

**AUTOMATIZACIÓN DE UNA PRENSA DE 500 TONELADAS PARA FORJA EN
CALIENTE EN LA EMPRESA “FORCOL S.A.S.”**



**EDWIN ALEXANDER CALVETE MARTINEZ
GIOVANI ARTURO PARRA ORTIZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

**AUTOMATIZACIÓN DE UNA PRENSA DE 500 TONELADAS PARA FORJA EN
CALIENTE EN LA EMPRESA “FORCOL S.A.S.”**

**EDWIN ALEXANDER CALVETE MARTINEZ
GIOVANI ARTURO PARRA ORTIZ**

**Trabajo de grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

**Director
JORGE ENRIQUE MENESES FLOREZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

A dios por ser mi soporte en este camino,
a mis padres y hermanas por darme su amor y apoyo incondicional,
a mis maestros por brindarme sus conocimientos,
a mi linda novia que siempre estuvo a mi lado,
y a todos los que me apoyaron y creyeron en mí.

Edwin Alexander Calvete Martínez

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. ALCANCE DEL PROYECTO	24
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.2 OBJETIVOS	25
1.2.1 Objetivo General	25
1.2.2 Objetivos Específicos	25
1.3 SOLUCION IMPLEMENTADA	27
2. DIAGNOSTICO DEL ESTADO INICIAL DE LA MAQUINA.....	28
2.1 COMPONENTES ELÉCTRICOS Y DE CONTROL.....	29
2.2 COMPONENTES MECÁNICOS.....	31
3. MODELO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LA PRENSA	35
3.1 INTRODUCCION	35
3.2 MODELO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LA PRENSA DE 500 TONELADAS.....	36
3.2.1 Parte Operativa	38
3.2.2 Parte de Control	38
4. SUBSISTEMAS DEL AUTOMATISMO	40
4.1 INTRODUCCION	40
4.2 SUBSISTEMAS IMPLEMENTADOS.....	40
4.2.1 Subsistema de producción	41
4.2.2 Subsistema de potencia	47

4.2.3	Subsistema de seguridad.....	50
4.2.4	Subsistema de lubricación de matrices	52
4.2.5	Subsistema de ajuste	56
5.	DISEÑO BASADO EN GRAFCET PARA EL AUTOMATISMO LOGICO SECUENCIAL DE LA PRENSA	59
5.1	INTRODUCCION	59
5.2	DISEÑO GRAFCET PARA EL AUTOMATISMO.....	60
5.2.1	Encendido y apagado del motor principal	60
5.2.2	Ciclo de prensado de piezas	61
5.2.3	Ciclo de lubricación de matrices.....	61
5.2.4	Ciclo para ajuste del porta-útil.....	62
5.2.5	Ciclo para el desplazamiento del porta-útil.....	62
5.3	TIPOS DE GRAFCET IMPLEMENTADOS	65
5.3.1	GRAFCET de Nivel 1: Descripción funcional	65
5.3.2	GRAFCET de Nivel 2: Descripción tecnológica	70
5.3.3	GRAFCET de Nivel 3: Descripción operativa.....	74
6.	DISEÑO BASADO EN GEMMA DE LOS MODOS DE MARCHAS Y PARADAS PARA EL AUTOMATISMO	75
6.1	INTRODUCCION	75
6.2	DISEÑO BASADO EN GEMMA DEL AUTOMATISMO DE LA PRENSA..	76
6.2.1	Grupo A: procedimientos de parada y puesta en marcha	78
6.2.2	Grupo F: procedimientos de funcionamiento.....	79
6.2.3	Grupo D: procedimientos de fallos	82
7.	ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANDO	90
7.1	CUADROS DE ASIGNACIÓN.....	92

7.2	GRAFSET de Nivel 3: Descripción operativa	94
7.3	PROGRAMACIÓN DEL AUTÓMATA.....	98
8.	IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES UTILIZADOS	101
8.1	SELECCIÓN DEL HARDWARE DE CONTROL	101
8.1.1	Sistema de automatización SIEMENS S7-200.....	101
8.1.2	CPU 226 / S7-200	103
8.1.3	Módulo de entradas y salidas digitales.....	105
8.2	SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS Y DE MONTAJE	107
9.	DISEÑO DE LA INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI)	113
9.1	PANEL DE MANDO	114
9.2	VISUALIZADOR DE TEXTOS TD-400.....	117
9.2.1	Menú y pantallas	119
9.2.2	Alarmas y emergencias.....	121
10.	DISEÑO DEL COFRE DE CONTROL Y DE POTENCIA	126
11.	DESCRIPCIÓN DEL ESTADO FINAL DE LA PRENSA DE 500 TONELADAS	128
11.1	COFRE DE CONTROL Y POTENCIA.....	129
11.1.1	Rotulación y enumeración del cableado.....	131
11.1.2	Protecciones de seguridad.....	131
11.2	INTERFAZ HOMBRE – MAQUINA (HMI)	132
11.2.1	Panel de mando local.....	132
11.2.2	Panel de mando remoto	134
11.3	SEGURIDAD.....	135
11.4	CAPTADORES Y ACCIONADORES	136

11.5	DISTRIBUIDOR NEUMÁTICO	139
11.6	SISTEMA DE LUBRICACION DE MATRICES.....	140
	CONCLUSIONES	142
	RECOMENDACIONES.....	143
	BIBLIOGRAFÍA.....	145
	ANEXOS.....	146

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Prensa de 500 Toneladas para forja en caliente.....	20
Figura 2. Estado inicial de la prensa	28
Figura 3. Estado inicial del cofre de control y potencia	30
Figura 4. Estado inicial del panel de mando	31
Figura 5. Componentes en estado de deterioro.....	31
Figura 6. Porta-útil desmontado y desarmado	32
Figura 7. Cofre del sistema neumático.....	33
Figura 8. Embrague neumático desmontado y desarmado.....	34
Figura 9. Modelo estructural de un sistema automatizado.....	35
Figura 10. Estructura del sistema automatizado	37
Figura 11. Estructuración de los subsistemas del automatismo.....	41
Figura 12. Movimiento del porta-útil en producción.....	42
Figura 13. Subsistema de producción.....	43
Figura 14. Sensores inductivos del subsistema de producción.....	45
Figura 15. Subsistema de Potencia	48
Figura 16. Curvas características del arranque de un motor de anillos.	49
Figura 17. Subsistema de seguridad.....	51
Figura 18. Subsistema d lubricación	53
Figura 19. Diseño del subtema de lubricación	55
Figura 20. Subsistema de ajuste.....	57
Figura 21. GRAFCET descriptivo del proceso secuencial	59
Figura 22. Grafcet representativo del modelo global de la operación.	64
Figura 23. Encendido del motor principal, Grafcet nivel 1	66
Figura 24. Apagado del motor principal, Grafcet nivel 1	66
Figura 25. Ciclo de prensado de piezas, Grafcet nivel 1	67
Figura 26. Ciclo de lubricación de matrices, Grafcet nivel 1	68
Figura 27. Ciclo para ajuste de Porta-útil, Grafcet nivel 1	69

Figura 28. Ciclo para el desplazamiento de Porta-útil, Grafcet nivel 1	69
Figura 29. Encendido del motor principal, Grafcet nivel 2	70
Figura 30. Apagado del motor principal, Grafcet nivel 2	71
Figura 31. Ciclo de prensado de piezas, Grafcet nivel 2	71
Figura 32. Ciclo de lubricación de matrices, Grafcet nivel 2	72
Figura 33. Ciclo para el desplazamiento de Porta-útil, Grafcet nivel 2	72
Figura 34. Ciclo para ajuste de Porta-útil, Grafcet nivel 2	73
Figura 35. Modos de marchas y paradas - Gemma	76
Figura 36. Estudio Gemma del automatismo	77
Figura 37. Procedimientos de paro de PO	78
Figura 38. Procedimientos de Funcionamiento	80
Figura 39. Procedimientos de fallo de PO	82
Figura 40. STEP 7 Micro/Win 4.0	90
Figura 41. Estructuración del programa de control	91
Figura 42. Encendido del motor principal, Grafcet nivel 3	95
Figura 43. Apagado del motor principal, Grafcet nivel 3	95
Figura 44. Ciclo de prensado de piezas, Grafcet nivel 3	96
Figura 45. Ciclo de lubricación de matrices, Grafcet nivel 3	96
Figura 46. Ciclo para el ajuste de porta-útil	97
Figura 47. Ciclo para el desplazamiento del porta-útil.	97
Figura 48. Programa de encendido del motor principal	98
Figura 49. Tabla comparativa entre los diferentes modelos de CPU S7-200	102
Figura 50. Características técnicas de la CPU 226	104
Figura 51. Características técnicas del módulo EM223.	106
Figura 52. Panel de mando local	115
Figura 53. Características técnicas de la TD400	118
Figura 54. Visualizador de textos TD-400	119
Figura 55. Menú y pantallas de la TD-400	120
Figura 56. Distribución de elementos en el cofre de control y potencia	127
Figura 57. Estado final de la Prensa de 500 Toneladas	128

Figura 58. Vista general de la caja de control y potencia.....	129
Figura 59. Ubicación del cofre de control y potencia.....	130
Figura 60. Hardware de control.....	131
Figura 61. Señales y protecciones de Seguridad.....	132
Figura 62. Panel de mando.....	133
Figura 63. Pedales de accionamiento.....	133
Figura 64. Visualizador de textos y Amperímetro.....	134
Figura 65. Cortina fotoeléctrica	135
Figura 66. Montaje y acoplamiento del Motor y embrague	136
Figura 67. Montaje y acoplamiento del porta-útil y sus componentes.....	137
Figura 68. Sensores inductivos para detección de proximidad del resalto.....	138
Figura 69. Sensor inductivo para detección de movimiento del volante.....	138
Figura 70. Destruidor neumático y componentes.....	139
Figura 71. Subsistema de lubricación de matrices.....	140
Figura 72. Sistema distribuidor de grafito.....	141

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones técnicas de la máquina.	20
Tabla 2. Especificaciones técnicas del motor principal.....	47
Tabla 3. Asignación de entradas del cofre de control y potencia	92
Tabla 4. Asignación de entradas del HMI.....	93
Tabla 5. Asignación de salidas	94
Tabla 6. Dispositivos eléctricos y de montaje.....	108
Tabla 7. Componentes del panel de mando local.....	116
Tabla 8. Alarmas del panel de mando local.....	117
Tabla 9. Alarmas con secuencia de emergencia	123
Tabla 10. Alarmas sin secuencia de emergencia	124
Tabla 11. Alarmas sin secuencia de emergencia	125
Tabla 12. Elementos que integran el cofre de control y potencia.	126

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. CERTIFICADO DE FINALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	147
ANEXO B. EL ESCENARIO DEL PROYECTO	148
ANEXO C. RECUPERACIÓN DE LA PARTE OPERATIVA	154
ANEXO D. MANUAL DE OPERACIÓN	167
ANEXO E. MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	185
ANEXO F. PLANOS ELÉCTRICOS.....	191

RESUMEN

TÍTULO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA PRENSA DE 500 TONELADAS PARA FORJA EN CALIENTE EN LA EMPRESA “FORCOL S.A.S.”*

AUTORES: Edwin Alexander Calvete Martínez, Giovani Arturo Parra Ortiz**

PALABRAS CLAVES: Automatización, Prensa, Autómata programable industrial, PLC, Grafcet y Gemma.

DESCRIPCIÓN

En este proyecto se desarrolló la automatización de una prensa de 500 toneladas para la empresa Folcol S.A.S. filial de transejes, abarcando las etapas de diseño, montaje, y puesta a punto del sistema automático que controla y parametriza la operación de la prensa.

Inicialmente la prensa estaba fuera de servicio y con múltiples fallas en su funcionamiento lo que le generaba a la empresa un riesgo en la integridad del personal así como pérdida de utilidad.

El desarrollo se basó en la tecnología de los autómatas programables y se diseñó para darle solución a las necesidades del proceso de producción así como la dedicación en especial a tareas de seguridad, vigilancia y auto-diagnóstico de la Prensa, utilizando 38 señales de entrada (compuesta por sensores y señales de control) y 13 señales de salida (compuesta por actuadores y alarmas).

En el diseño del automatismo se utilizaron herramientas o metodologías creadas y estandarizadas para la automatización de procesos industriales como el Grafcet y Gemma, con el objetivo de reducir al mínimo los tiempos de parada de la máquina, hacer simple el proceso de mantenimiento y mejorar de modo de funcionamiento. Para el montaje se diseñó la caja de control y potencia, los paneles de operador y se realizaron las adaptaciones necesarias en la maquina a fin de lograr un montaje seguro y confiable.

La habilitación de la prensa significó para Forcol S.A.S. un aumento de la cantidad de piezas producidas por mes, logrando cumplir con los requerimientos y necesidades del mercado actual. También aumentó la seguridad, el control, la eficiencia y flexibilidad de la operación.

* Proyecto de Grado

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

SUMARY

TITLE: Automation of 500-ton press for hot forging in the company "Forcol S.A.S."*

AUTHORS: Edwin Alexander Calvete Martínez, Giovani Arturo Parra Ortiz**

KEY WORDS: Automation, Press, Programmable logic controller, PLC, Grafset and Gemma.

DESCRIPTION

This project developed automation of a 500 Ton press for the company Folcol S.A.S. transejes subsidiary, covering the stages of design, installation, and commissioning of the automatic system that controls and parameterized release operation.

Initially the press was out of service and with multiple failures in its performance which will generate a risk to the company in the integrity of staff and loss of utility.

The development was based on PLC technology and was designed to give solution to the needs of the production process, as well as special dedication to security and self-diagnosis of the press, it use 38 input signals (composed of sensors and control signals) and 13 output signals (consisting of actuators and alarms).

In the automation's design used standard methodologies and tools for automating industrial processes such as Grafset and Gemma, it has as objective to minimize downtime of the machine, it make that maintenance's process is simple and it improve the operation. Assembly was designed the control box and power, operator panels and it made the necessary adjustments to the machine for to get a safe and reliable installation.

Enabling press meant for Forcol S.A.S. an increase the number of pieces to produce per month, failing to meet requirements and needs of today's market. Also, it increased the security, control, efficiency and flexibility operation.

*Graduation Project

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

INTRODUCCIÓN

Las industrias de nuestro país reconocidas por los altos estándares de calidad en sus procesos y productos, deben estar sujetos a mejoras continuas en todos sus niveles de organización. En esta búsqueda de mejoramiento surge la necesidad de mantener un control efectivo sobre todos los procesos, implementando el uso de tecnologías y sistemas automatizados que garanticen los índices de productividad, calidad y seguridad establecidas como criterio de competitividad y desarrollo de la empresa.

Forcol S.A.S.¹ como empresa productora de Forja, tiene como principal objetivo el mejoramiento de su proceso, aumentando la cantidad de forja fabricada, buscando así reducir los tiempos en las entregas y satisfacer la demanda del mercado actual.

Para lograr alcanzar este objetivo la empresa planeo y ejecuto la recuperación mecánica y automática de una prensa de 500 toneladas (Ver Tabla 1), ubicada dentro de las instalaciones de la planta y que se encontraba fuera de servicio. La habilitación de la prensa significaría un aumento de la cantidad de piezas producidas por mes, de tal forma que se alcance a cumplir con los requerimientos y necesidades del cliente.

¹ Forcol S.A.S. es una filial de Dana-Transejes Colombia dedicada a la fabricación de forja para la industria. Ver ANEXO B

Tabla 1. Especificaciones técnicas de la máquina.

Tipo de máquina	Prensa mecánica
Marca	Wagner Dortmund
Modelo	PD500/1,65
Año de fabricación	1964
Fuerza máxima de trabajo	500 Toneladas
Dimensiones:	
- Altura	5000 mm
- Ancho	2400 mm
- Profundidad	2000 mm
Recorrido en producción del porta útil	280 mm
Número de ciclos por minuto	36

Figura 1. Prensa de 500 Toneladas para forja en caliente



El objetivo de este trabajo de grado es la automatización de esta prensa de 500 Toneladas. Abarcando el diseño, selección de componentes, montaje y puesta en funcionamiento del sistema automático que controla y parametriza la operación. Este sistema está basado en la tecnología de los autómatas programables y se diseñó para darle solución a las necesidades del proceso de producción así como la dedicación en especial a tareas de seguridad, vigilancia y auto-diagnóstico.

Para la realización del diseño del automatismo se utilizaron herramientas o metodologías creadas y estandarizadas para la automatización de procesos industriales como el Grafcet y Gemma, debido a que ellos contemplan todos los posibles estados o situaciones en que se puede encontrar la prensa, como por ejemplo el funcionamiento normal automático, las situaciones de falla, de parada de emergencia, los procesos de mantenimiento, puesta en marcha de la máquina, las marchas de test y el control manual, ya que el objetivo principal de la automatización de la prensa es reducir al mínimo los tiempos de parada de la máquina, hacer simple el proceso de mantenimiento y mejorar de modo de funcionamiento.

Para la realización de este proyecto, existen toda una serie de conceptos que se tuvieron en cuenta con el objetivo de obtener la máxima disponibilidad y seguridad en el funcionamiento del sistema automático. Estos conceptos son:

- La seguridad y confiabilidad de la operación.
- Funcionamiento y modos de marcha.
- Selección de sensores, preactuadores y actuadores
- Análisis de las posibles contingencias que se pueden presentar, realizando un seguimiento, supervisión y control de fallas.
- Diseño de los tableros de mando y comunicación con el automatismo.
- Diseño del tablero de control y potencia.

Por lo tanto, para un análisis más adecuado y comprensión posterior del modelo global de este sistema, es conveniente imponer su diseño de forma estructurada teniendo en cuenta los diversos aspectos constitutivos del modelo estructural de la prensa como sistema automatizado (Ver figura 10).

Para un mejor entendimiento del desarrollo del proyecto el libro se estructura bajo los siguientes capítulos:

- a. En el capítulo 1 se identifica el problema y se describe los compromisos adquiridos (Objetivos) cuando se desarrolló el ante proyecto y los cuales son cumplidos en su totalidad.
- b. En el capítulo 2 se expone el diagnóstico inicial realizado a la prensa, mostrando el estado en que se encontró y las fallas que presentaban los componentes eléctricos y mecánicos.
- c. En el capítulo 3 se determina la estructura de la prensa como sistema automatizado, la cual se encuentra dividido en una Parte de Control y una Parte Operativa.
- d. En el capítulo 4 se realiza el análisis y comprensión del modelo global por medio de la estructuración en diversos subsistemas que permiten realizar un diseño detallado de los elementos (captadores y accionadores) que integran el automatismo.
- e. En el capítulo 5 se describen los modos de funcionamiento de la prensa, realizado por medio del estudio de las acciones del proceso – Grafcet.
- f. En el capítulo 6 se estudian los modos de marcha y paro por medio del Gemma, logrando un análisis detallado de las posibles contingencias o fallas que se pueden presentar.
- g. En el capítulo 7 se realiza una breve descripción acerca de la programación del autómeta y la asignación de las señales en el autómeta.

- h. En el capítulo 8 se describen los elementos que integran el sistema automatizado; hardware de control, sensores, preactuadores, actuadores, protecciones, etc.
- i. En el capítulo 9 se describe los tableros de mando, sus componentes y principales funciones.
- j. En el capítulo 10 se expone la distribución, organización y los elementos que integran el cofre de control y de potencia.
- k. en el capítulo 11 se realiza una breve descripción del estado final de la prensa, después de la instalación y puesta a punto de todos los componentes.
- l. En las parte final de la tesis se muestran las conclusiones y recomendaciones como resultado final del presente trabajo
- m. Los Anexos contiene información sobre la empresa, el manual de operación, el plan de mantenimiento preventivo y los planos eléctricos de la prensa, desarrollado para que cualquier persona conozca el funcionamiento y la correcta operación de esta.

En cada uno de los capítulos enunciados anteriormente se busca soportar paso a paso todos los objetivos que se plantearon para el desarrollo del proyecto, de esta manera se brinda la mayor organización en la información para el entendimiento de los aspectos específicos en el proceso de ejecución del proyecto.

1. ALCANCE DEL PROYECTO

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Forcol S.A.S. es una filial de Dana-Transejes Colombia dedicada a la fabricación de forja para la industria minera, petrolera y principalmente la industria de autopartes. Nació de la necesidad de Transejes de tener un proveedor local de forja con el fin de obtener una rápida respuesta en la entrega de materia prima, logrando con esto una disminución en los costos de aranceles y una reducción en los tiempos del proceso productivo.

Debido al crecimiento de la demanda del mercado en productos de autopartes nacional e internacional y con el fin de cumplir con los exigencias de Dana-Transejes Colombia para aumentar la fabricación de productos de forja, Forcol S.A.S. vio la necesidad de mejorar la eficiencia, flexibilidad y confiabilidad de su proceso de producción. Para esto se propusieron algunas ideas que impactaban directamente la fabricación de forja, en los cuales se encontraba la habilitación y automatización de la prensa de 500 toneladas ubicada dentro de las instalaciones de la planta y que hacía 10 años se encontraba fuera de servicio.

