente industrial procesos secuenciales.

Historia de los sistemas automatizados

La necesidad de bajar los tiempos de producción y mejorar los estándares de calidad fue una de las principales causas del desarrollo de los autómatas programables y de la automatización de procesos industriales.

Los primeros sistemas de producción eran controlados por medio de relés y lógica cableada. Buscando un mayor desempeño, se fue mejorando estos procesos y ayudados con las nuevas tecnologías como los microcontroladores y los microprocesadores se fue haciendo más eficiente estos procesos dando como resultado: comunicación con los ordenadores, posibilidad de utilizar redes de comunicación, reducción de las dimensiones, altas velocidades de respuesta, mayor seguridad de funcionamiento, etc.

En la actualidad hay un gran número de autómatas que permiten mejorar cualquier proceso industrial, desde el más pequeño y compacto hasta los más complejos utilizando una red de autómatas.

Aplicaciones

Hay un gran número de aplicaciones de los autómatas programables, a continuación se van a enumerar algunos de los más emblemáticos.

- Automóviles:



- Trafico: regulación y control



- Alimentos.



ANEXO B. FICHAS TECNICAS

Figura 75. Ficha Técnica PLC FlexLogix 5433

Datos técnicos–FlexLogix

Total máx. de E/S	Se recomiendan 256	
Tiempo de actualización de E/S	Escán del programa + escán de E/S locales + escán de E/S remotas (ControlNet) (los 4 escanes ocurren en serie) <ul style="list-style-type: none"> • Escán del programa • Escán de E/S locales de procesador residente • Escán extendido de E/S locales • Escán de E/S en lugares remotos (ControlNet) 	
Escán del programa	Instrucciones de 0.08 ms/K	
Escán de E/S locales	<ul style="list-style-type: none"> • E/S locales de procesador residente: 2 a 5 ms • E/S locales extendidas: 2 a 5ms 	
Tiempo de escán de E/S remotas/chasis	• ControlNet: 2 ms (con 8 palabras de entrada y 8 palabras de salida)	
Peso	0.71 kg (1.56 lbs) (1794-L33)	0.75 kg (1.66 lbs) (1794-L34)–sin tarjetas de red
Temp. ambiente (funcionamiento)	0 a 60°C (32 a 140°F)	
Humedad de funcionamiento	5 a 95% sin condensación	
Normas y certificaciones	UL, CE, CSA	
Voltaje de entrada	Nominal:	24 VCC
	Rango:	19.2 V a 31.2 VCC (incluye fluctuación de CA del 5%)
Corriente de entrada	1.33 A máximo a 19.2 V 0.85 A máximo a 24 V	
Potencia de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • 25.5 W máximo a 19.2 V • 20.4 W máximo a 24 V 	
Salida de corriente del backplane	Total para los módulos de E/S y tarjetas de comunicación: <ul style="list-style-type: none"> • 1900 mA máximo a 5.1 V 	
Choque	En funcionamiento:	pico 30 g durante 11 ms
	Almacenamiento:	pico 50 g durante 11 ms
Vibración	• 5 g a 10 a 500 Hz según IEC 68-2-6	