El estado de la maquina estaba en un estado de deterioro y abandono. El sistema eléctrico de potencia y control de la prensa se encontraba deshabilitado por el deterioro y falla de algunos de sus componentes principales. Este sistema estaba basado en lógica cableada, el cual lo componían elementos eléctricos que dificultan el hallazgo de las fallas recurrentes, además el costo de estos era bastante alto y de difícil obtención en el mercado local. Adicionalmente este sistema no permitía fácilmente la inclusión de nuevas mejoras como la implementación de sistemas de seguridad para la operación de la máquina o la supervisión y seguimiento de la producción.

Por otra parte el deterioro, mal estado del cableado y desorden de los elementos que se encontraban dentro de la caja de control y potencia, además de generar problemas de funcionamiento, dificultaba las actividades de mantenimiento y constituían un riesgo para el personal técnico dada la ausencia de documentación técnica y planos eléctricos. Todo esto se ve reflejado en la pérdida de tiempo, paradas prolongadas no planificadas para hallar las fallas en el sistema y realizar el mantenimiento requerido, ocasionando para la empresa una forma adicional de pérdida de productividad y por ende el no cumplimiento en las entregas de los productos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Contribuir a la misión de la universidad industrial de Santander en la formación y desarrollo de tecnología propiciando la participación activa en un proceso de cambio e implementación de sistemas automatizados en la industria nacional, reflejando un incremento en la calidad, confiabilidad y seguridad de los procesos productivos.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para la Prensa Wagner Dortmund 1964 de 500 Toneladas de Fuerza:

- a. Concebir el “modelo estructural” del sistema a automatizar, basado en lógica programada,
 - ✓ Identificando los sensores, preactuadores y actuadores para los subsistemas: Potencia, Ajuste, Producción, Seguridad y Lubricación de Matrices.

- ✓ Definiendo la comunicación hombre máquina (HMI) y comunicación con otros controladores del proceso.
- b. Diseñar el automatismo, utilizando la metodología GRAFCET y GEMMA.
- ✓ Estudio de las acciones del proceso.
 - ✓ Definición del ciclo normal de producción.
 - ✓ Definir los modos de marcha y de paro con la ayuda del GEMMA.
 - ✓ Definir las condiciones de evolución entre los distintos estados de funcionamiento, parada y fallo.
- c. Seleccionar e instalar para cada uno de los subsistemas:
- ✓ El hardware de control, basado en PLC.
 - ✓ Sensores.
 - ✓ Preactuadores.
 - ✓ Actuadores.
- d. Diseñar y programar el sistema de control basado en la lógica programada y soportado en la tecnología de los autómatas programables.
- e. Diseñar y programar la Interfaz Hombre Máquina (HMI) local y remota para el control, supervisión y seguimiento de la operación.
- f. Realizar el montaje y puesta a punto el sistema automatizado.
- g. Elaborar la documentación técnica del proyecto:
- ✓ Manual de operación.
 - ✓ Plan de mantenimiento preventivo.
 - ✓ Planos eléctricos.

1.3 SOLUCION IMPLEMENTADA

Después del estudio realizado al proceso de producción y a la necesidad de la empresa, se tomó la decisión que la mejor alternativa que satisface y cumple con los requerimientos dados, es un sistema automatizado basado en la lógica programada y soportado en la tecnología de los autómatas programables, logrando de esta manera una solución eficaz eficiente y efectiva al problema.

La implementación de este sistema automatizado permite:

- Garantizar la seguridad de los operarios que ejecutan las tareas manuales.
- Aumentar la fiabilidad, el control, la eficacia, productividad y flexibilidad del proceso.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Integrar la gestión y producción.
- Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso.
- Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- Flexibilidad para adaptarse a nuevas funciones.

2. DIAGNOSTICO DEL ESTADO INICIAL DE LA MAQUINA

La primera actividad realizada en el proyecto fue la identificación del estado en que se encontraba la prensa, examinando detalladamente cada uno de los elementos mecánicos y eléctricos que la integran. Ante la ausencia de documentación técnica y planos eléctricos, la observación y reconocimiento de los componentes mecánicos, sensores, preactuadores y actuadores, fue un factor importante para identificar los modos de funcionamiento de la prensa. Adicionalmente se logró identificar los elementos que se encontraban en buen estado, los que se podían reparar y los que debían ser remplazados.

Figura 2. Estado inicial de la prensa



La prensa de 500 Toneladas estuvo fuera de servicio por más de 10 años debido a los múltiples fallos y desgaste que presentaban sus componentes, adicionalmente durante estos años el costo de recuperación de la prensa era mayor que el beneficio que pudo haber obtenido la empresa, por esta razón no se habían realizado acciones para ponerla nuevamente en funcionamiento.

La prensa inicialmente se encontraba inhabilitada por fallas tanto en los componentes eléctricos como mecánicos. El resultado del análisis realizado a estos componentes fue el siguiente:

2.1 COMPONENTES ELÉCTRICOS Y DE CONTROL

El sistema eléctrico de potencia y control de la prensa se encontraba inhabilitado por el deterioro y falla de sus componentes principales. Este sistema estaba basado en lógica cableada, es decir el control se hacía por medio de relés, temporizadores y otros dispositivos eléctricos, que además de dificultar el hallazgo de las fallas, el costo de estos era bastante alto y de difícil obtención en el mercado local. Adicionalmente este sistema no permitía fácilmente la inclusión de nuevas mejoras como la implementación de sistemas de seguridad para la operación de la máquina o la supervisión y seguimiento de la producción.

Por otra parte, el deterioro, mal estado del cableado y desorden de los elementos que se encontraban dentro de la caja de control y potencia, además de generar problemas de funcionamiento, dificultaban las actividades de mantenimiento y constituían un riesgo para el personal técnico dada la ausencia de documentación técnica y planos eléctricos. Todo esto hacía imposible la recuperación de las funciones perdidas, lo que condujo que a través de los años la máquina fuera inhabilitada. Los dispositivos eléctricos y el cableado que aún se encontraban en buen estado, fueron retirados y utilizados como repuestos para otras máquinas de

la empresa. Por esta razón el sistema de control se encontraba sin la mayoría de los elementos eléctricos (Sensores, relés, contactores, etc.) que lo componían.

Figura 3. Estado inicial del cofre de control y potencia



Todos estos inconvenientes presentados en el sistema de control se podían ver reflejado en la pérdida de tiempo, paradas prolongadas no planificadas para hallar las fallas en el sistema y realizar el mantenimiento requerido, ocasionando para la empresa una forma adicional de pérdida de productividad.

Figura 4. Estado inicial del panel de mando



2.2 COMPONENTES MECÁNICOS

Los 10 años de no operación de la prensa ocasionaron el deterioro de todas sus piezas y elementos que lo integraban. Muchos de estos tuvieron que ser sustituidos por unos nuevos, es el caso de los manómetros, presostato, tornillería, tubería, racores, etc.

Figura 5. Componentes en estado de deterioro



Adicionalmente, componentes como el porta-útil, los motores, la bomba de lubricación y el embrague fueron desmontados en búsqueda de piezas útiles para el mantenimiento de otras máquinas. Estos se encontraron desarmados y ubicados en diferentes lugares de la planta.

Figura 6. Porta-útil desmontado y desarmado



La prensa fue fabricada e instalada en el año 1964, debido a esto las condiciones de operación no cumplían con los actuales estándares de seguridad, tampoco con un sistema para la lubricación de matrices, factores importantes para lograr alta calidad, eficacia y confiabilidad de la operación. Adicionalmente en su sistema de distribución neumática, el operador debía estar pendiente de realizar el drenaje de condensado con la apertura o cerrado de válvulas.

Figura 7. Cofre del sistema neumático



Para la lubricación de matrices era necesaria una persona adicional que operara manualmente la pistola de lubricación, mientras el operador colocaba y accionaba el ciclo de la máquina. Al no existir un sistema de seguridad que protegiera el área de trabajo de objetos o alguna parte del cuerpo del personal involucrado, una mala operación o un accionamiento del ciclo a destiempo, posiblemente causaría un accidente. Adicionalmente en el funcionamiento normal el operador debía tomar en cuenta y determinar visualmente el desgaste del freno del embrague, al observar el tiempo y la distancia de frenado.

Figura 8. Embrague neumático desmontado y desarmado



Incluso era de gran dificultad realizar las diferentes funciones con que contaba la prensa. Por ejemplo, para la operación de ajuste el operario debía ubicar visualmente y a tanteo, el porta-útil en el punto muerto inferior, llevando a errores y mayor tiempo en su realización.

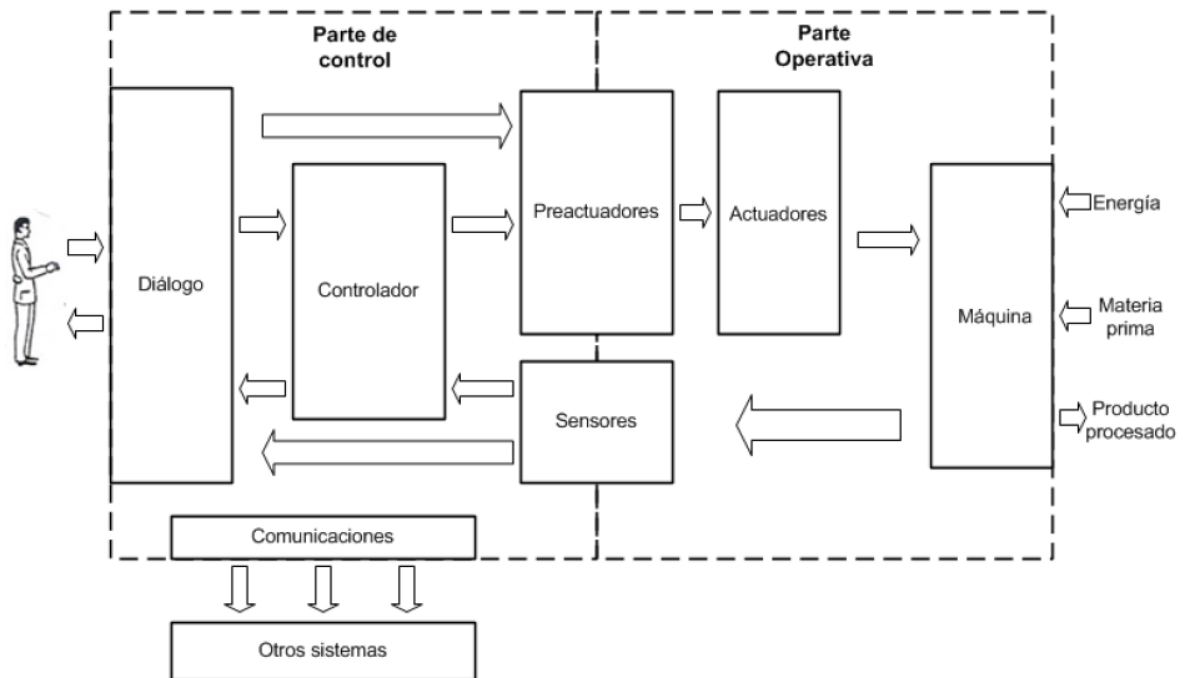
En caso de parada de emergencia, aunque el control desactivaba todos los accionadores, no había un actuador que detuviera el movimiento del volante, el cual seguía girando por inercia, convirtiéndose en una situación insegura para el personal que se encontraba cerca de él.

3. MODELO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LA PRENSA

3.1 INTRODUCCION

Para el Autor Josep Balcells; en su libro *Autómatas programables*²; “El modelo estructural de un sistema automatizado se compone de la parte de control (PC) y la parte operativa (PO)”, ver Figura 9.

Figura 9. Modelo estructural de un sistema automatizado



Fuente: Tomado del libro; *Autómatas programables*, Joseph Balcells

La **Parte Operativa** es aquella que actúa directamente sobre la máquina, da los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Está compuesta por los accionadores o actuadores como motores, cilindros, bombas, etc.

² Ver BIBLIOGRAFÍA (Pág.140)

La **Parte de Control** comprende todo aquello que contribuye a la automatización del proceso, es la encargada de generar las ordenes necesarias para que esa acción se lleve o no a cabo. Los elementos que la integran son la interfaz hombre-máquina (HMI) y el controlador del sistema (Autómata programable).

Los **Preactuadores y los Sensores**, corresponden a la interfaz entre la parte operativa y la parte de control, permitiendo establecer un lazo cerrado en el sistema automatizado, ya que con estos se pueden ejecutar e informar el estado de avance de las acciones para que el autómata o controlador pueda coordinar las operaciones de la prensa.

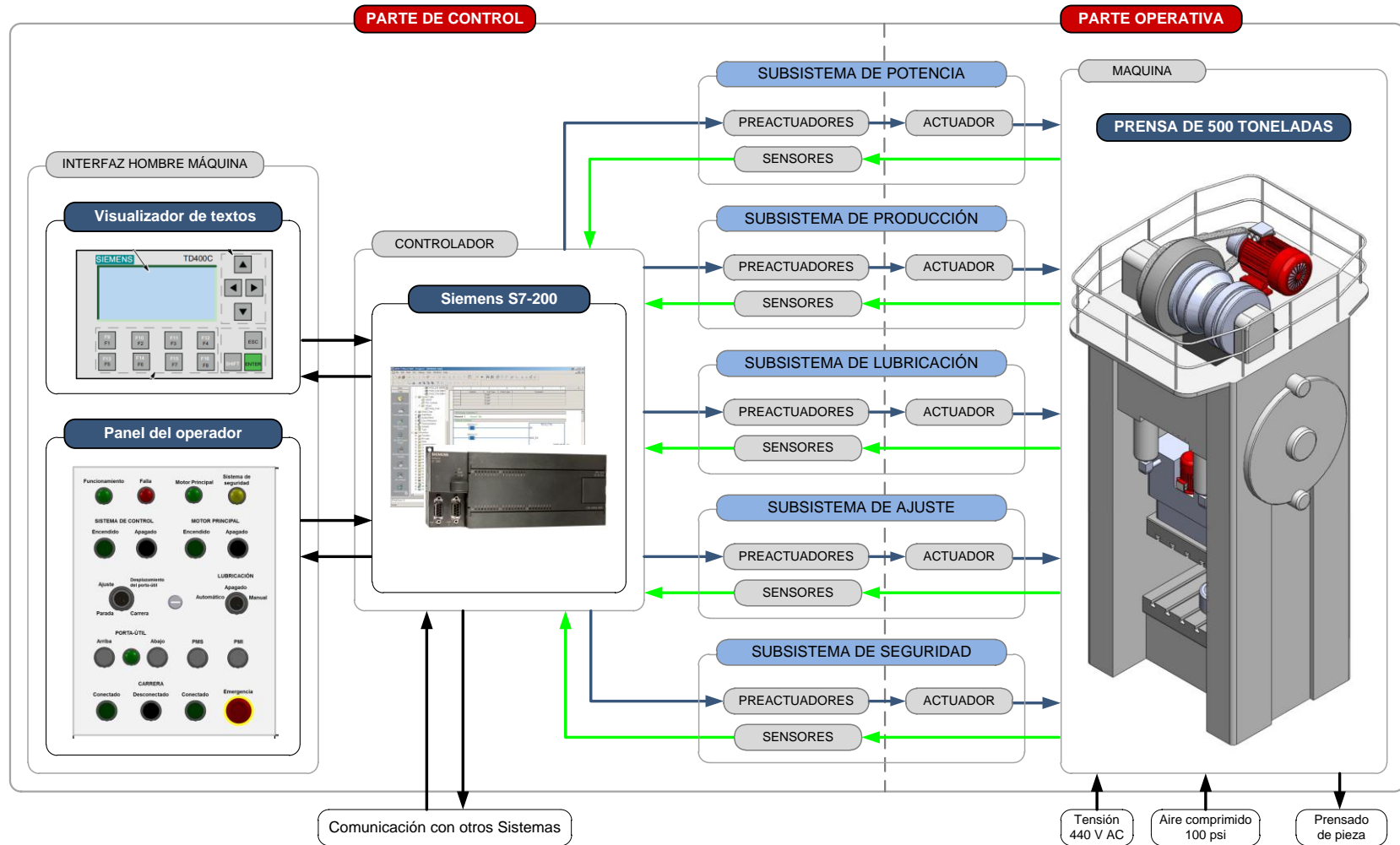
Adicionalmente el sistema automático necesita de un suministro de energía y materia prima, para realizar su función y generar un producto procesado.

3.2 MODELO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LA PRENSA DE 500 TONELADAS

Basados en lo anteriormente expuesto, se diseñó y estableció la estructura del sistema automatizado de la prensa. Ver figura 10.

Para iniciar con la descripción del automatismo, la prensa está alimentada externamente por aire comprimido a una presión entre 100 y 150 psi y una línea de tensión a 440 V AC que entrega la corriente necesaria para el funcionamiento de sus componentes.

Figura 10. Estructura del sistema automatizado



A continuación se expone las actividades realizadas en la ejecución del proyecto sobre la parte operativa y de control de la prensa.

3.2.1 Parte Operativa

La parte operativa de la prensa está compuesta por todos los elementos mecánicos y actuadores eléctricos que realizan los movimientos de la misma, como el porta-útil, el embrague, el mecanismo de biela-manivela, los motores, etc. Como se expuso en el diagnóstico del estado inicial de la máquina, estos componentes inicialmente se encontraban en un estado de deterioro, por los todos los años que estuvo inhabilitada la máquina.

Aunque el restablecimiento de la parte operativa no era uno de los objetivos de este trabajo de grado, los autores de este proyecto también fueron los encargados de planear y supervisar las actividades de recuperación y mantenimiento de estos componentes. Esto fue un factor importante para obtener una mejor confluencia y estructuración de todo el sistema integrado (recuperación de la parte operativa y la automatización de la misma), logrando la realización simultánea de estos.

Las actividades de mantenimiento realizadas para la recuperación de la parte operativa son expuestas brevemente en el ANEXO C

3.2.2 Parte de Control

El control del sistema está compuesto por un controlador (autómata programable industrial), la interfaz hombre-máquina (consta de un panel de mando o botonera y un visualizador de textos), sensores y preactuadores. Gracias a la información recogida del sistema procedente de la parte operativa, la parte de mando está informada del estado de avance de las operaciones ejecutadas.

Debido a que la finalidad de este proyecto está basada en el diseño del automatismo, la programación y la selección de los componentes de la parte de control, se le dedico un capítulo a cada ítem de diseño del sistema para una mayor comprensión del lector acerca del desarrollo y los alcances del proyecto.

La implementación del sistema de control automatizado permitió:

- Suministrar al operario toda la información necesaria para analizar la situación de la aplicación.
- Permitir actuar sobre el sistema, bien directamente (reparación de una avería) o bien indirectamente (consignas de seguridad, de marchas y paradas). Reduciendo los tiempos de parada.
- Asegurar el diálogo entre los operarios y el sistema automatizado
- Garantizar la seguridad de los operarios que ejecutan las tareas manuales.
- Aumentar la fiabilidad, el control, la eficacia, productividad y flexibilidad del proceso.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Integrar la gestión y producción.
- Permite la comunicación e interacción con otros sistemas de automatización.

4. SUBSISTEMAS DEL AUTOMATISMO

4.1 INTRODUCCION

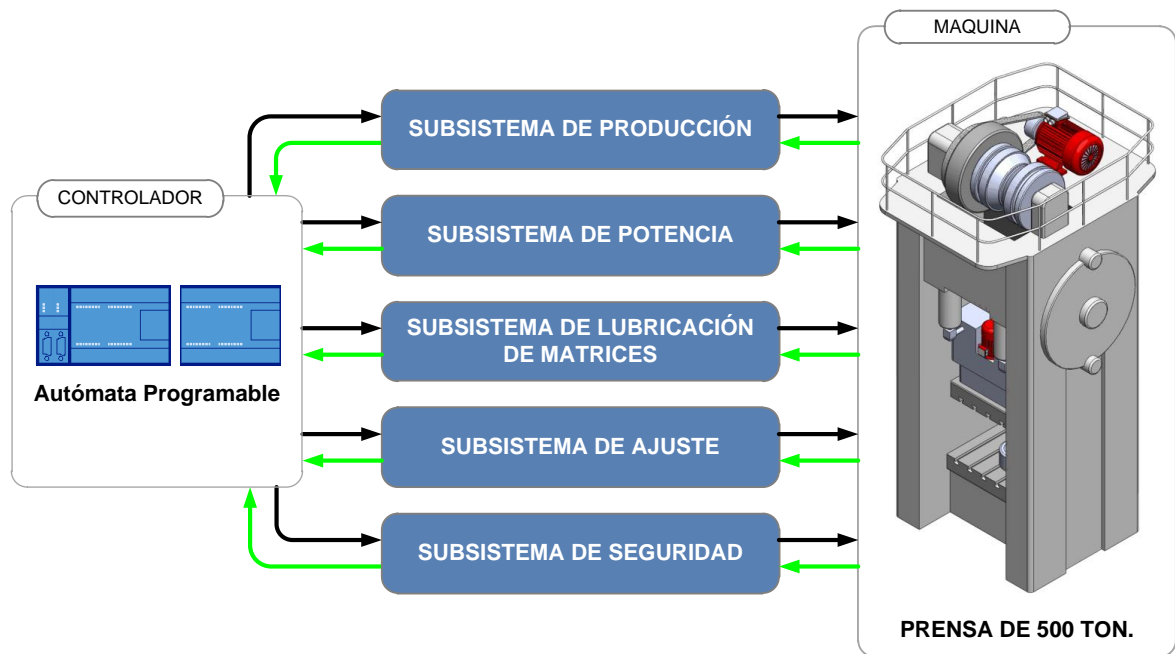
En el proceso de comunicación entre la parte operativa y la parte de control, se utilizan sensores, preactuadores y actuadores, quienes se agrupan según la necesidad (lubricación, arranque, parada, etc.) del proceso, logrando con esto un mejor análisis, mayor comprensión del modelo estructural del sistema automatizado, esta clasificación o grupos se conocen como “subsistemas”. La estructuración de estos subsistemas permitió realizar un diseño más complejo y detallado de cada una de las funciones a atender por parte del sistema automático, al tiempo que facilitó el diseño del programa de control y su representación de forma más legible y ordenada.

De acuerdo con el análisis realizado de las necesidades del proceso, se diseñaron los subsistemas que serían implementados, teniendo en cuenta que el Sistema Automatizado sería controlado por un API (Autómata Programable Industrial). Por medio de estos se puede captar (Sensores) o ejecutar (Actuadores) de manera estructurada las órdenes dadas por el controlador, satisfaciendo las exigencias del proceso productivo.

4.2 SUBSISTEMAS IMPLEMENTADOS

En la realización del diseño del sistema automatizado de la prensa se crearon cinco subsistemas principales. Cabe aclarar que conceptualmente un elemento puede pertenecer a varios subsistemas simultáneamente, pero este solo será descrito donde tenga mayor influencia. Por ejemplo el presostato, está ligado a todos los subsistemas, pero tiene mayor intervención sobre el subsistema de producción.

Figura 11. Estructuración de los subsistemas del automatismo



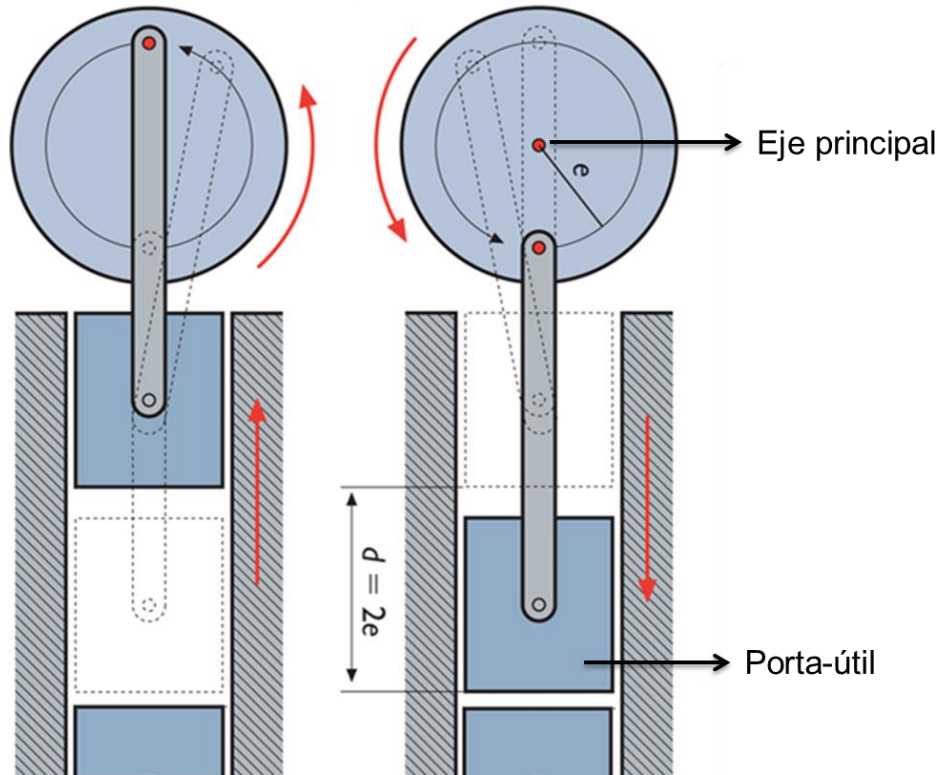
A continuación se expondrá cuales equipos o dispositivos de campo se incluyeron en cada subsistema,

4.2.1 SUBSISTEMA DE PRODUCCIÓN

Los elementos de este subsistema permiten el desplazamiento del porta-útil, principalmente para realizar los ciclos productivos o prensado de piezas, aunque también se pueden realizar marchas de test, mantenimiento y ajustes.

El desplazamiento del porta-útil se realiza por medio de un mecanismo biela-manivela como se observa a continuación, el embrague es el encargado de acoplar y transmitir la potencia del motor principal a eje de la máquina.

Figura 12. Movimiento del porta-útil en producción

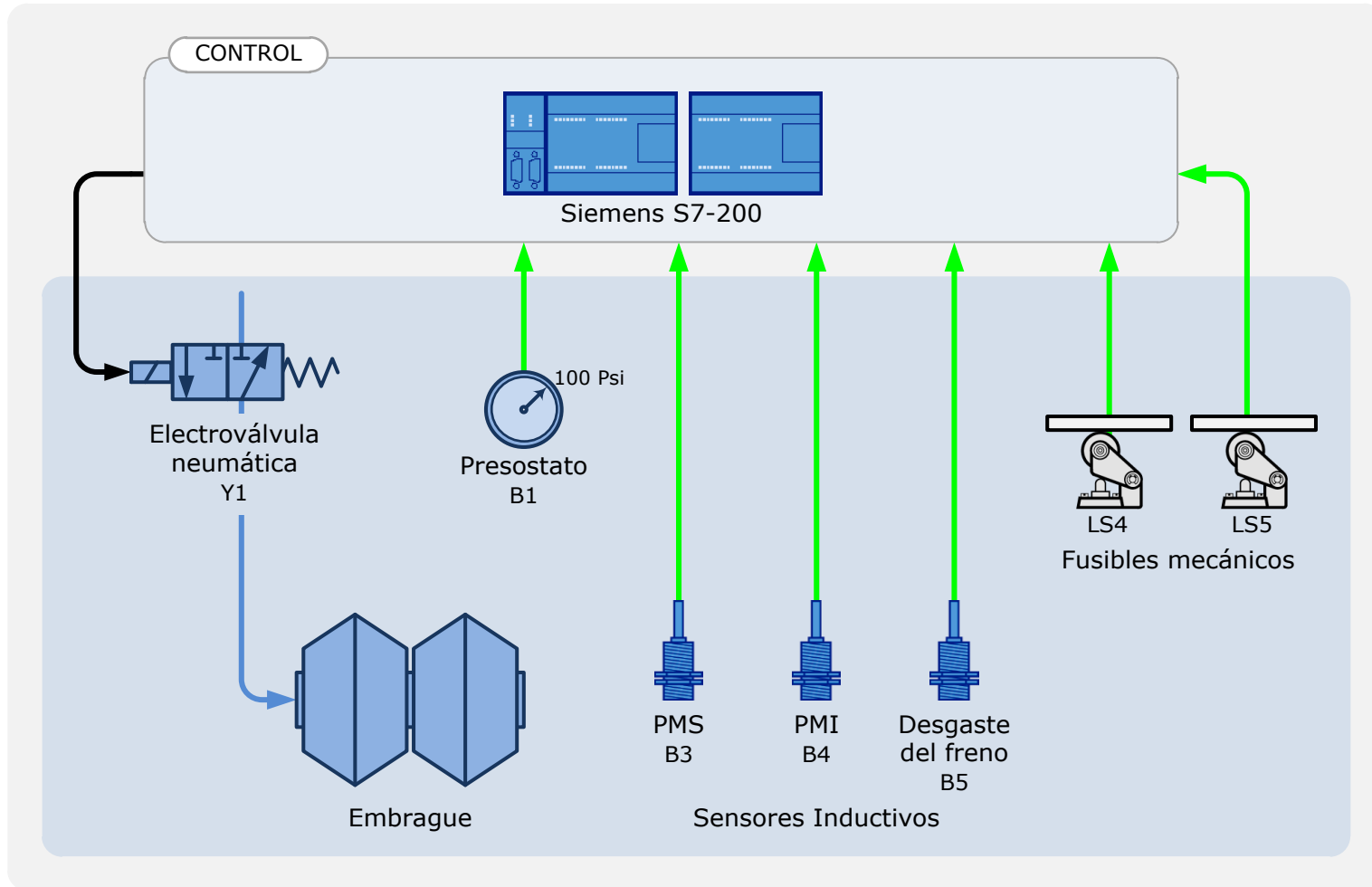


En la figura 13 se puede observar los diferentes elementos que integran este subsistema, y a continuación se realizará una explicación de la función de cada uno de los componentes del subsistema.

4.2.1.1 Actuador

El embrague es el encargado de realizar las acciones vinculadas a este subsistema y es accionado por la electroválvula neumática “Y1” (pre-actuador), que se encuentra normalmente cerrada como se puede observar en la figura 13.

Figura 13. Subsistema de producción



La unidad combinada embrague freno a comando neumático está constituida de tres elementos fundamentales: la carcasa, el disco de embrague y el disco de freno. El disco de embrague debe está vinculado al órgano rotativo de la máquina, en este caso al volante. El disco de freno esta fijo a la parte estática de la máquina.

Funcionamiento

Para embragar, la válvula electro neumática inyecta aire comprimido en la cámara, con lo que el pistón se separa del disco de freno comprimiendo los resortes. Con la suficiente presión de aire, el pistón empujara el disco del embrague contra el cuerpo, produciendo así el acoplamiento y transmitiendo por fricción el giro del volante al freno-embrague, y a través de éste, al eje de la máquina.

Para desembragar se desactiva la válvula electro-neumática, sacando el aire de la cámara. Al no tener presión de aire aplicada, los muelles desplazan el pistón liberando el disco del embrague y los resortes que están apoyados sobre el cuerpo presionan el disco del freno contra la cámara con lo que se provoca la parada del embrague y el eje de la máquina.

Si se corta la presión de aire en la cámara, o si baja debido a perdidas, y el embrague se desacopla, inmediatamente se produce el frenado. Es imposible que se solapen el embragado y frenado.

4.2.1.2 Sensores

Los captadores que componen este subsistema son:

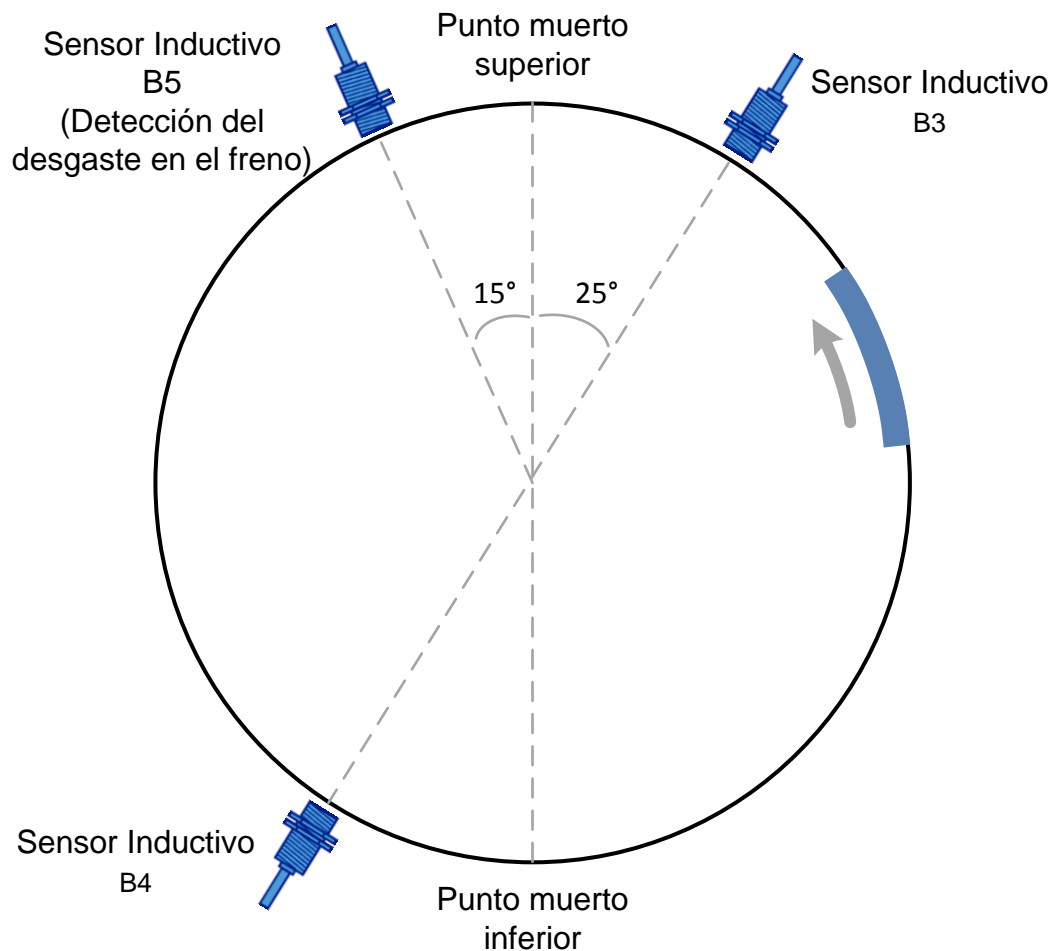
4.2.1.2.1 Punto muerto superior e inferior

Los captadores principales de este subsistema son los que dan el posicionamiento del porta-útil en el punto muerto superior o inferior, los cuales son utilizados en

diversas funciones del automatismo. Esto se realiza por medio de los sensores inductivos B3 y B4, los cuales detectan el resalto de un disco de acero que está unido al eje de la máquina.

El freno del embrague no puede detener el eje instantáneamente, por esta razón se colocan los sensores antes de llegar a los puntos muertos como se puede observar en la figura. El cálculo de esta distancia se realizó mediante un sinnúmero de pruebas de calibración.

Figura 14. Sensores inductivos del subsistema de producción



4.2.1.2.2 Detección del desgaste en el freno

El habitual uso del embrague produce desgaste en las superficies de fricción, lo que ocasiona el aumento en el tiempo de acoplamiento y frenado de las masas rotantes. Un excesivo desgaste en las superficies de fricción del freno, no solo podría ocasionar daños en los componentes del embrague también habría un frenado deficiente, produciendo que el porta-útil se desplace por su propia inercia aunque no se encuentre embragado, ocasionando una situación insegura para el personal.

En condiciones normales el eje debe detenerse antes de que el resalto llegue al sensor inductivo B5, si esto llegase a suceder se activará una alarma indicando el desgaste excesivo en el freno del embrague, llevando la maquina a un estado de emergencia.

4.2.1.2.3 Fusibles mecánicos

La máquina cuenta con dos fusibles mecánicos, los cuales son dispositivos que se fracturan cuando la fuerza de trabajo en la maquina supera la fuerza de diseño (500 Ton.). En el momento del rompimiento los fusibles, estos accionan los sensores electromecánicos que a su vez envían una señal de lo sucedido al autómatas, obligando a una parada del sistema y con esto prevenir elevados esfuerzos en los componentes de la máquina. Esto sucede cuando hay una mala operación por parte del personal, como puede ser el choque del porta-útil contra la mesa o un mal posicionamiento de las piezas sobre la matriz.

4.2.1.2.4 Presostato

La presión de aire mínima necesaria para el adecuado funcionamiento de la maquina es de 100 Psi. Una presión menor a la requerida no es suficiente para accionar el embrague y producir el desplazamiento del porta-útil. Por esta razón el presostato está tarado a esta presión.

La presión normal del sistema de alimentación neumático de la empresa se encuentra alrededor de 150 Psi. Si el presostato sensa una presión menor a su taraje, significara una caída de presión del sistema de alimentación mayor a 50 Psi, e indudablemente un fallo o daño en este sistema.

Adicionalmente, una presión menor a la requerida por la máquina llevará al automatismo a un estado de emergencia, como se analizará en capítulos posteriores.

4.2.2 SUBSISTEMA DE POTENCIA

El subsistema de potencia como su nombre lo dice es el encargado de brindar la fuerza necesaria para la realización del trabajo de la maquina (prensado). En la figura 15 se observa un esquema del subsistema de potencia con los elementos que lo integran.

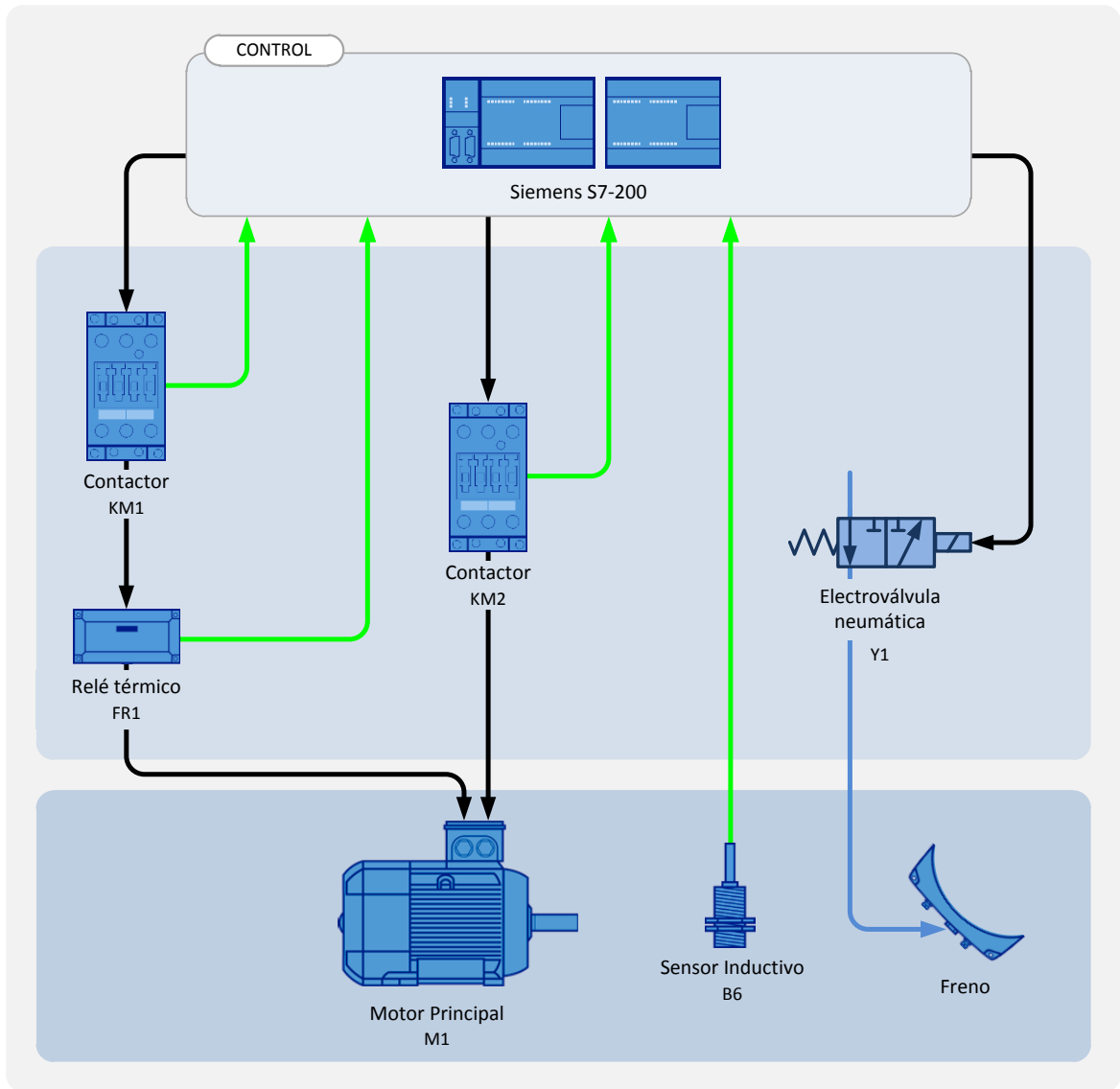
4.2.2.1 Motor Principal

Esta potencia es suministrada por un motor con rotor bobinado de 75 Hp. Este tipo de motor tiene como ventaja un arranque suave con un torque elevado, logrando vencer con facilidad la elevada inercia del volante de la máquina.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del motor principal

Fabricante	AEG
Referencia	AM 50/4R
Velocidad	1800 rpm
Potencia	56 kW - 75 Hp
Corriente	127 A
Tensión	440 AC

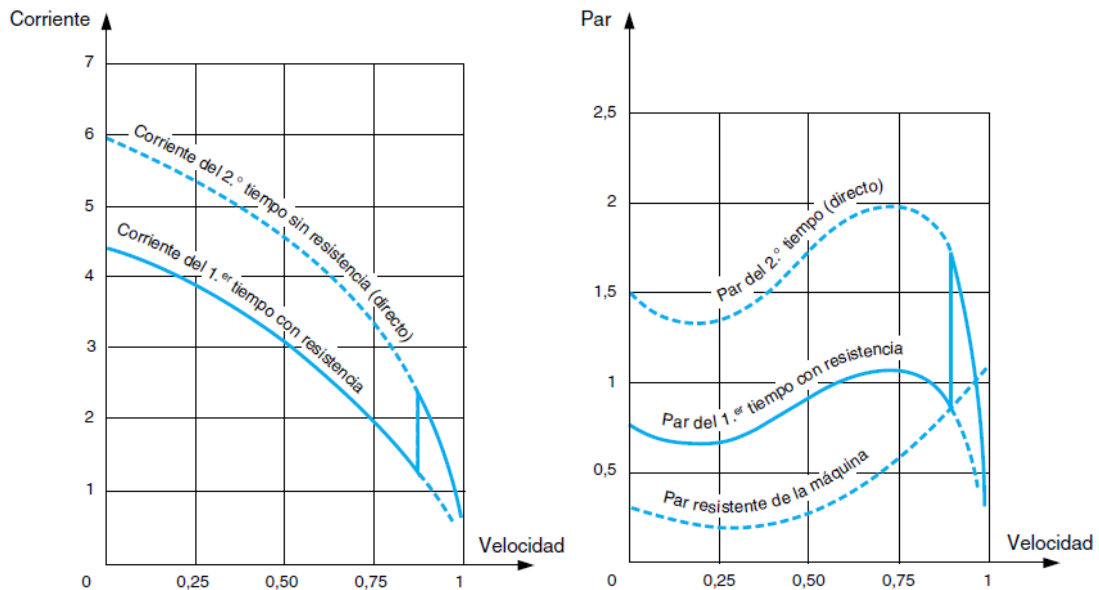
Figura 15. Subsistema de Potencia



El primer análisis que se realizó es la identificación de los preactuadores y su correcta secuencia de activación en el momento del arranque del motor. Ya que un motor de anillos rozantes no puede arrancar en directo sin provocar elevados picos de corriente, es necesario insertar en el circuito rotórico resistencias que se cortocircuiten progresivamente, al tiempo que se alimenta el estator a toda la tensión de red. Utilizando las resistencias rotóricas, se puede conseguir un arranque suave con un par elevado durante todo el periodo de arranque. La

intensidad, y por tanto el consumo, se mantiene moderada durante el periodo de arranque.