Modelos FlexLogix

Item	No. de catálogo	Descripción
Controlador FlexLogix	1794-L33	FlexLogix 5433 con 64 Kbytes de memoria fija
	1794-L34	FlexLogix 5434 con 512 Kbytes de memoria fija
Comunicaciones	1788-CNC	Tarjeta de comunicación ControlNet
	1788-CNCR	Tarjeta de comunicación ControlNet con medios físicos redundantes
Software de comunicación	9324-RLD3000ENE	Software de programación RSLogix 5000 estándar
	9324-RDCNTENE	Software de programación RSLogix 5000 y RSNetWorx para ControlNet
Fuente de alim. eléc.	1794-PS1 o PS13	Fuente de alimentación eléctrica – 24 VCCX
Batería	1756-BA1 (PROMARK Electronics 94194801)	0.59 g de litio
Adaptadores de comunicación FLEX	1794-ACN15/C	Adaptador ControlNet de 24 VCC
	1794-ACN15R/C	Medios físicos redundantes ControlNet de 24 VCC
Módulos FLEX I/O	Para obtener más detalles acerca de todos los módulos FLEX I/O disponibles, por favor vea la publicación no. 1794-1.17. Tenga presente que los siguientes módulos FLEX I/O NO son compatibles con FlexLogix — 1794-IR8, 1794-VHSC, 1794-E4, 1794-IT8, 1794-ID2, Flex Integra y módulos de otros suministradores.	
Adaptador de comunicación FLEX Ex *	1797-ACN15R	Adaptador de medios físicos redundantes ControlNet
Módulos de FLEX Ex I/O *	Para obtener más detalles acerca de todos los módulos FLEX I/O disponibles, por favor vea la publicación no. 1794-1.17.	
Ventas	Logix-BR001A-EN-P	El folleto publicitario Logix proporciona una descripción general de las ventajas de seleccionar Logix para el control
Publicaciones	1794-SG001A-EN-P	La guía de selección FlexLogix le ayudará a seleccionar correctamente los componentes necesarios para diseñar su sistema FlexLogix
	1756-CD	El CD promocional ControlLogix contiene todos los documentos publicitarios y técnicos actuales para ControlLogix
	1794	Perfil del producto FLEX I/O
	1797	Perfil del producto FLEX Ex I/O

Figura 76. Ficha técnica modulo Flex I/O IB. 16

Specifications - 24V DC 16 Input Module, Cat. Nos. 1794-IB16 and 1794-IB16K

Specification	Description
Number of inputs	16 (1 group of 16), nonisolated, sinking
Module location	1794-TB3 or 1794-TB3S terminal base unit
Mounting	Refer to the derating curve.
On-state voltage, min.	10V DC
On-state voltage, nom.	24V DC
On-state voltage, max.	31.2V DC
On-state current, min.	2.0 mA
On-state current, nom.	8.0 mA
On-state current, max.	12.0 mA
Off-state voltage, max.	5.0V DC
Off-state current, max.	1.5 mA
Input impedance	4.6K Ω
Isolation voltage	50V (continuous), Basic Insulation Type, between field side and system No isolation between individual channels Type tested at 707V DC for 60 s
Flexbus current	30 mA at 5V DC
Power dissipation	6.1W max. @ 31.2V DC
Thermal dissipation	Max. 20.8 BTU/hr @ 31.2V DC

Figura 77. Ficha técnica modulo Flex I/O OB 16

Specifications - 24V dc 8 Output Module, Cat. No. 1794-OB8EP and -OB8EPK

Number of Outputs	8 (1 group of 8), nonisolated, sourcing
Module Location	Cat. No. 1794-TB2, -TB3, -TB3S, -TBN
On-state Current	1.0mA minimum per channel 2A maximum per channel
Output Current Rating	Maximum 2A per output, 10A maximum per module (e.g. 8 outputs @ 1.25A, 5 outputs @ 2A, or similar combinations totaling 10A or less)
Surge Current	4A for 10ms, repeatable every 3s (see chart)
Off-state Leakage	0.5mA maximum
On-state Voltage Drop	0.2V dc maximum
Isolation Voltage	Tested at 850V dc for 1s between user and system No isolation between individual channels
Output Signal Delay	Off to On - 0.5ms maximum On to Off - 1.0ms maximum
Flexbus Current	73mA
Power Dissipation	5.5W maximum @ 31.2V dc
Thermal Dissipation	Maximum 18.8 BTU/hr @ 31.2V dc
Indicators (field side indication, logic driven)	8 yellow status indicators 8 red fault indicators
Fusing	Outputs are electronically fused

Figura 78. Ficha técnica optoacoplador 4N25

4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)(1)

Characteristic	Symbol	Min	Typ(1)	Max	Unit
INPUT LED					
Forward Voltage ($I_F = 10\text{ mA}$) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = -55^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	V_F	—	1.15 1.3 1.05	1.5 — —	Volts
Reverse Leakage Current ($V_R = 3\text{ V}$)	I_R	—	—	100	μA
Capacitance ($V = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_J	—	18	—	pF