Figura 16. Curvas características del arranque de un motor de anillos.



El Arranque mediante resistencias rotóricas consiste en intercalar, durante el periodo de arranque, una resistencia en serie entre la línea y el estator del motor, con objeto de limitar el valor de la corriente de arranque. La eliminación de esta resistencia se realiza automáticamente después de tiempo determinado, en este caso será de 30 s. Su característica principal es la reducción del par motor y la corriente consumida durante el periodo de arranque.

4.2.2.2 Freno

Para mayor seguridad, el subsistema cuenta con un freno neumático que normalmente se encuentra accionado, cuando se enciende el motor principal el automatismo abre la válvula electromecánica Y1 y suelta el freno. En el apagado de la maquina o en estado de emergencia el freno ayuda a detener rápidamente el movimiento del motor.

4.2.2.3 Señales de confirmación

El subsistema cuenta con un sensor inductivo instalado en el volante del motor, por medio de esta señal el automatismo puede calcular la velocidad del motor y supervisar el funcionamiento normal del actuador.

No solamente se puede obtener señal de confirmación por medio de este sensor, también se pueden obtener de los contactores y protecciones por medio de sus contactos auxiliares. Esto facilita el hallazgo de fallas en el subsistema y las tareas de mantenimiento.

4.2.3 SUBSISTEMA DE SEGURIDAD

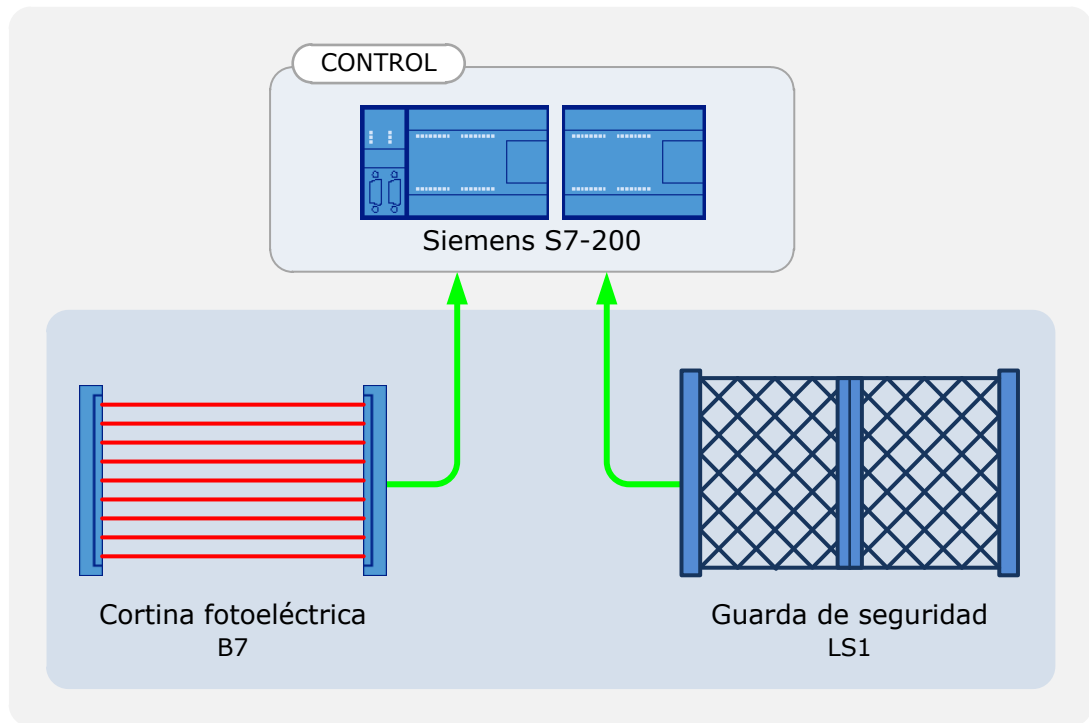
La seguridad se define como la capacidad de un sistema para que, ante la presencia de un fallo en el o una acción incorrecta sobre el mismo, no alcance un estado en el que se pueda producir daño al proceso del que forma parte, a su entorno o a los seres humanos que lo utilizan. La seguridad es por lo tanto la probabilidad de que un sistema realice sus funciones de forma correcta o deje de hacerlo de manera tal que no se comprometa la operación, ni se provoquen situaciones peligrosas para el personal asociado al mismo.

Con lo anteriormente expuesto, se define el subsistema de seguridad como aquel que es capaz de detectar una situación crítica en el proceso o en la máquina y de tomar las medidas adecuadas para evitar que se convierta en peligrosa, es decir que se produzca un accidente.

Cuando se avería alguno de los elementos que componen el sistema o se actúa incorrectamente sobre ellos, por ejemplo abriendo la puerta posterior o invadiendo

la mesa de trabajo con alguna parte del cuerpo, el automatismo pasa a un estado seguro inhabilitando algunas de las funciones.

Figura 17. Subsistema de seguridad



La seguridad también implica la introducción de elementos redundantes que detectan los fallos, instalación de sensores de proximidad, utilización de señales de confirmación de accionamiento, etc., como estos elementos también se encuentran ligados a otros subsistemas, la descripción de los mismo se encuentra donde tienen mayor influencia.

4.2.3.1 Sensores

Se deben establecer medidas de seguridad para reducir el riesgo hasta un nivel tolerable. La reducción del riesgo puede realizarse mediante el adecuado diseño del sistema, instalando elementos de seguridad o dispositivos electro-sensibles.

En la maquina se instalaron una cortina fotoeléctrica y una guarda de seguridad, el objetivo de estos elementos es la protección del área de trabajo para evitar un accidente, impidiendo la presencia de objetos o alguna parte del cuerpo de un operador en áreas peligrosas.

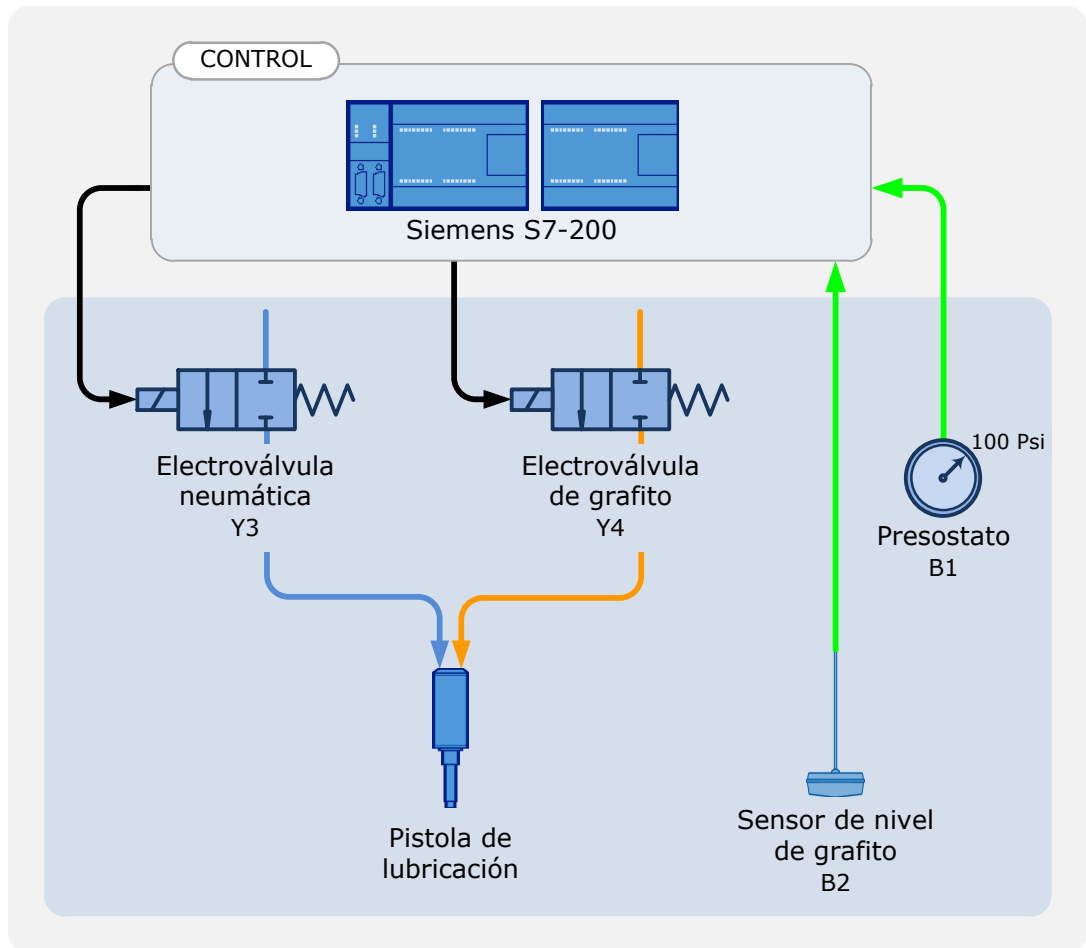
La razón de colocar una guarda o compuerta de seguridad en la parte posterior, se debe a que es más resistente al trabajo realizado en la máquina, el costo de adquisición es mucho menor y en este lugar no se realiza ninguna operación por parte del personal.

Por el contrario en el frente de la máquina, era necesario un sistema que no incomodara la labor del personal, pero que igualmente protegiera el área de trabajo de objetos o del mismo personal. Por esta razón se instaló una cortina fotoeléctrica.

4.2.4 SUBSISTEMA DE LUBRICACIÓN DE MATRICES

Los elementos de este subsistema permiten la lubricación o limpieza de las matrices, impactando directamente en la calidad de las piezas forjadas, en la vida de las herramientas y en la eficiencia de la producción. En la siguiente figura se puede observar los diferentes elementos que integran este subsistema.

Figura 18. Subsistema d lubricación



A continuación se realizará una explicación de la función de los componentes de este subsistema.

4.2.4.1 Actuadores

El tipo de lubricación de matrices utilizado en la prensa, se realiza por medio de la mezcla de grafito líquido y aire a presión. Por esta razón el sistema cuenta con dos electroválvulas, una para la inyección de aire y la otra para suministrar grafito. El automatismo controla la secuencia y los tiempos de accionamiento de estos dos actuadores.

La mezcla es realizada por medio de la pistola de lubricación, la cual permite la pulverización y el ajuste de la cantidad de grafito inyectado, logrando con esto un recubrimiento más uniforme sobre las paredes de la matriz

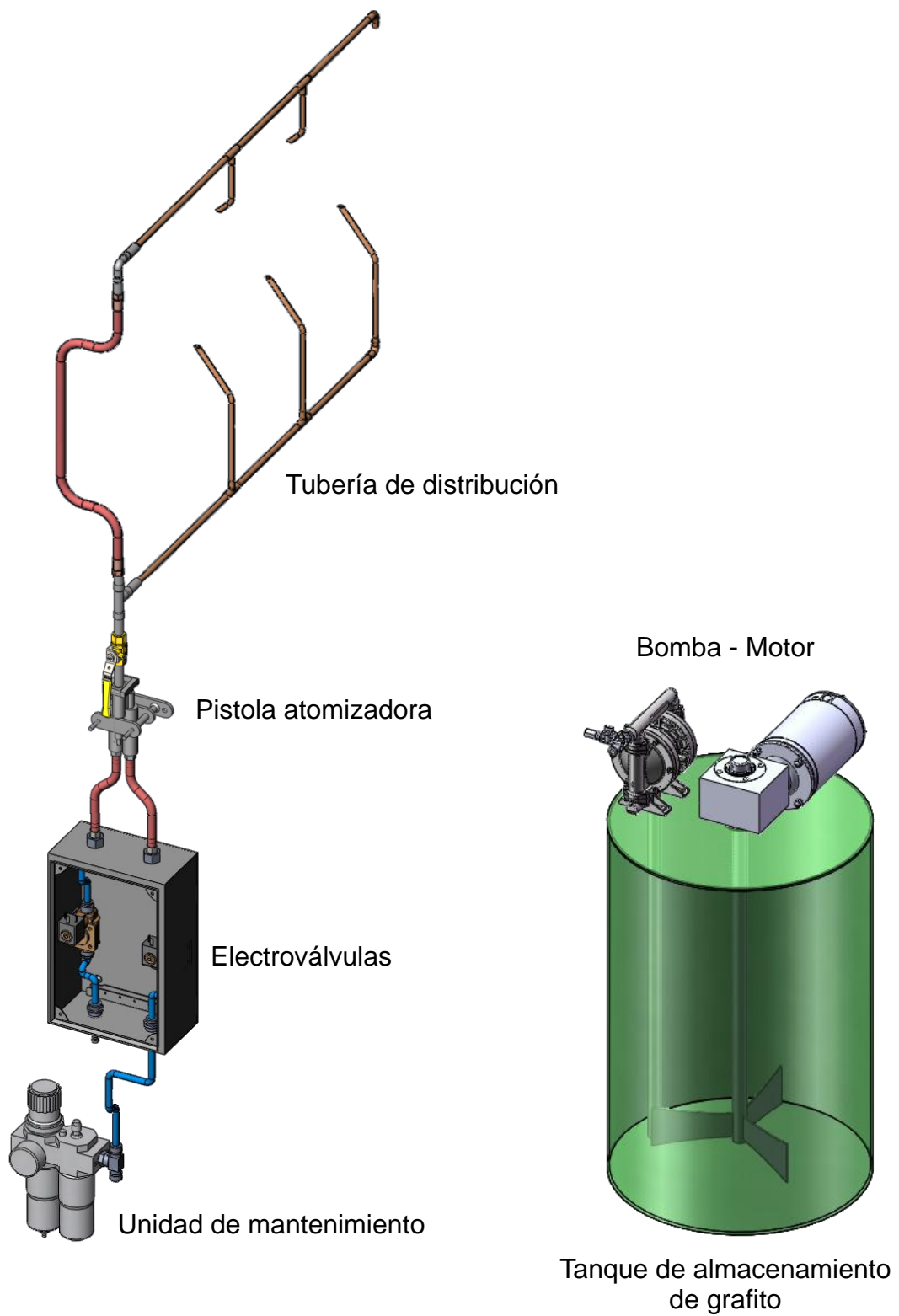
4.2.4.2 Sensores

El sistema puede detectar un bajo nivel de lubricante por medio de un sensor ubicado en el tanque de almacenamiento. En caso de agotamiento de grafito el automatismo informa al operador y detiene el ciclo de lubricación hasta que se abastezca nuevamente el tanque con grafito, previniendo que se produzcan daños en el sistema de distribución.

Debido a que el subsistema necesita una presión mínima de funcionamiento para que la lubricación sea efectiva, el accionamiento del ciclo también se encuentra ligado a la señal del presostato de la máquina.

A continuación se observa el diseño del montaje de los componentes del subsistema de lubricación de matrices.

Figura 19. Diseño del subtema de lubricación



4.2.5 SUBSISTEMA DE AJUSTE

Los componentes de este subsistema permite el movimiento del porta-útil para realizar el ajuste de la maquina antes de comenzar la producción de cada pieza. Su finalidad es ajustar la altura existente entre la mesa de trabajo y el porta-útil, dependiendo de las dimensiones de la matriz a utilizar.

El ajuste y puesta a punto del porta-útil, influye en el correcto funcionamiento de la máquina, y es un factor importante para lograr una alta calidad en la producción. Un mal ajuste puede provocar el choque de las dos caras de la matriz, provocando daños no solamente a la matriz, sino también a los componentes de la máquina.

En la figura 20 se puede observar los diferentes elementos que integran este subsistema. A continuación se realizará una explicación de la función de los componentes de este subsistema.

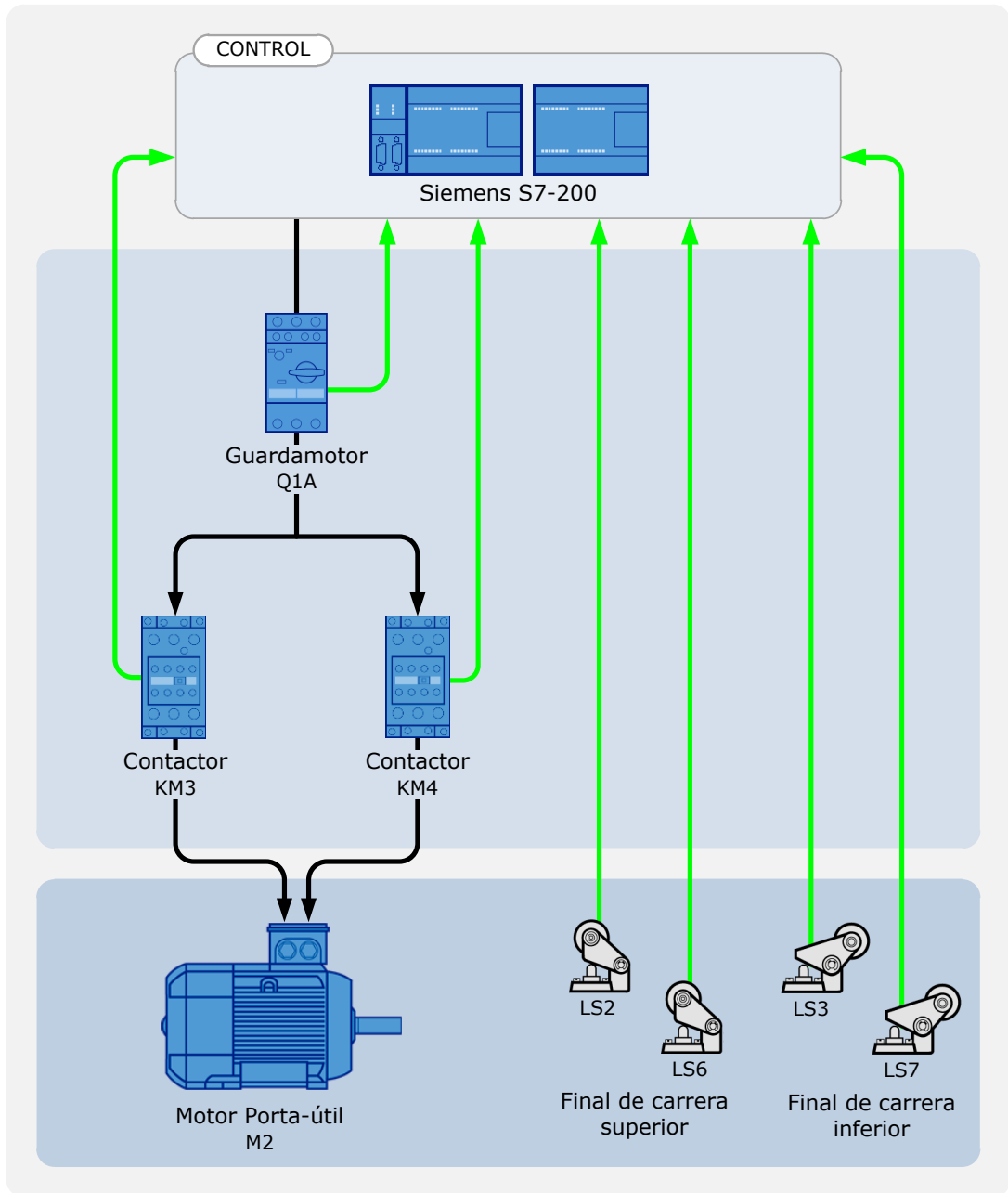
4.2.5.1 Actuadores

Este subsistema está compuesto por un motor de 10 Hp que al girar mueve una transmisión por engranes, la cual a su vez desplaza el porta-útil sobre su eje, realizando el ajuste de este. Dependiendo del sentido de giro del motor, se hará el ajuste, si gira en sentido horario, subirá el porta-útil realizando un ajuste hacia arriba, si cambiamos el sentido hará el ajuste opuesto.