OUTPUT TRANSISTOR

Collector–Emitter Dark Current ($V_{CE} = 10\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$) ($V_{CE} = 10\text{ V}$, $T_A = 100^\circ\text{C}$)	4N25,25A,26,27 4N28 All Devices	I_{CEO}	— —	1 1	50 100	nA μA
Collector–Base Dark Current ($V_{CB} = 10\text{ V}$)		I_{CBO}	—	0.2	—	nA
Collector–Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1\text{ mA}$)		$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	Volts
Collector–Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\ \mu\text{A}$)		$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	Volts
Emitter–Collector Breakdown Voltage ($I_E = 100\ \mu\text{A}$)		$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain ($I_C = 2\text{ mA}$, $V_{CE} = 5\text{ V}$)		h_{FE}	—	500	—	—
Collector–Emitter Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CE} = 0$)		C_{CE}	—	7	—	pF
Collector–Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CB} = 0$)		C_{CB}	—	19	—	pF
Emitter–Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{EB} = 0$)		C_{EB}	—	9	—	pF

COUPLED

Output Collector Current ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CE} = 10\text{ V}$) 4N25,25A,26 4N27,28	I_C (CTR)(2)	2 (20) 1 (10)	7 (70) 5 (50)	— —	$\text{mA} (\%)$
Collector–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 2\text{ mA}$, $I_F = 50\text{ mA}$)	$V_{CE(sat)}$	—	0.15	0.5	Volts
Turn–On Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\ \Omega$)(3)	t_{on}	—	2.8	—	μs
Turn–Off Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\ \Omega$)(3)	t_{off}	—	4.5	—	μs
Rise Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\ \Omega$)(3)	t_r	—	1.2	—	μs
Fall Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\ \Omega$)(3)	t_f	—	1.3	—	μs
Isolation Voltage ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$)(4)	V_{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)
Isolation Resistance ($V = 500\text{ V}$)(4)	R_{ISO}	10^{11}	—	—	Ω
Isolation Capacitance ($V = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)(4)	C_{ISO}	—	0.2	—	pF

Figura 79. Ficha técnica relé 12V

NT73 (JQC-3FC)



19.5x16.5x16.5



CH0050407—2000

E158859

Features

- Superminiature, High power.
- Low coil power consumption.
- PC board mounting.
- Suitable for household appliance, automation system, electronic equipment, instrument and meter, communication facilities and remote control facilities.

Ordering Information

NT73 C S 10 DC12V F
 1 2 3 4 5 6

- 1 Part number: NT73 (JQC-3FC) 4 Contact Current: 5:5A; 6:6A; 10:10A; 12:12A
 2 Contact arrangement: A:1A; B:1B; C:1C 5 Coil rated Voltage(V): DC:3,4,5,5,6,9,12,24,36,48
 3 Enclosure: S: Sealed type 6 Resistance Heat Class: NIL:130°C; F:155°C

Contact Data

Contact Arrangement	1A (SPSTNO), 1B (SPSTNC), 1C (SPDT(B-M))
Contact Material	Ag-CdO Ag-SnO ₂
Contact Rating (resistive)	5A,6A,10A,12A/125VAC,28VDC; 6A/277VAC; 5A,10A/250VAC
Max. Switching Power	330W 2500VA
Max. Switching Voltage	110VDC 380VAC
Contact Resistance or Voltage drop	≤100mΩ
Operation life	Electrical: 10 ⁵ Mechanical: 10 ⁷
	Max. Switching Current:12A Item 3.12 of IEC255-7 Item 3.30 of IEC255-7 Item 3.31 of IEC255-7

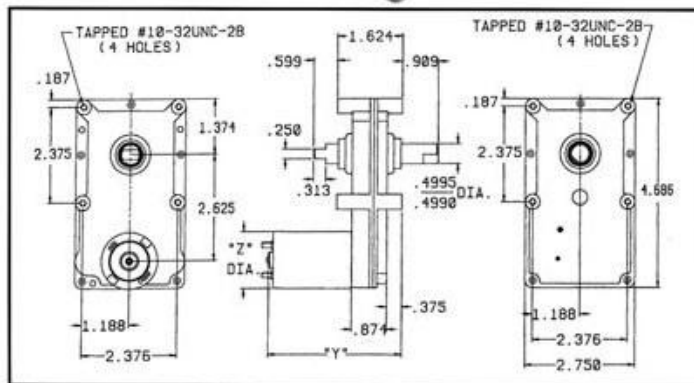
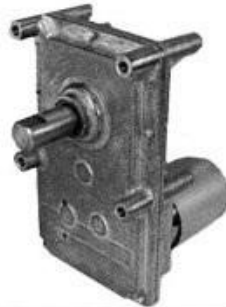
Coil Parameter

Dash numbers	Coil voltage VDC		Coil resistance Ω±10%	Pickup voltage VDC(max) (75%of rated voltage)	release voltage VDC(min) (10% of rated voltage)	Coil power consumption W	Operate Time ms	Release Time ms
	Rated	Max.						
003-360	3	3.9	25	2.25	0.3	0.36	<10	<5
004-360	4.5	5.9	65	3.4	0.45			
005-360	5	6.5	69	3.75	0.5			
006-360	6	7.8	100	4.50	0.6			
009-360	9	11.7	225	6.75	0.9			
012-360	12	15.6	400	9.00	1.2			
024-360	24	31.2	1600	18.0	2.4			
028-360	28	36.4	2180	21.0	2.8			
036-360	36	46.8	3600	27.0	3.6			
048-360	48	62.4	6400	36.0	4.8			

Figura 80. Ficha técnica fuente MEAN WELL 75-12

Especificación	
Tipo de alimentador	por impulso
Potencia	75.6W
Tensión de salida	12V CC
Corriente de salida	6.3A
Número de salidas	4
Tensión de alimentación	90...264V CA, 127...370V CC
Propiedades	parametros nominales conseguidos con carga completa
Construcción de alimentador	abierto
Montaje	para incorporar
Temperatura de trabajo	-20...70°C
Peso	260g
Medidas interiores	127 x 76.2 x 31mm
Protección contra	sobrecarga, aumento de tensión, cortocircuito

Figura 81. Ficha técnica motor MOLON CEM 1210



Stock Item	Molon Part No.	Voltage	F/L Torque (in. - lb.)	F/L Speed (RPM)	F/L Amps	Dimensions (in.) "Y"-"Z"
				12V - 24V		
X	CEM-1201-2M	12/24	150	0.4-1	0.20	2.77 - 1.09
X	CEM-1205-1M	12/24	120	5-10	1.40	3.74- 1.48
X	CEM-1210-1M	12	120	11 -	2.45	3.47 - 1.41
X	CEM-1225-1M	12	55	23 -	2.35	3.47 - 1.41
X	CEM-1230-1M	12	43	29 -	2.35	3.47 - 1.41
	CEM-2430-1M	24	43	- 29	1.25	3.74 - 1.48
<p>For additional information, including speed/torque curves, other mounting and performance options and competitor's cross reference, consult your local Sales Representative office or our website at http://www.molon.com</p>						

Figura 82. Ficha técnica motor DAYTON 2L008



Item	DC Gearmotor
Type	Parallel Shaft
Voltage Rating	12VDC
Phase	DC
Shaft Orientation	Parallel
Nameplate RPM	12
Full Load Torque (In.-Lbs.)	40.0
Overhung Load (Lb.)	24
Input HP	1/125
Gear Ratio	603:1
Full Load Amps	1.30
Enclosure	Vented
Thermal Protection	None
Ambient (C)	40
Rotation	Reversible
Mounting	All Position
Length Less Shaft (In.)	3
Shaft Dimensions (In.)	5/16 x 1
Bearings	Bronze Sleeve on Both Case and Motor
Lubrication	Grease Filled
Gear Case	Zinc Die Cast
Gears	Spur/DeIrin and Steel
RPM Range	0 to 15

ANEXO C: DISEÑO DE TARJETAS CONTROLADORAS

Figura 83. Diseño tarjeta convertidora del emulador de la prensa.