4.2.5.2 Preactuadores

Para realizar el cambio de sentido de giro del motor, el subsistema cuenta con dos contactores, cuya finalidad es el intercambio de fases en el motor, estos no pueden estar activados simultáneamente.

Figura 20. Subsistema de ajuste



4.2.5.3 Sensores

Para prevenir daños en los elementos por choques en los extremos del recorrido de ajuste, el subsistema cuenta con finales de carrera en el extremo superior e inferior del recorrido. La utilización de elementos redundantes en los finales de carrera se debe a que estos se encuentran ubicados en un lugar de difícil acceso, dificultando las operaciones de mantenimiento o reposición del equipo. En caso de falla, el operador por medio del visualizador de textos puede desactivar la señal del sensor que se encuentra dañado, sin obligar a una parada no programada de la operación. En caso de falla de ambos sensores, el automatismo inhabilita el subsistema de ajuste como prevención a daños que se pueden ocasionar.

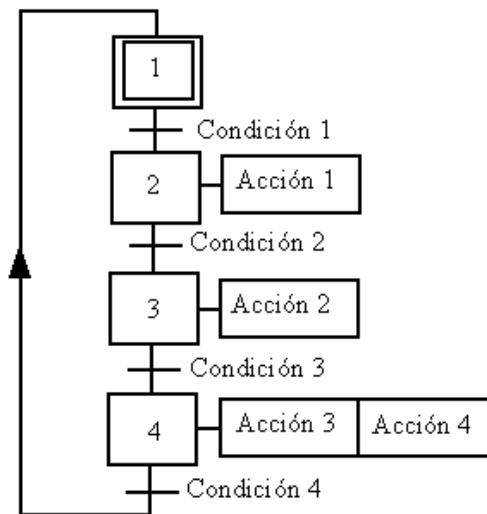
5. DISEÑO BASADO EN GRAFCET PARA EL AUTOMATISMO LOGICO SECUENCIAL DE LA PRENSA

5.1 INTRODUCCION

Hoy en día la automatización de los procesos industriales se convierte en una realidad para la industria, por tal razón se hace necesario contar con una herramienta metodológica que ayude en el diseño y desarrollo de automatismos con el fin de apoyar los diferentes procesos.

El GRAFCET (Grafica de Control de Etapas de Transición) es una herramienta funcional que proporciona una representación en forma de diagrama las secuencias del funcionamiento de equipos industriales, sirve para elaborar un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, ejecución de las acciones a realizar, y los procesos intermedios. Fue creado en Francia, en el año 1977, por AFCET (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique) y ADEPA (Association pour le Développement de Production Automatisée).

Figura 21. GRAFCET descriptivo del proceso secuencial



Otra de las ventajas del Grafcet es que en él se puede plasmar la solución de un problema de lógica secuencial, de una manera ordenada y muy sencilla, simbolizando la sucesión de las fases o estados de un ciclo de operación. Estas fases son llamadas “Etapas y Condiciones”. Las etapas tienen asociadas unas acciones que se ejecutarán cumpliendo con las condiciones impuestas por el proceso (Ver figura 21).

5.2 DISEÑO GRAFCET PARA EL AUTOMATISMO.

Con objeto de establecer un diseño basado en Grafcet para el automatismo lógico secuencial de la prensa, fue necesario separar mediante diagramas parciales el modelo global del mismo, cada uno de estos diagramas Grafcet parciales mostrara las diferentes operaciones que puede realizar este sistema automatizado, teniendo en cuenta que estos modos de funcionamiento han sido establecidos para dar solución a las necesidades de la operación.

A continuación se expondrán las diferentes modos de funcionamiento diseñados para el sistema automático.

5.2.1 Encendido y apagado del motor principal

La primera función que se estableció para la operación de la prensa es el encendido de la prensa que tiene un tratamiento especial, debido a que el proceso normal de puesta en marcha del motor principal se efectúa de forma gradual por medio de un arranque con resistencias. Adicionalmente, el subsistema de potencia, encargado de esta marcha cuenta con un freno de seguridad que debe ser desactivado antes de arrancar el motor. La secuencia de apagado de la máquina, se realiza desactivando el motor y seguidamente se activa el freno de seguridad.

Para el arranque gradual del motor principal, el automatismo por medio de un sensor inductivo registra y verifica la velocidad de giro del volante. Los contactos auxiliares de los contactores envían una señal de confirmación de la activación o desactivación de estos.

5.2.2 Ciclo de prensado de piezas

Este ciclo está incluido en el subsistema de producción ya que sus componentes son los encargados de realizar este ciclo de operación. Su función no solo es realizar el prensado de las piezas, sino también establecer las condiciones mínimas de seguridad y confiabilidad de los equipos en la operación. También está estrictamente condicionado al subsistema de seguridad, ya que si detecta una situación insegura, el automatismo suspende el ciclo y detiene inmediatamente el movimiento del porta-útil.

Hay diversos modos de funcionamiento del proceso que podrían realizarse en el sistema automatizado, entre estos se encuentra el funcionamiento semiautomático (Marcha ciclo a ciclo – ciclo único) que necesita la autorización del operador para ejecutarse paso por paso. También se tiene el Funcionamiento Automático (Marcha con ciclos continuos) el cual garantiza que al dar la orden de inicio o arranque, el sistema permanezca funcionando de forma ininterrumpida hasta generarse la orden de finalización o apagado normal.

5.2.3 Ciclo de lubricación de matrices

La secuencia de lubricación consiste en limpiar la matriz inyectando aire a presión para garantizar la limpieza de la superficie a lubricar, después se realiza la lubricación con una mezcla de grafito y aire a presión que será la encargada de proteger la superficie de ralladuras al momento del prensado. Los tiempos de inyección de aire y lubricación se pueden ajustar por el operador, dependiendo de

las condiciones de operación, los requerimientos de la pieza y la calidad de la matriz.

Igual que el ciclo de prensado de piezas, la lubricación de matrices tiene dos modos de funcionamiento; En el modo semiautomático cada vez que se va a iniciar un ciclo, se necesita la autorización del operador para ejecutarse. En el modo automático el ciclo comienza después de realizado el prensado y la extracción de la pieza.

5.2.4 Ciclo para ajuste del porta-útil.

Este ciclo es utilizado para el ajuste de la maquina antes de comenzar la producción. Su finalidad es garantizar el ajuste de la altura entre la mesa de trabajo y el porta-útil cuando se encuentre en el PMI (punto muerto inferior). Esta distancia dependerá de las dimensiones de la matriz a utilizar, razón por la cual, se debe realizar un nuevo ajuste cada vez que se desea cambiar el tipo de pieza a fabricar.

El ajuste y puesta a punto del porta-útil, influye en el correcto funcionamiento de la máquina, y es un factor importante para lograr una alta calidad en la producción. Un mal ajuste puede provocar un choque entre la dos caras de la matriz, provocando daños no solamente a la matriz, sino también a todos los componentes de la máquina. El ajuste de alturas y tolerancias en el porta-útil se realiza por medio de un motor de 10 Hp, dependiendo de su sentido de giro, se hará el ajuste. Si el motor gira en sentido horario, subirá el porta-útil realizando un ajuste hacia arriba, si cambiamos el sentido hará el ajuste opuesto.

5.2.5 Ciclo para el desplazamiento del porta-útil

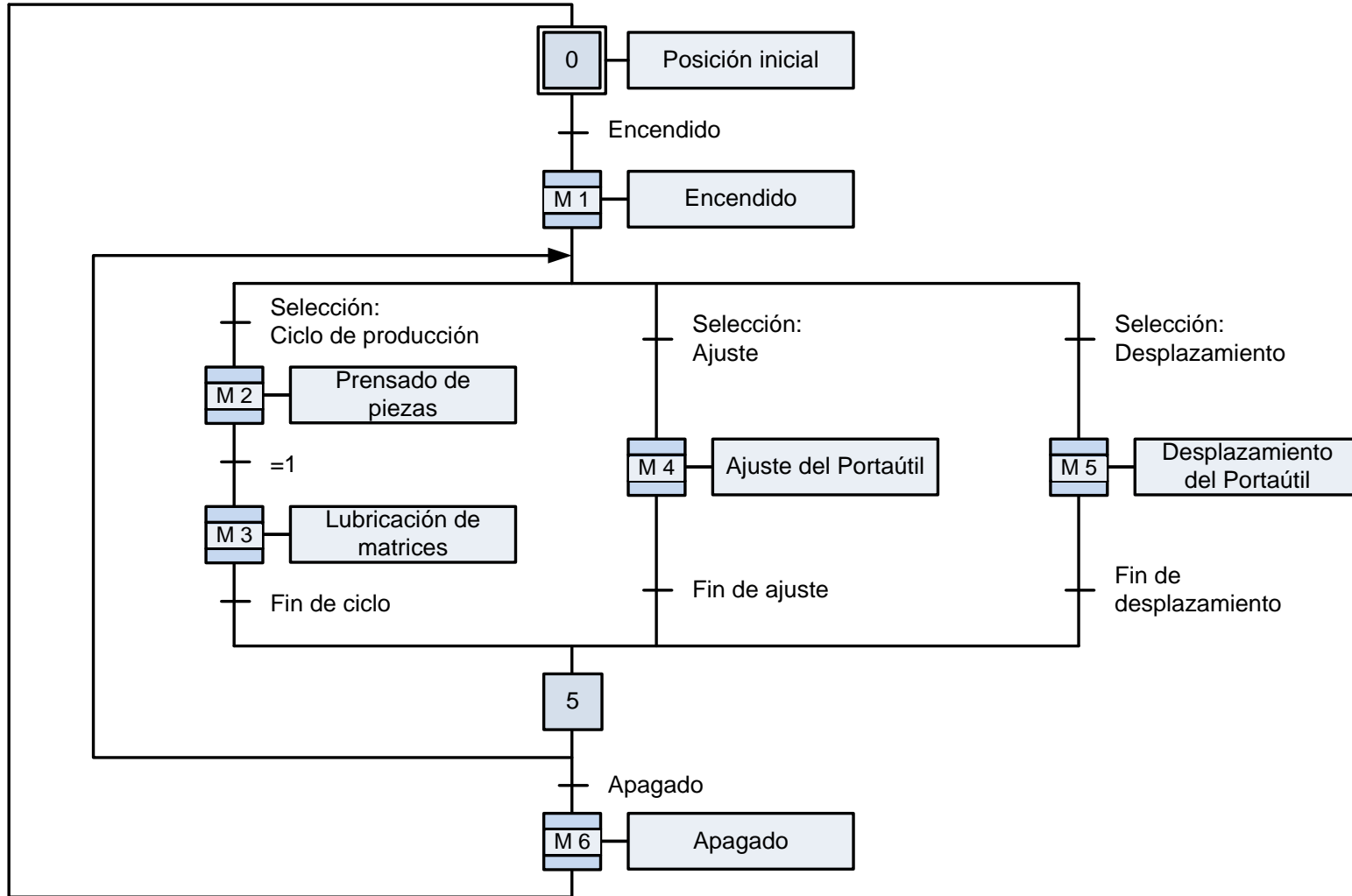
Es un modo de funcionamiento especialmente utilizado para la realización de pruebas en actividades de mantenimiento o reparación, haciendo posible el

posicionamiento del porta-útil en un determinado punto de carrera. También ayuda a posicionar el porta-útil para actividades de ajuste.

El desplazamiento se realiza por pulsos o llevando directamente el porta-útil al punto muerto inferior o superior. Dando como resultado una forma de operación mediante la cual se corrige funcionamientos imprevistos, fallos, averías o correcciones precisas en el funcionamiento de la máquina. Aunque este tipo de marcha no realice actividades de producción (prensado de piezas) deben ser realizados dentro de las condiciones de seguridad del automatismo.

Ya expuesto los diferentes modos de funcionamiento de la máquina, procedemos a mostrar el Graficet representativo del modelo global de la operación y los modos de funcionamiento que lo integran.

Figura 22. Graficet representativo del modelo global de la operación.



5.3 TIPOS DE GRAFCET IMPLEMENTADOS

Para el diseño y descripción del automatismo se utilizaron tres tipos de Grafcet que dieron las especificaciones necesarias para su correcto funcionamiento:

- GRAFCET de nivel 1: Descripción funcional
- GRAFCET de nivel 2: Descripción tecnológica
- GRAFCET de nivel 3: Descripción operativa

5.3.1 GRAFCET de Nivel 1: Descripción funcional

Este diagrama representa las especificaciones funcionales del automatismo; como las diferentes etapas por las que transcurre el proceso productivo y las acciones asociadas a cada una de ellas, sin indicar los elementos de accionamiento y control que serán utilizados.

En este primer nivel solamente interesa una descripción global del automatismo que permita comprender rápidamente su función. Este tipo de descripción se hace para explicar el funcionamiento de la maquina a la persona que la va a operar o supervisar.

Este Grafcet no contiene ninguna referencia a la tecnología utilizada; es decir no se especifica cómo le damos movimiento a la prensa (motores, electroválvulas, embrague, etc.), ni cómo detectamos su posición (finales de carrera, detectores inductivos, detectores fotoeléctricos, etc.).

A continuación se exponen los diferentes Grafcet de Nivel 1, para el funcionamiento del sistema automatizado.

Figura 23. Encendido del motor principal, Grafcet nivel 1

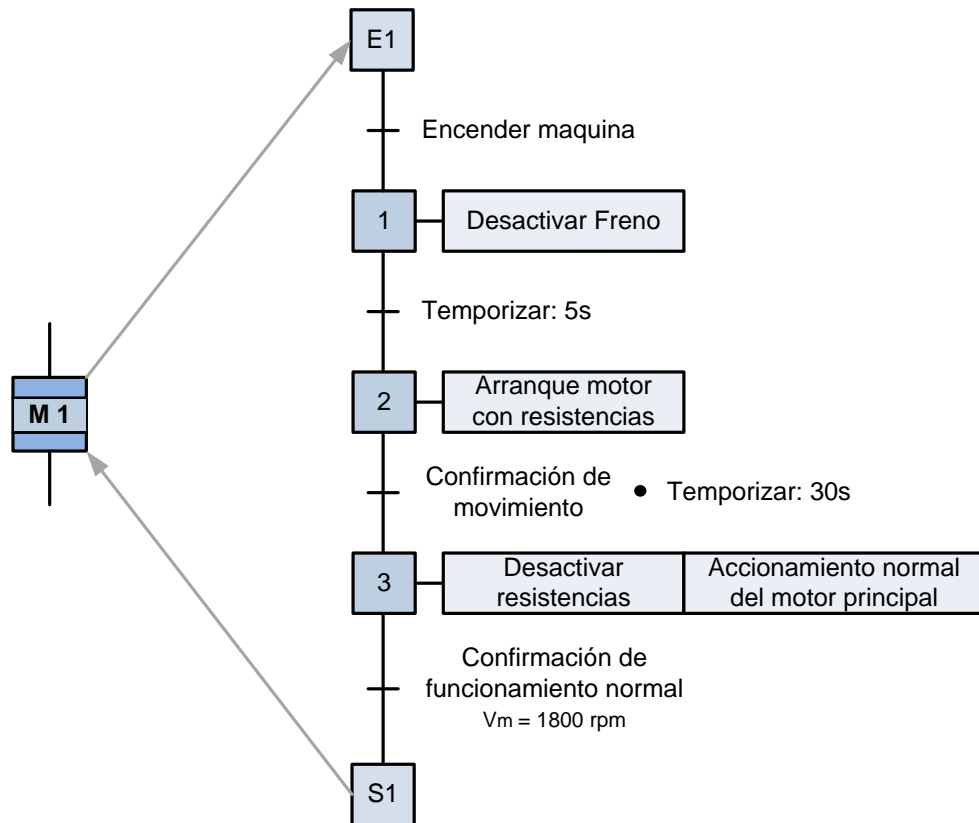


Figura 24. Apagado del motor principal, Grafcet nivel 1

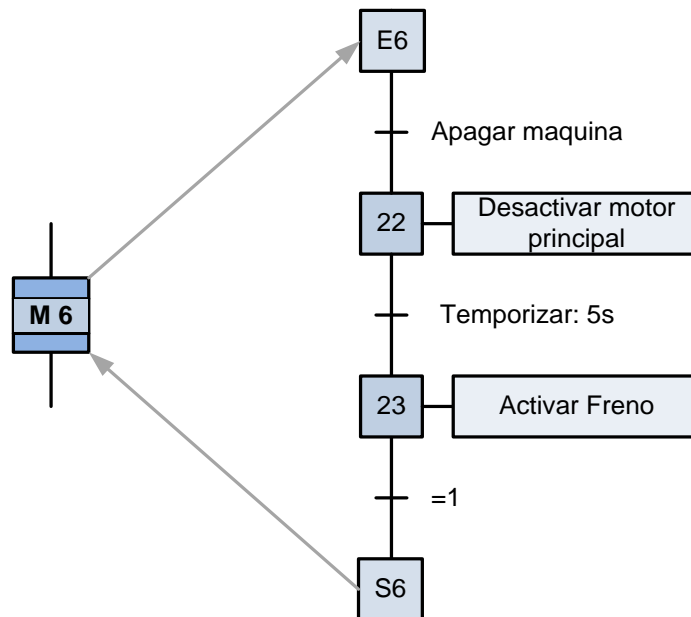


Figura 25. Ciclo de prensado de piezas, Grafcet nivel 1

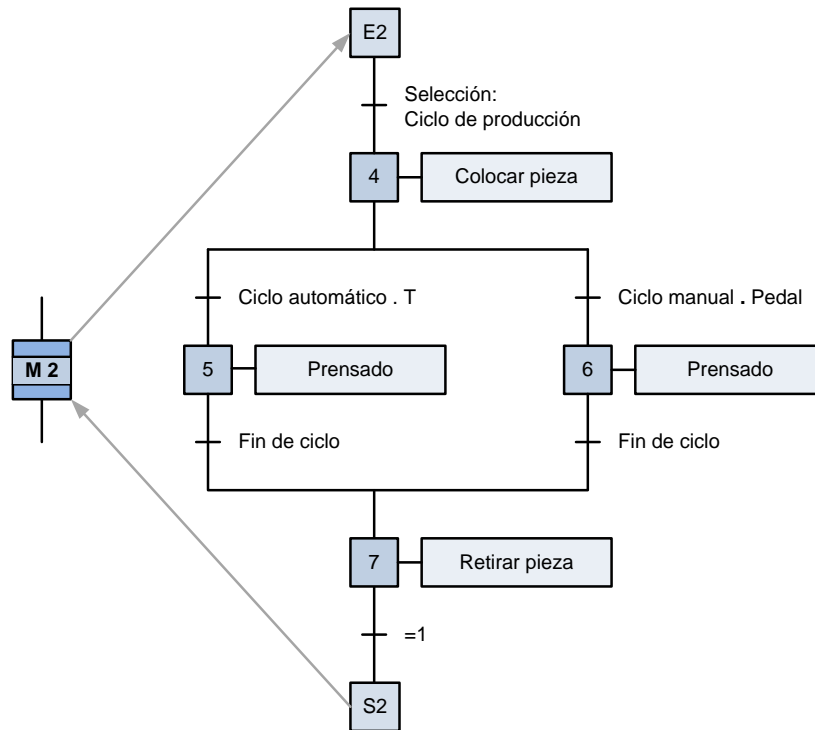


Figura 26. Ciclo de lubricación de matrices, Grafcet nivel 1

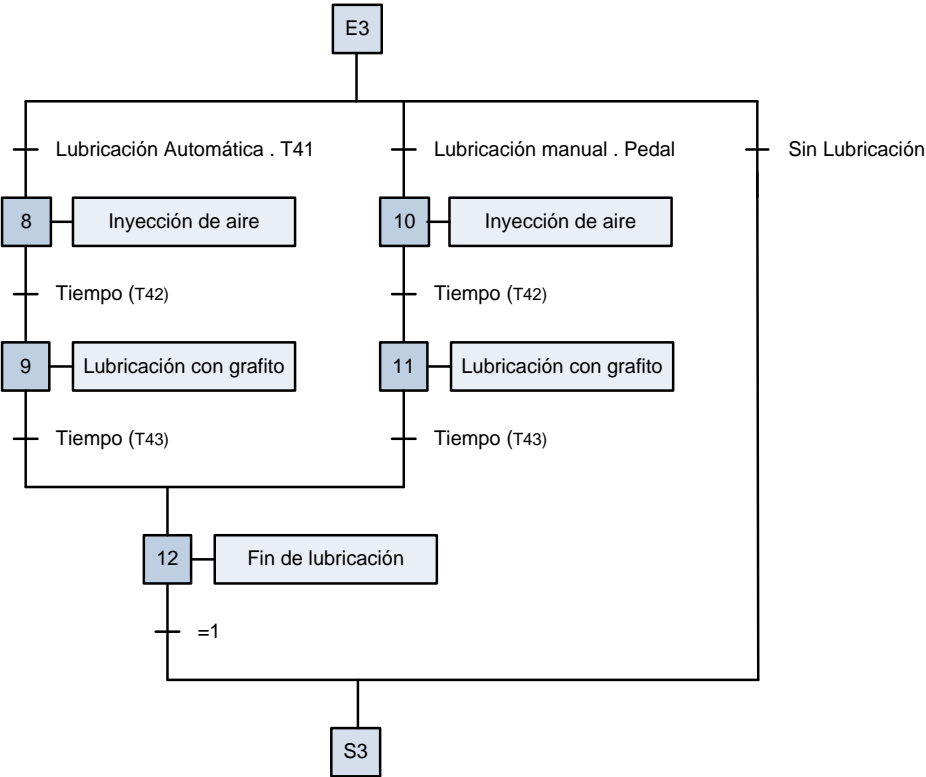


Figura 27. Ciclo para ajuste de Porta-útil, Grafcet nivel 1

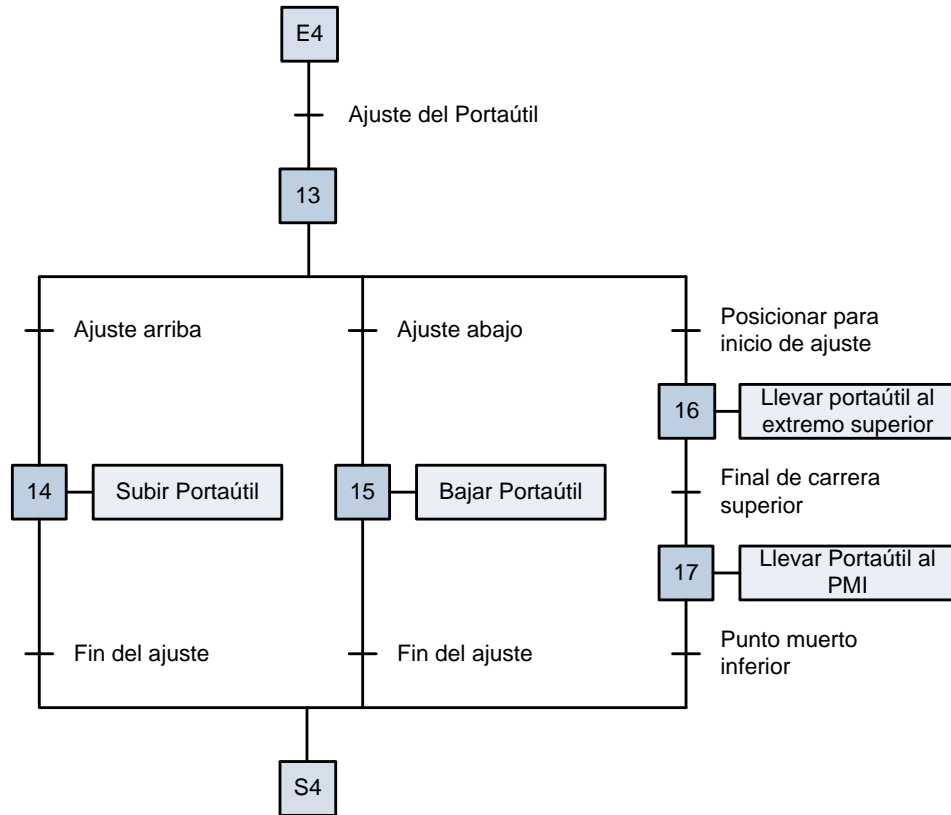
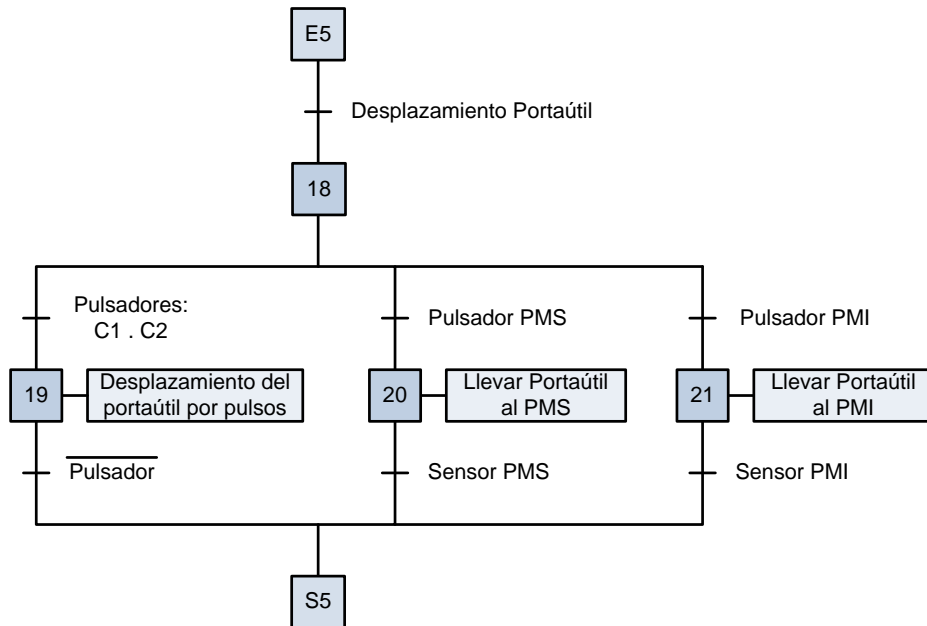


Figura 28. Ciclo para el desplazamiento de Porta-útil, Grafcet nivel 1



5.3.2 GRAFCET de Nivel 2: Descripción tecnológica

En este nivel se realiza una descripción a nivel tecnológico y operativo del automatismo. Quedando perfectamente definidas las diferentes tecnologías utilizadas para cada función. Este Grafcet describe las acciones que han de realizar los elementos escogidos; como los actuadores que intervienen en el proceso y los dispositivos o sensores que permiten al programa de mando conocer el estado o la posición de los elementos móviles de la máquina, completando así la estructura funcional de la máquina.

A continuación se exponen los diferentes Grafcet de Nivel 2, para el funcionamiento del sistema automatizado.

Figura 29. Encendido del motor principal, Grafcet nivel 2

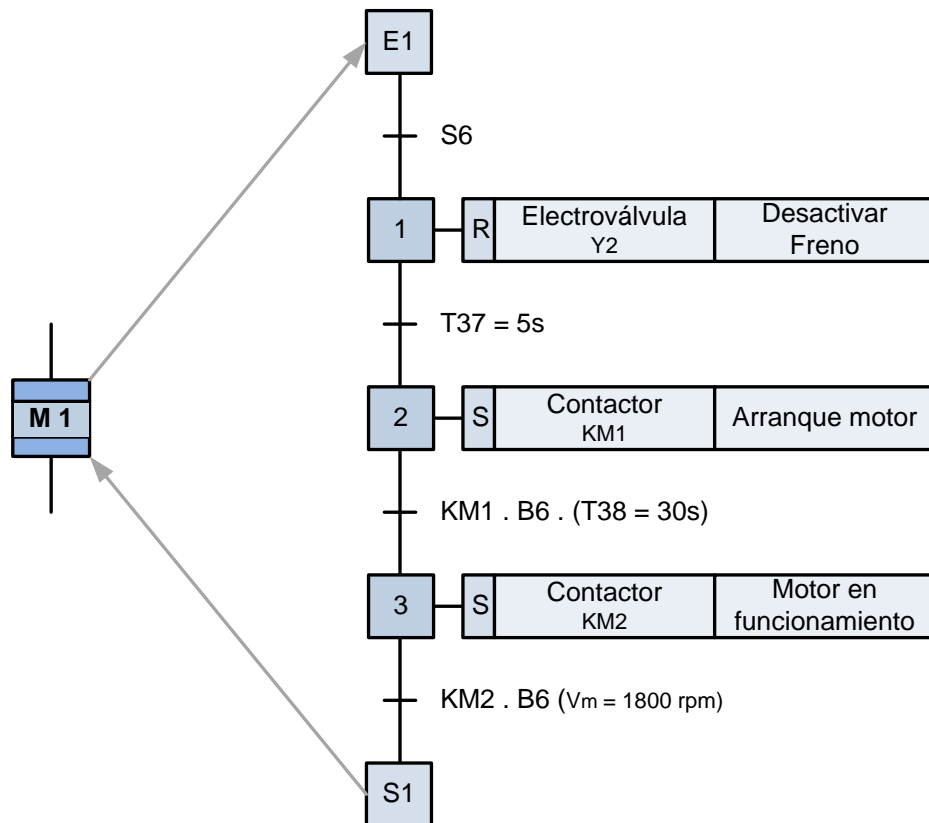


Figura 32. Ciclo de lubricación de matrices, Grafcet nivel 2

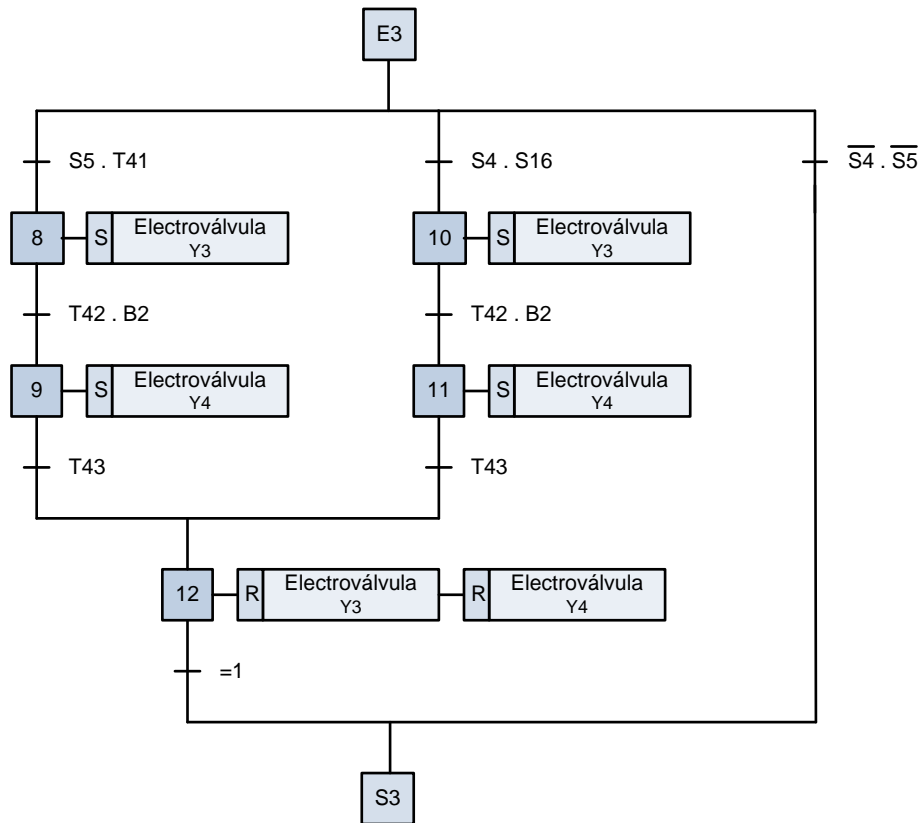


Figura 33. Ciclo para el desplazamiento de Porta-útil, Grafcet nivel 2

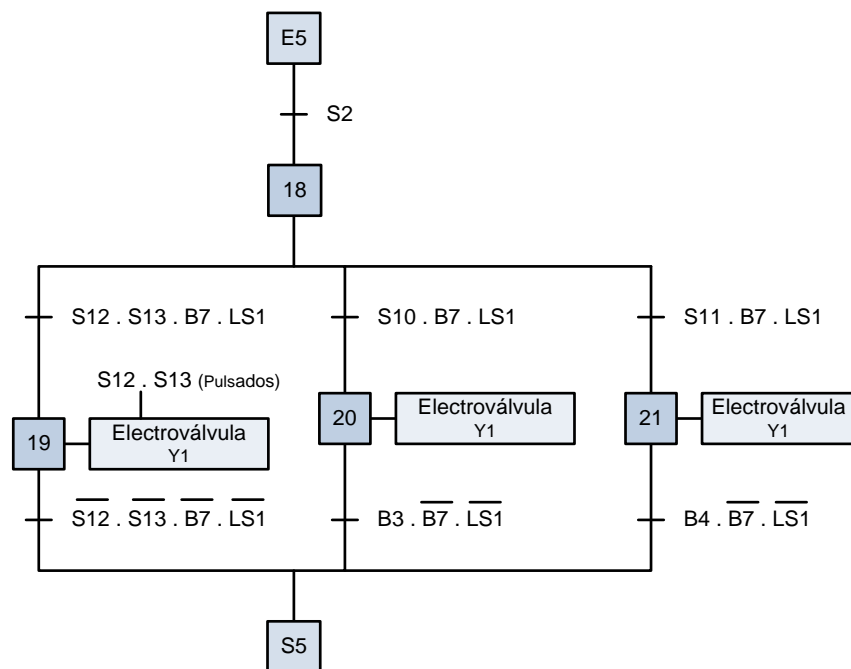
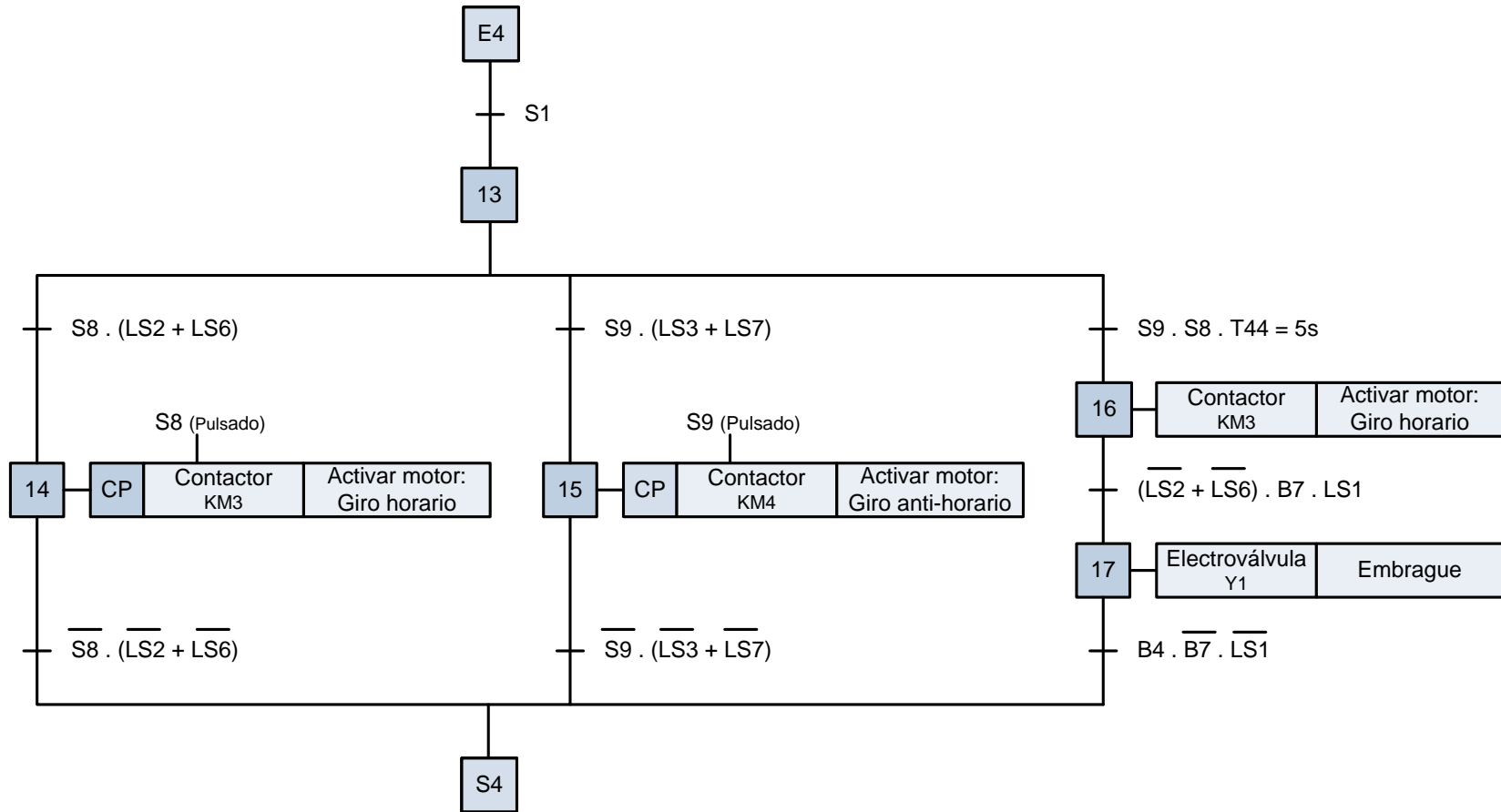


Figura 34. Ciclo para ajuste de Porta-útil, Grafcet nivel 2



5.3.3 GRAFCET de Nivel 3: Descripción operativa

En este nivel se implementa el autómata, ligando las señales del controlador con las acciones realizadas por la prensa. Con la elaboración de este Grafcet, se puede definir los requerimientos básicos para la selección del autómata programable industrial (API), como lo son el número de entradas/salidas y la capacidad de memoria que requiere el automatismo.

Antes de realizar el Grafcet de nivel 3, se deben tomar en consideración aspectos como tratamiento de alarmas, estados de emergencia, contingencias, situaciones de fallo, etc. Temas que serán abordados en el siguiente capítulo, razón por la cual el diseño final de este Grafcet se expondrá posteriormente.

6. DISEÑO BASADO EN GEMMA DE LOS MODOS DE MARCHAS Y PARADAS PARA EL AUTOMATISMO

6.1 INTRODUCCION

La automatización de máquinas de procesos industriales debe contemplar todos los posibles estados en que se puede encontrar una máquina o proceso. No solamente se debe contemplar en el programa el simple funcionamiento normal automático, sino las situaciones de fallo, de parada de emergencia, los procesos de mantenimiento, puesta en marcha de la máquina, las marchas de test y el control manual.

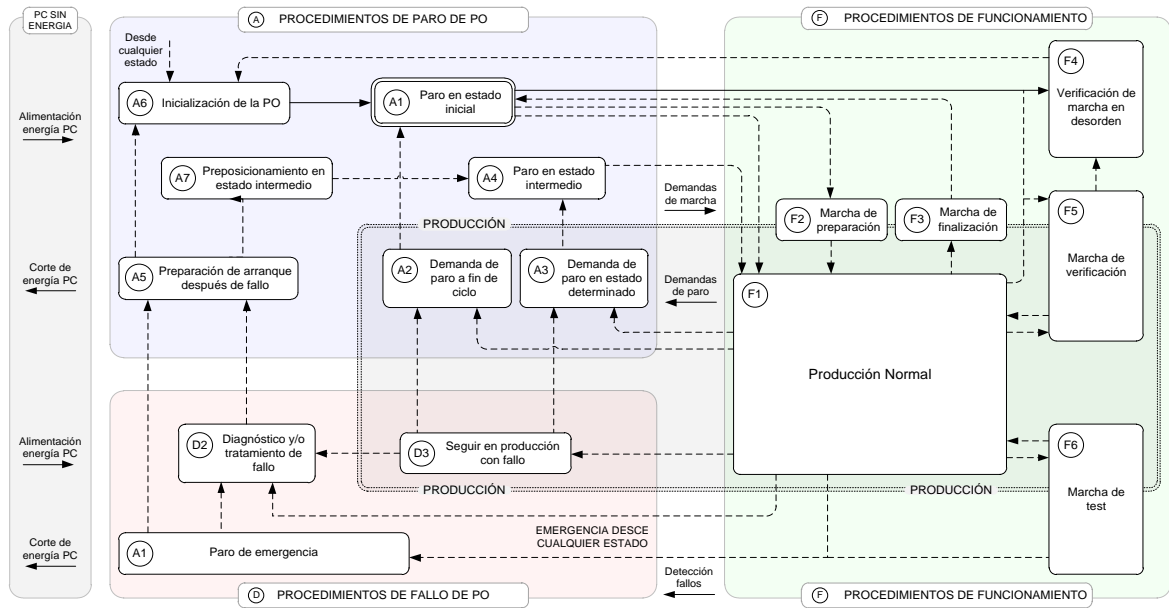
Un programa de autómeta debe considerar prioritario la detección de los posibles defectos de la parte operativa y la ejecución de la parada de emergencia, cuyo tratamiento será descrito en este capítulo. Asimismo una cuestión fundamental es el mantenimiento de los subsistemas de la máquina, debiendo contemplar el caso de que la producción deba continuar en el estado de falla, o si ya no es posible continuar llevarla al estado de emergencia.