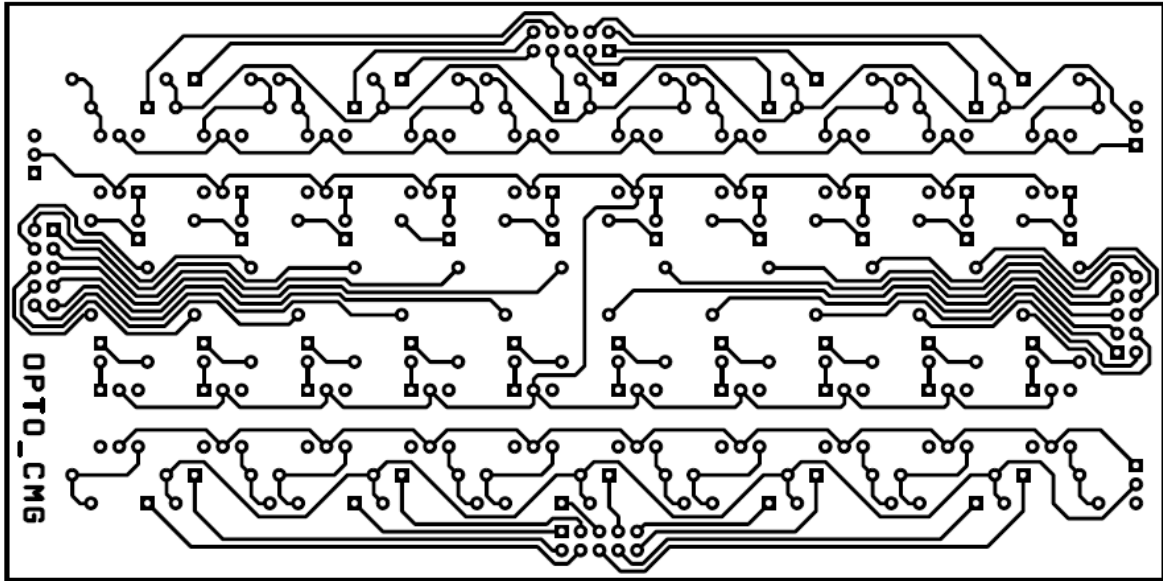


Figura 84. Funcionamiento esquemático del funcionamiento de las tarjetas

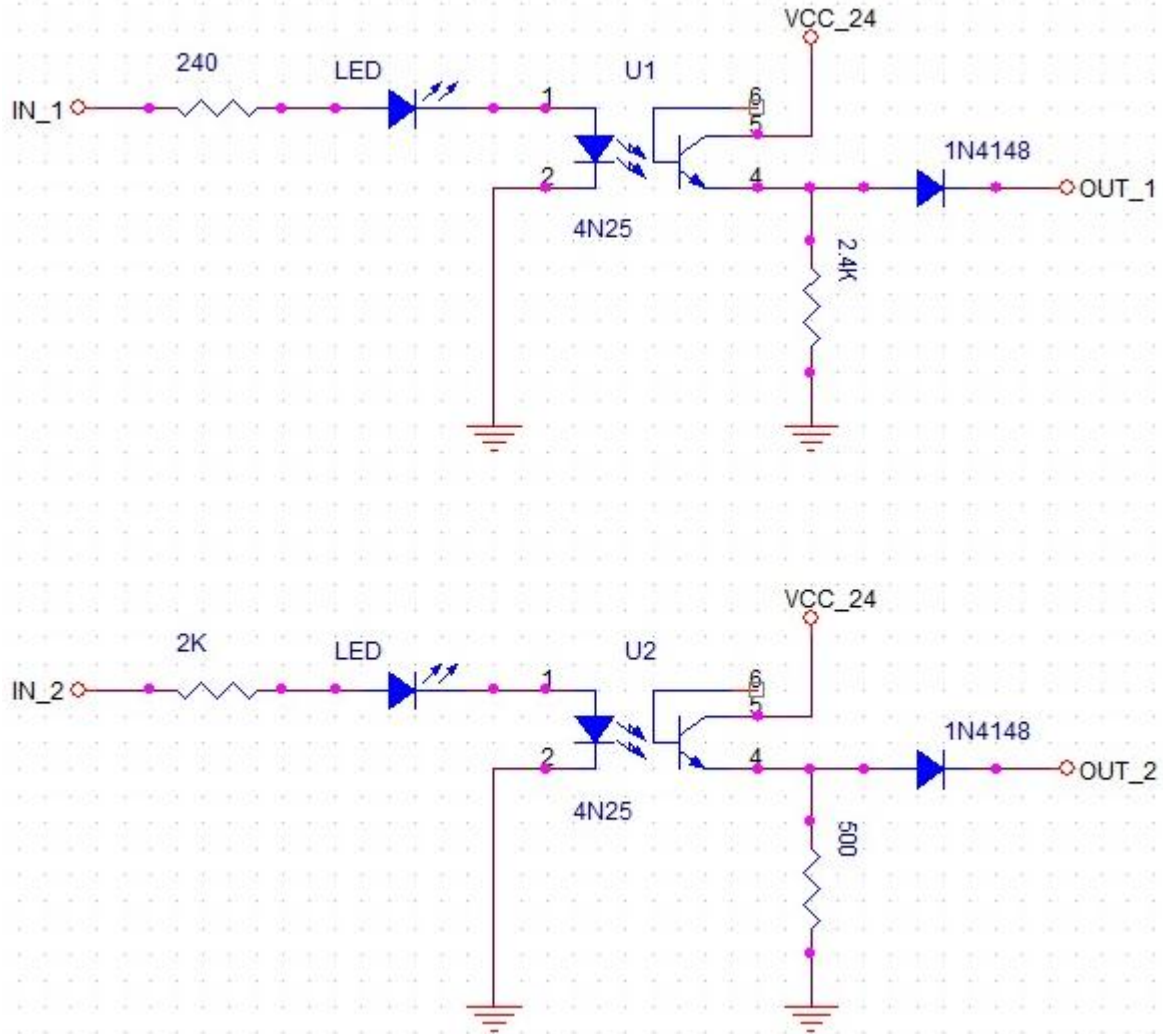


Figura 85. Esquema general de la tarjeta convertidora N1 de las vagonetas