Todo automatismo debe contemplar estos casos, con el objetivo de reducir al mínimo los tiempos de parada de la máquina y hacer simple el proceso de mantenimiento y los cambios de modo de funcionamiento. Razón por la cual se realizó un diseño estructurado y jerarquizado del ciclo de producción mediante el uso de herramientas como el Gemma. Analizando todas las posibles contingencias que se pueden presentar durante la operación.

La guía GEMMA (Guide d'Etudes des Modes de Marches et d'Arrêts) trata de una representación organizada de todos los modos o estados de Marcha y Paradas en que se puede encontrar un proceso de producción automatizado. La utilización de GEMMA promueve la sistematización en el diseño de los sistemas automatizados de producción, considerando los distintos macro estados por los que

eventualmente, puede desembocar el funcionamiento del mismo desde un nivel de abstracción superior. Es una lista exhaustiva de todos los estados que pueden ser necesarios para el buen funcionamiento de un automatismo industrial y las posibles relaciones, saltos o transiciones asociadas a dichos estados.

Figura 35. Modos de marchas y paradas - Gemma

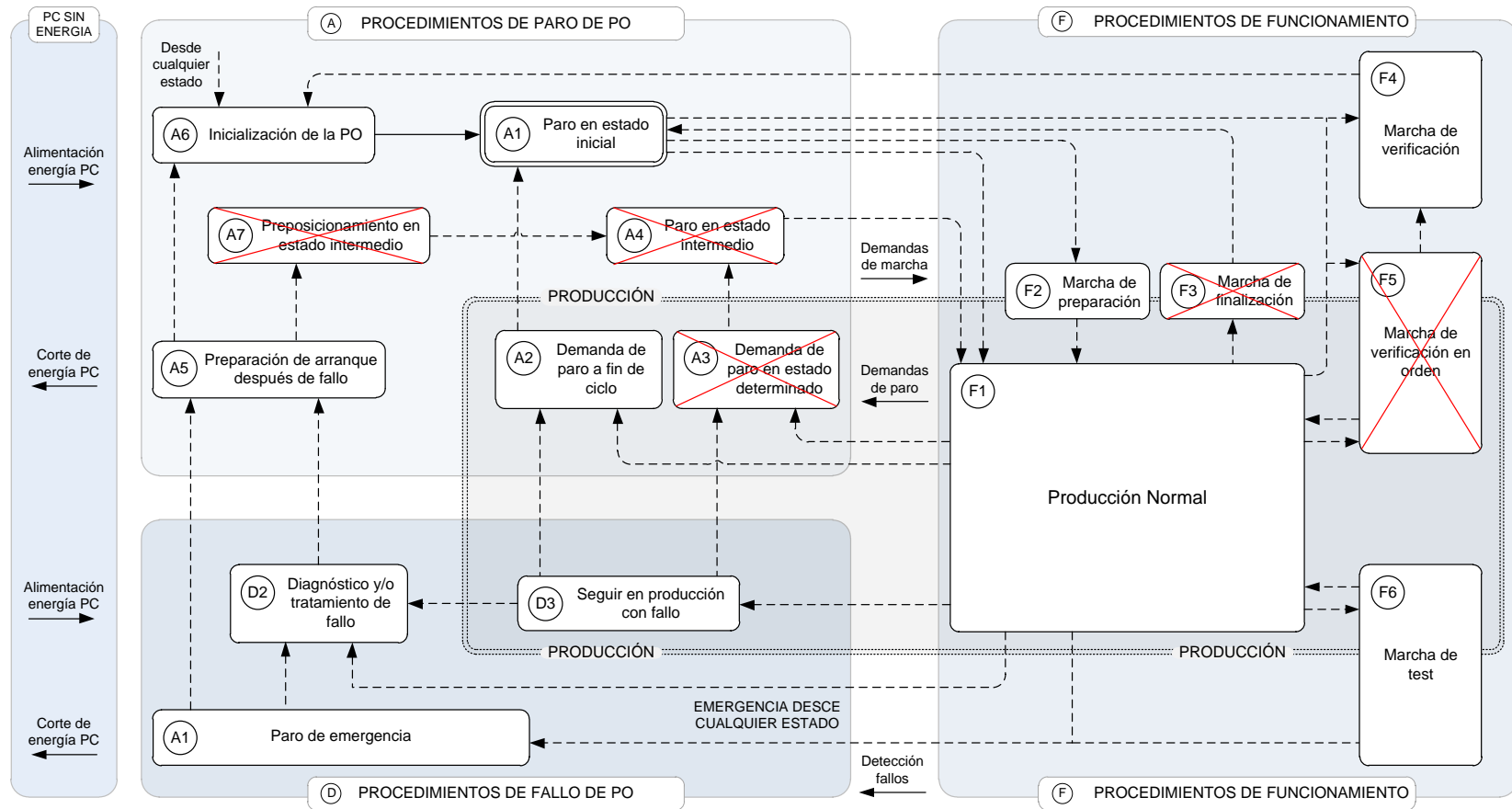


El sistema puede estar en tres situaciones: en funcionamiento, parada o falla y ajustes o mantenimiento. Puede haber producción en cada una de estas tres situaciones; en funcionamiento sin ninguna duda pero también se puede producir cuando la máquina está en estado de fallo y cuando la máquina está en ciertas condiciones de ajustes o mantenimiento (a pesar de que tal vez la producción no será aprovechable).

6.2 DISEÑO BASADO EN GEMMA DEL AUTOMATISMO DE LA PRENSA

A continuación se explicará en detalle el análisis realizado a cada una de los grupos según los procedimientos descritos por la guía Gemma, y las acciones que realiza el automatismo según la programación diseñada para cada una de estos estados.

Figura 36. Estudio Gemma del automatismo

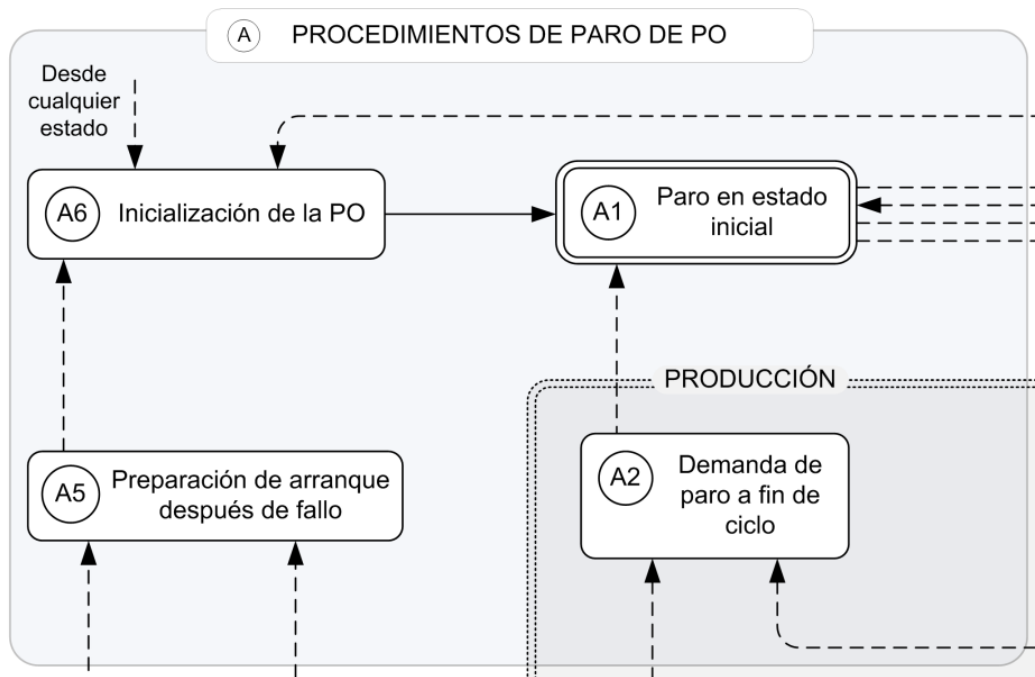


Fuente: Autores

6.2.1 Grupo A: procedimientos de parada y puesta en marcha

En este grupo se encuentran los procedimientos conducentes a la puesta en marcha de la maquina como son la puesta del sistema en el estado inicial o arranque de la maquina (Subsistema de arranque). También engloba los procedimientos de paradas que permitirán, cuando así sea necesario, la parada del sistema automatizado por razones exteriores al sistema. Por ejemplo, por condiciones tales como la falta de aprovisionamiento de materia prima, paro solicitado a final de ciclo o por el final de la jornada de trabajo. El modo paro o parada (A) identifica los “procesos de paro”, activados por causas relacionadas con un funcionamiento normal, y no a eventos generados por fallas en el proceso.

Figura 37. Procedimientos de paro de PO



6.2.1.1 Posición inicial (A1)

Este es el estado inicial de reposo de la parte operativa a este estado se llega desde el estado de inicialización de la parte operativa tras el

posicionamiento del arranque. En este estado la maquina se encuentra energizada y la prensa se encuentra en el nivel superior, el motor principal se encuentra encendido, el embrague y el sistema de lubricación se encuentran en disposición para ser colocados en funcionamiento. Para llegar a este estado no debe haber ninguna falla en el automatismo.

6.2.1.2 Iniciación de la PO (A6)

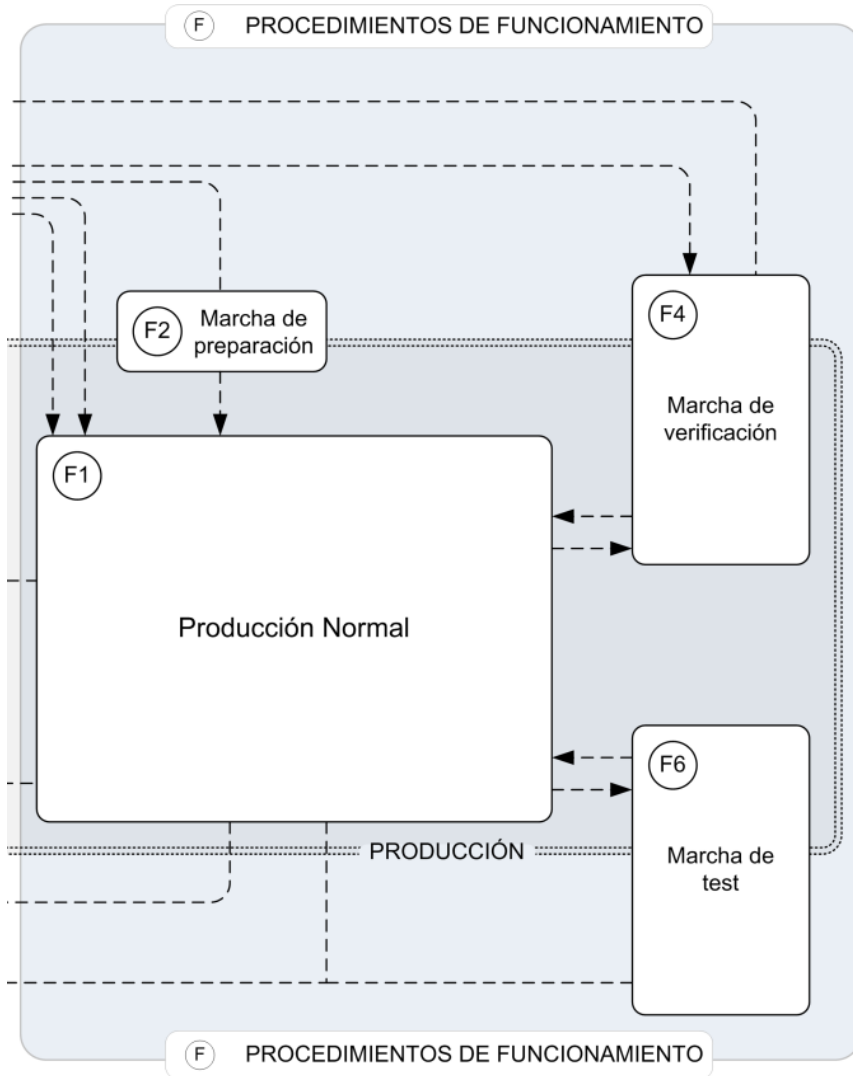
En este estado se realizan las acciones necesarias sobre la parte operativa para llevar la maquina al estado de posición inicial ya sea en arranque en frío o después de un corte de energía. Este estado no tiene un Grafset asociado y se evoluciona a él una vez se energiza la máquina. En él se realiza la desactivación de todas las etapas y las acciones necesarias para posicionar la parte operativa de la máquina.

Ante un re arranque en caliente (después de un corte de energía) el automatismo inicia de nuevo el programa, asegurando un correcto encendido de los accionadores y evitando en el momento del retorno de la energía un “arranque brusco” con un altos picos de corriente.

6.2.2 Grupo F: procedimientos de funcionamiento

Este grupo designa los estados necesarios para la producción y obtención de productos. Además del estado de producción normal automática o semiautomática. Engloba también las marchas de preparación y de cierre, las marchas de test y las marchas de verificación, aunque estos estados no realizan producción son importantes para la realización de pruebas, ajustes y preparación de la máquina.

Figura 38. Procedimientos de Funcionamiento



6.2.2.1 Producción normal

Este comprende las etapas para la obtención del proceso productivo propiamente dicho, en este estado la máquina produce normalmente, es decir hace la tarea para la que ha sido concebida, realizando las acciones necesarias para el proceso de prensado de forja y lubricación de matrices. Al funcionamiento dentro de este estado se le asocia los Graficet correspondientes a las secuencias de prensado y lubricación. Este estado corresponde a un funcionamiento automático o manual.

6.2.2.2 Marcha de preparación

Son las acciones necesarias para que la maquina entre en producción, como es la preparación de los componentes, colocación de la pieza, limpieza o mayor lubricación de matrices si es necesario, también se puede realizar la inspección de matrices para conocer su estado de desgaste. Para realizar estas acciones el automatismo contabiliza el tiempo asignado por el operador.

6.2.2.3 Marcha de verificación sin orden

La máquina está en control manual, el operador por medio de mandos del panel de control, puede hacer mover los accionadores de la máquina. Estos movimientos deben ser realizados dentro de las condiciones de seguridad de la máquina. Se suele utilizar para verificar el correcto funcionamiento de los sensores, pre-actuadores y actuadores, también se puede posicionar el porta-útil en un determinado punto de carrera.

6.2.2.4 Marcha de test

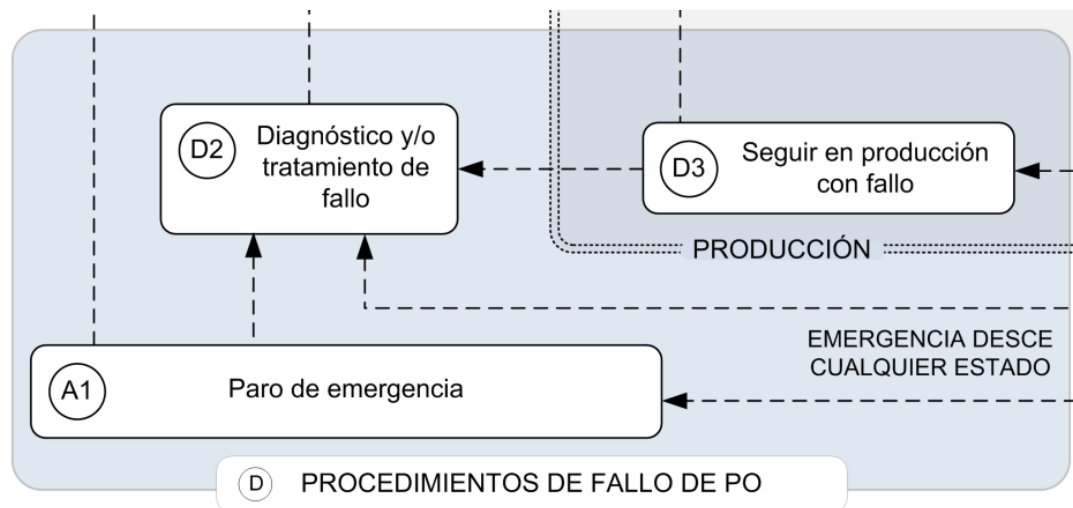
Es utilizado en el inicio de la producción para realizar ajustes y puesta a punto del sistema automatizado, mediante la cual también se puede corregir la posición, ángulos, distancias, tolerancias o correcciones precisas que influyen en el correcto funcionamiento de la máquina o dispositivos de control, y son un factor importante para lograr una alta calidad en la producción y en la seguridad. Un ejemplo de esta marcha es cuando se realiza el ajuste de la altura que existe entre la mesa de trabajo y el porta-útil cuando este se encuentra en el PMI (punto muerto inferior). También se realizan ajustes a la posición de los sensores inductivos y a la cantidad de lubricante a utilizar.

6.2.3 Grupo D: procedimientos de fallos

Engloba los estados de fallo, activados por un fallo propio de la maquina o también a petición del operador al pulsar la seta de emergencia. Comprendiendo los modos de intervención, manuales o lógicos, que permitan remediar un estado de parada debido a razones internas al sistema; dicho de otra forma, para remediar fallos de la parte operativa.

Una interrupción no implica necesariamente el paro de la producción. Identifica, por el contrario, obligatoriamente “incidentes” más o menos serios que deberán ser seguidos de medidas correctivas. Como por ejemplo la violación del sistema de seguridad de la maquina (cortina fotoeléctrica).

Figura 39. Procedimientos de fallo de PO



6.2.3.1 Diagnóstico y tratamiento de defectos

En caso de falla de un componente de la máquina, el autómatas por medio del visualizador de textos puede guiar al operador para indicarle más o menos donde se encuentra el defecto, esto se logra gracias a las señales de confirmación del accionamiento, esta reparación la realizara el operador o el personal de mantenimiento dependiendo la complejidad de la misma.

Si en el arranque del motor principal uno de sus contactores no se acciona, no habrá una señal de confirmación, por lo tanto el autómatas tomará las medidas de seguridad pertinentes e informará al operador que la falla se encuentra entre el autómatas y el contactor. No obstante, no se puede especificar el daño, porque este no necesariamente se encuentra en el pre-actuador, la falla puede ser ocasionada por rompimiento de un cable o el disparo de una protección.

6.2.3.2 Producción a pesar de los defectos

Este estado corresponde a aquellos casos en que hay que continuar con la producción a pesar de que el sistema no trabaja correctamente, incluso aceptando una degradación de la calidad. En algunos casos se puede sustituir el actuador o subsistema en falla por un operador.

Ante una falla del motor de 10 Hp, con el cual se realizan los ajustes del porta-útil, el sistema puede seguir en producción mientras no sea necesario realizar un nuevo ajuste, lo cual normalmente puede durar días o semanas.

La lubricación de matrices es una parte fundamental del proceso de prensado de las piezas, porque garantiza la calidad de la forja, Pero una falla del subsistema encargado de esta operación no detendrá la producción, porque la lubricación puede ser realizada por un operador.

6.2.3.3 Alarmas y emergencia

Los dispositivos de control han de contar con los recursos necesarios dedicados al objetivo de garantizar un buen comportamiento del sistema en el caso de situaciones imprevistas, averías, emergencias, etc. Con todo ello deben asegurar, sobre todo, niveles adecuados de seguridad para los operadores humanos al cargo de los sistemas, cuando no de las propias

instalaciones industriales, cuya reparación puede suponer la dedicación de grandes recursos económicos.

Bajo el concepto genérico de la seguridad se engloba la capacidad del sistema automatizado a minimizar la probabilidad de aparición de fallos en su funcionamiento, así como sus efectos. Enunciados más precisos, derivadas del concepto global, definen:

- Seguridad: ausencia de peligro para las personas e instalaciones.
- Disponibilidad: ausencia de paradas como consecuencia de fallos del sistema.

El estudio de la seguridad debe ser abordado teniendo en cuenta un doble aspecto. Por una parte el análisis de riesgos; es decir, probabilidad y gravedad en la aparición. No obstante, el tipo de soluciones adoptadas para asegurar al máximo la seguridad y disponibilidad de los sistemas automatizados y por esta razón deben existir normas para la correcta operación de la máquina y sus componentes.

Tratamiento de alarmas y emergencias

Un criterio utilizado para el tratamiento de las alarmas consiste en la intervención de las variables representativas de alarmas en las receptividades asociadas a cada transición. Ello permite, de forma relativamente fácil, hacer evolucionar el sistema a determinadas situaciones de parada o espera ante situaciones de emergencia. De forma rigurosa las variables de alarma deberían aparecer en cada una de las etapas del Grafcet, y tener prevista cada una de las situaciones de seguridad en función del tramo en ejecución y de los niveles de seguridad solicitados.