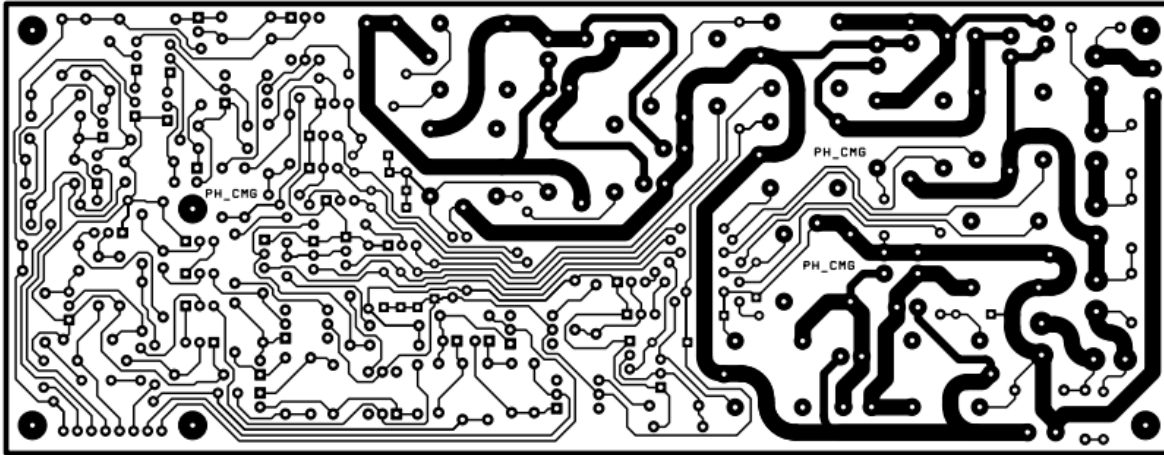


Figura 86. Esquema general de la tarjeta convertidora N. 2 de las vagonetas

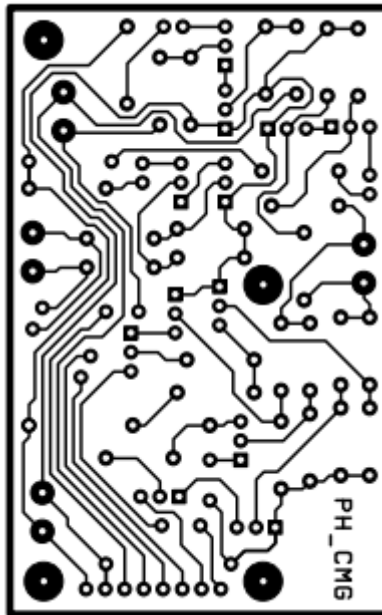


Figura 87. Diagrama esquemático del funcionamiento de la tarjeta convertidora del banco vagonetas