Una posible clasificación del tratamiento de alarmas de los sistemas, frente a situaciones de emergencia, se podría realizar si el sistema se comporta utilizando los siguientes criterios:

- Sin secuencia de emergencia.
- Con secuencia de emergencia.

En el primero de ellos el sistema, ante una situación de alarma, se limita a detener su evolución y suspende las operaciones básicas, asociadas a la etapa donde se produce la suspensión. Además, pueden establecerse a partir de este criterio diversas variantes como la Inhibición de acciones o la congelación del automatismo.

En la congelación del automatismo, la señal de alarma participa en cada una de las receptividades asociadas a las transiciones, de forma que su activación impide la puesta a "1" de la receptividad y también la evolución del sistema. Cuando la señal de alarma desaparece, el sistema puede continuar su evolución a partir de la etapa donde se produjo la alarma. Un ejemplo claro de esto, sucede cuando se viola el sistema de seguridad, por medio del accionamiento de la cortina fotoeléctrica o la apertura de la guarda de seguridad, lo cual inhibe a las propias acciones asociadas a las etapas y no permite el accionamiento de la prensa.

En la segunda opción de secuencia de emergencia, la evolución del sistema deriva hacia una secuencia de emergencia, constituida por una o más etapas, cuyas acciones están orientadas a situar a los operadores y al proceso mismo en las mejores condiciones posibles, en orden a salvaguardar su integridad. Esta secuencia de emergencia deberá ejecutarse ante la activación de la señal de alarma asociada.

A continuación se profundizara acerca de la parada de emergencia y todos aquellos eventos que pueden provocar su activación.

Parada de Emergencia

En este estado se debe llevar la maquina a una situación segura para el operario como para la máquina. Implica la parada casi todos los accionadores, excepto el freno, el cual se activa para impedir el movimiento del volante.

La implementación de la parada de emergencia es bastante radical dado que al activarse se borran todos los Grafcet, perdiéndose el estado en que se encontraba la maquina en el momento de la activación, lo cual obliga a que la maquina se deba encender de nuevo para reanudar la producción. En la programación del Grafcet las salidas son activadas por las etapas. Si se desactivan todas las etapas del Grafcet, se desactivaran todas las salidas del autómeta que activan los accionadores.

Se debe puntualizar que en la prensa, cuando se produce la emergencia, se debe accionar inmediatamente el freno del volante y así prevenir situaciones peligrosas. Se debe recordar que la activación de la parada de emergencia debe salvaguardar en primer lugar la seguridad del operario y en segundo proteger los componentes de la máquina.

Al estado de emergencia se evoluciona desde cualquier estado. Los eventos que pueden provocar la activación de una parada de emergencia en el sistema automatizado:

- Seta de emergencia.
- Máximos tiempos en la realización de acciones.
- Caída de presión en el sistema de alimentación neumático.
- Falla en el motor principal.
- Desgaste en el freno del embrague.

6.2.3.3.1 Seta de emergencia

Si el operador detecta una situación de insegura para el personal o los componentes de la máquina, puede accionar el interruptor de parada de emergencia que se encuentra en el tablero de mando. La función principal de este dispositivo es la de parar la maquina lo más rápidamente posible, llevando al automatismo a un estado de emergencia. El sistema desactiva todos los accionadores (preactuadores y actuadores) que pueden generar peligro y activa el freno del volante, con esto se busca prevenir accidentes y daños a los equipos.

6.2.3.3.2 Máximos tiempos en la realización de acciones

Las acciones realizadas en el proceso de producción duran un tiempo acotado, no dura infinito. Por esta razón, se pueden detectar fallos en la maquina si hay acciones que tardan demasiado tiempo en realizarse. La causa puede ser un fallo en un actuador o un sensor que no da señal.

Un ejemplo de esto puede suceder cuando se da la orden de encendido del motor principal, se deben activar los contactores para el arranque y un sensor inductivo detecta la velocidad del motor. En el caso de que motor no comience a girar o tiene poca velocidad durante un tiempo prolongado. Se puede suponer una posible falla del motor y como precaución a daños mayores el automatismo desactivara los preactuadores y actuadores que intervienen en el arranque.

Cuando se da la señal al sistema de realizar un ciclo (prensado) y el autómeta después de 3s no recibe señal de confirmación de finalización de ciclo, el automatismo pasa a un estado de emergencia y desactiva los actuadores que intervienen en el proceso. Posiblemente existen fallas en el accionamiento del embrague o en la señal del sensor inductivo que detecta el fin de ciclo. Este tipo de detección de fallas no solo esta aplicado a los

casos anteriormente mencionados, sino en todos los procesos de la máquina.

Este tipo de falla llevara a una parada de emergencia, porque el automatismo no puede saber específicamente cual fue la falla y la gravedad de la esta. Necesariamente se necesita inspección del operador o del personal de mantenimiento.

6.2.3.3.3 Caída de presión en el sistema de alimentación neumático

La presión de aire mínima necesaria para el adecuado funcionamiento de la maquina es de 100 Psi. Una presión menor a la requerida no es suficiente para accionar el embrague y producir el desplazamiento del porta-útil, también se presentarían fallas en el subsistema de lubricación de matrices. La máquina quedaría inhabilitada para trabajar.

Adicionalmente a esto, el freno del volante no puede ser accionado, lo cual llevaría a una situación de peligro, porque en caso de emergencia el volante no podría ser detenido y seguiría girando a gran velocidad por su inercia, sin poder eliminar el riesgo que esto conlleva al personal y a la máquina. Por esta razón el automatismo pasa a un estado de emergencia, desactivando los preactuadores y actuadores, y así prevenir un eventual accidente que se pueda presentar.

6.2.3.3.4 Falla en el motor principal

El motor principal de 75 Hp es una parte fundamental para el funcionamiento de la máquina, ya que este actuador provee la potencia de trabajo del sistema, una falla en él provocará la inhabilitación de la máquina. Como el automatismo no puede determinar la gravedad de la falla, el sistema pasa a

un estado de emergencia para brindar una mayor seguridad en el momento de la inspección y revisión del subsistema.

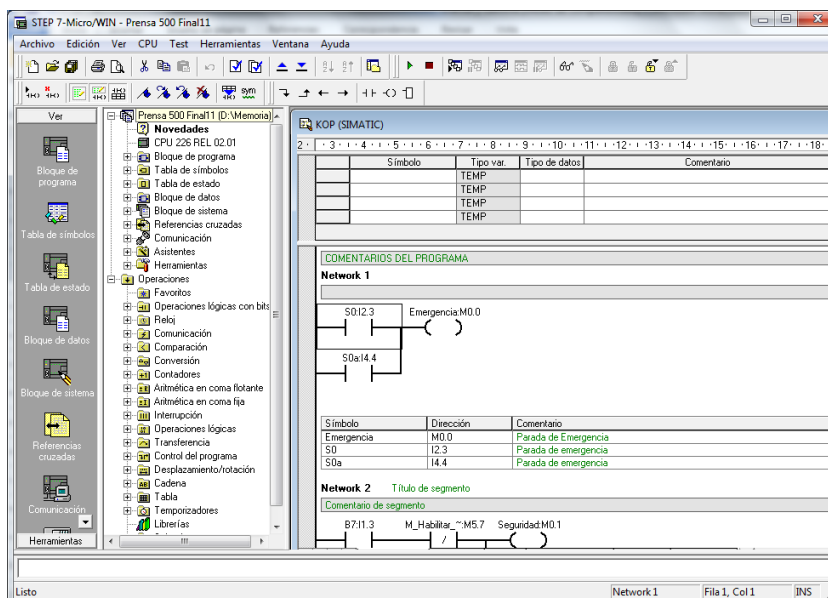
6.2.3.3.5 Desgaste en el freno del embrague

El uso habitual del freno por resortes en el embrague, hace que el material de fricción se desgaste progresivamente, razón por la cual la detención del movimiento en el embrague es cada vez más ineficiente, aumentando los riesgos físicos para el personal y los componentes de la máquina. La detección de este desgaste lleva al automatismo a un estado de emergencia y se realiza por medio del sensor inductivo “B5”, como se explicó en capítulos anteriores.

7. ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANDO

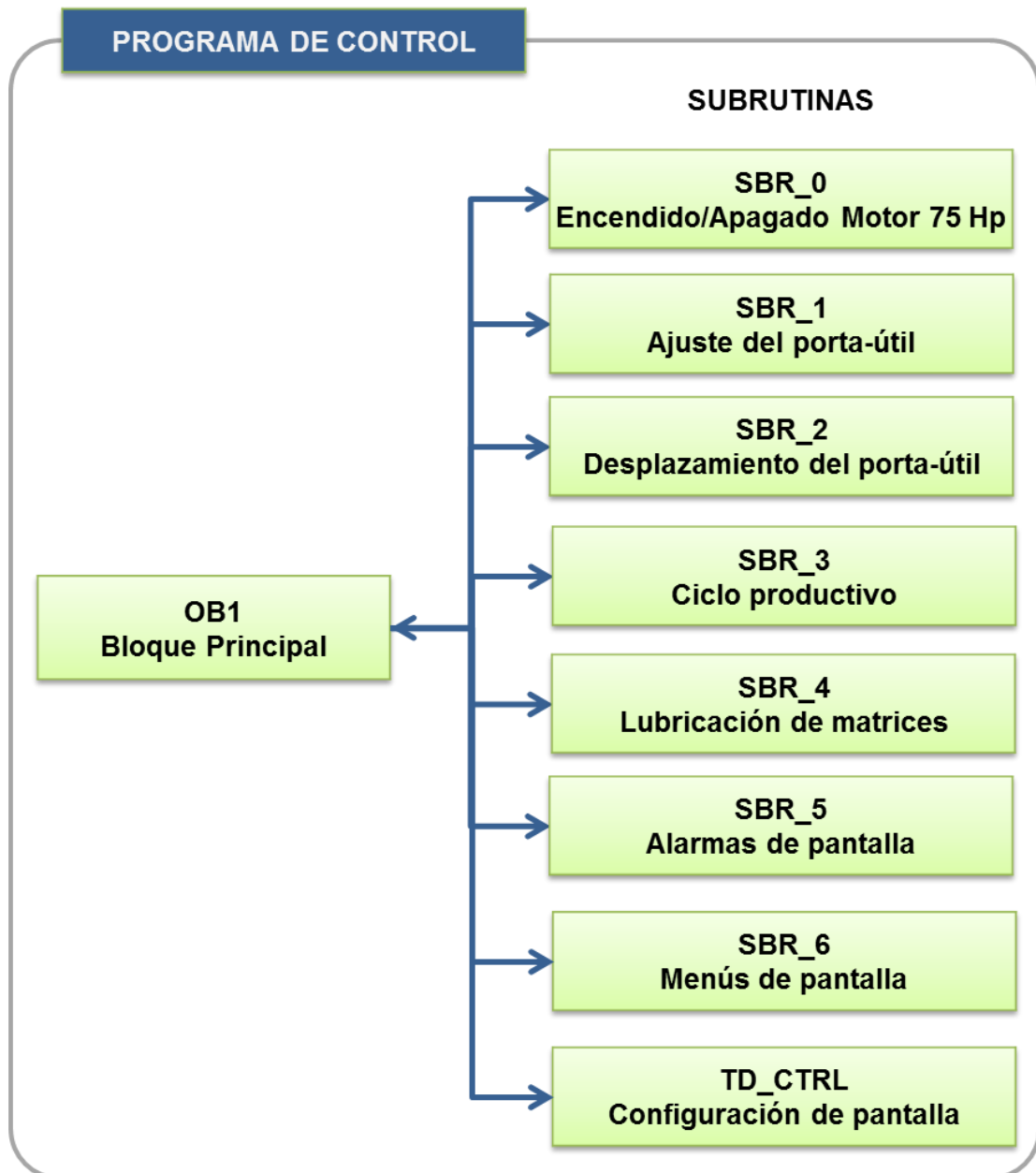
El programa de mando fue realizado utilizando el lenguaje de programación del STEP 7 Micro/Win propio para la programación de los PLCs S7-200 de Siemens. El programa desarrollado obedece a la filosofía de la programación estructurada mediante el uso de un bloque principal, relés de control secuencial, subrutinas, rutinas de interrupción temporizadas y una base de datos. Los relés de control secuencial garantizan la correcta sucesión de acciones en los ciclos, las subrutinas realizan tareas específicas relacionadas con estados operativos de la máquina. La base de datos contiene la información que utiliza el programa de mando, información relacionada con la configuración del visualizador de textos TD400, valores de las variables del proceso insertadas desde el visualizador de textos para la programación y configuración del ciclo productivo, visualización de las variables del proceso como velocidad del motor. La programación se realizó con base a los diagramas obtenidos en la aplicación de los diferentes niveles del Grafcet y la metodología Gemma.

Figura 40. STEP 7 Micro/Win 4.0



Para mejor comprensión del programa de control se realizó su estructuración por medio de subrutinas que interactúan entre sí. A continuación se mostrara esta estructuración realizada:

Figura 41. Estructuración del programa de control



7.1 CUADROS DE ASIGNACIÓN

Las siguientes tablas muestran las señales utilizadas y su descripción, para el desarrollo del programa.

Tabla 3. Asignación de entradas del cofre de control y potencia

Dirección	Descripción	Captador
I 0.0	Contactador 1 - Motor 75 Hp	KM1
I 0.1	Contactador 2 - Motor 75 Hp	KM2
I 0.2	Protección térmica - Motor 75 Hp	F1
I 0.3	Contactador 3 - Motor 10 Hp	KM3
I 0.4	Contactador 4 - Motor 10 Hp	KM4
I 0.5	Guarda motor - Motor 10 Hp	Q1A
I 0.6	Presión del sistema	B1
I 0.7	Nivel de grafito	B2
I 1.0	Punto muerto superior	B3
I 1.1	Punto muerto inferior	B4
I 1.2	Detección de desgaste en el freno	B5
I 1.3	Detección de movimiento del motor	B6
I 1.4	Cortina fotoeléctrica de seguridad	B7
I 1.5	Guarda de seguridad	LS1
I 1.6	Final de carrera superior	LS2
I 1.7	Final de carrera inferior	LS3
I 2.0	Fusible mecánico derecho	LS4
I 2.1	Fusible mecánico izquierdo	LS5
I 2.2	Final de carrera superior - Respaldo	LS6
I 2.3	Final de carrera inferior - Respaldo	LS7

Tabla 4. Asignación de entradas del HMI

Dirección	Descripción	Captador
I2.3	Seta de emergencia	S0
I2.4	Selector 1 - Ajuste del porta-útil	S1
I2.5	Selector 1 - Desplazamiento	S2
I2.6	Selector 1 - Carrera	S3
I2.7	Selector 2 - Lubricación Manual	S4
I3.0	Selector 2 - Lubricación Automática	S5
I3.1	Encendido del motor principal	S6
I3.2	Apagado del motor principal	S7
I3.3	Pulsador de Ajuste-arriba	S8
I3.4	Pulsador de Ajuste-abajo	S9
I3.5	Pulsador PMS	S10
I3.6	Pulsador PMI	S11
I3.7	Pulsador Conectado 1	S12
I4.0	Pulsador conectado 2	S13
I4.1	Pulsador Desconectado	S14
I4.2	Pedal de Carrera	S15
I4.3	Pedal de Lubricación	S16
I4.4	Seta de emergencia	S0

Tabla 5. Asignación de salidas

Dirección	Descripción	Accionadores
Q 0.0	Contactor 1 - Motor 75 Hp	K1 - KM1
Q 0.1	Contactor 2 - Motor 75 Hp	K2 - KM2
Q 0.2	Giro derecha - Motor 10 Hp	K3 - KM3
Q 0.3	Giro izquierda - Motor 10 Hp	K4 - KM4
Q 0.4	Accionamiento del Embrague	K5 - Y1
Q 0.5	Accionamiento del freno	K6 - Y2
Q 0.6	Inyección de aire	K7 - Y3
Q 0.7	Lubricación con Grafito	K8 - Y4
Q 1.0	Piloto luminoso - Correcto funcionamiento	H1
Q 1.1	Piloto luminoso - Falla del sistema	H2
Q 1.2	Piloto luminoso - Motor principal	H3
Q 1.3	Piloto luminoso - Sistema de seguridad	H4
Q 1.4	Piloto luminoso - Ajuste del porta-útil	H5

7.2 GRAFCET de Nivel 3: Descripción operativa

Este nivel es la base del desarrollo de la programación del autómeta. El Grafcet define la secuencia de acciones que realizará el autómeta programable, definiendo la activación de las salidas en función de la evolución de las entradas y las marcas utilizadas.

Figura 42. Encendido del motor principal, Grafcet nivel 3

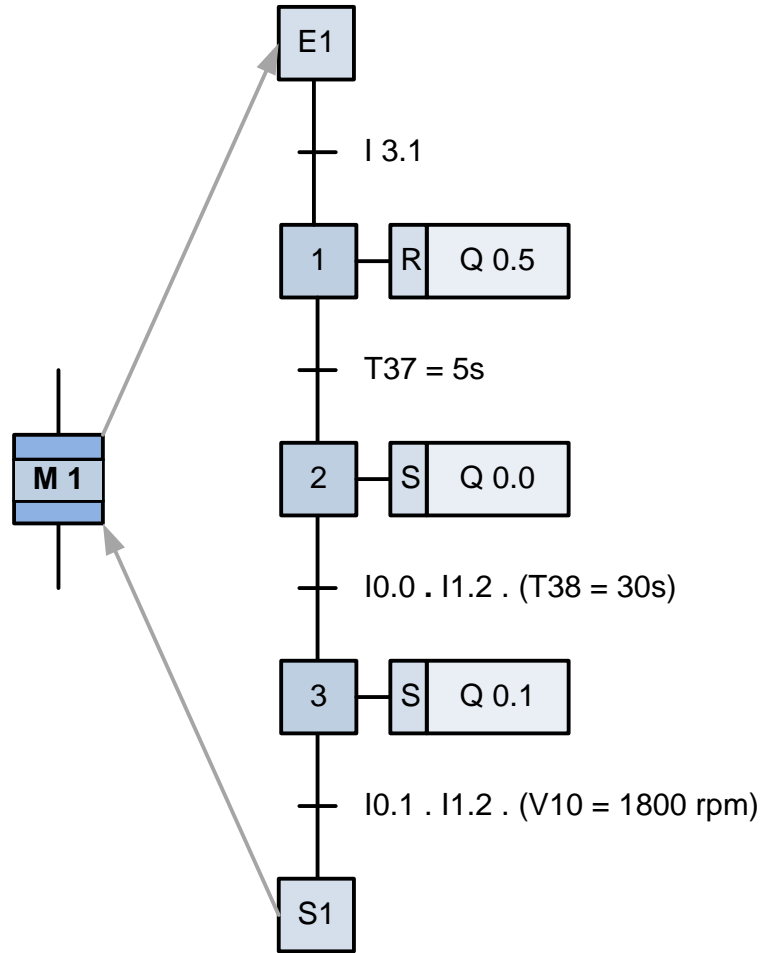


Figura 43. Apagado del motor principal, Grafcet nivel 3

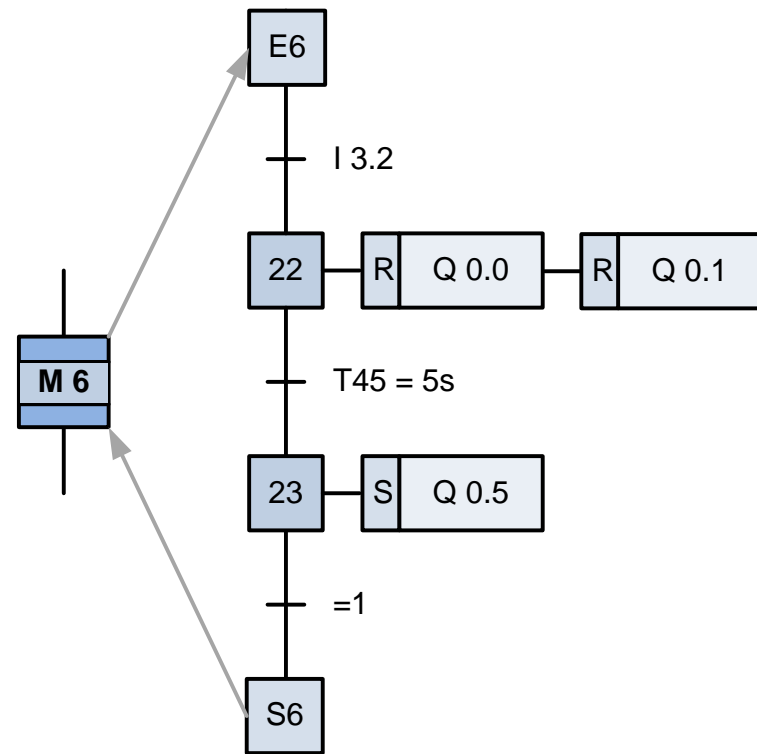


Figura 44. Ciclo de prensado de piezas, Grafcet nivel 3

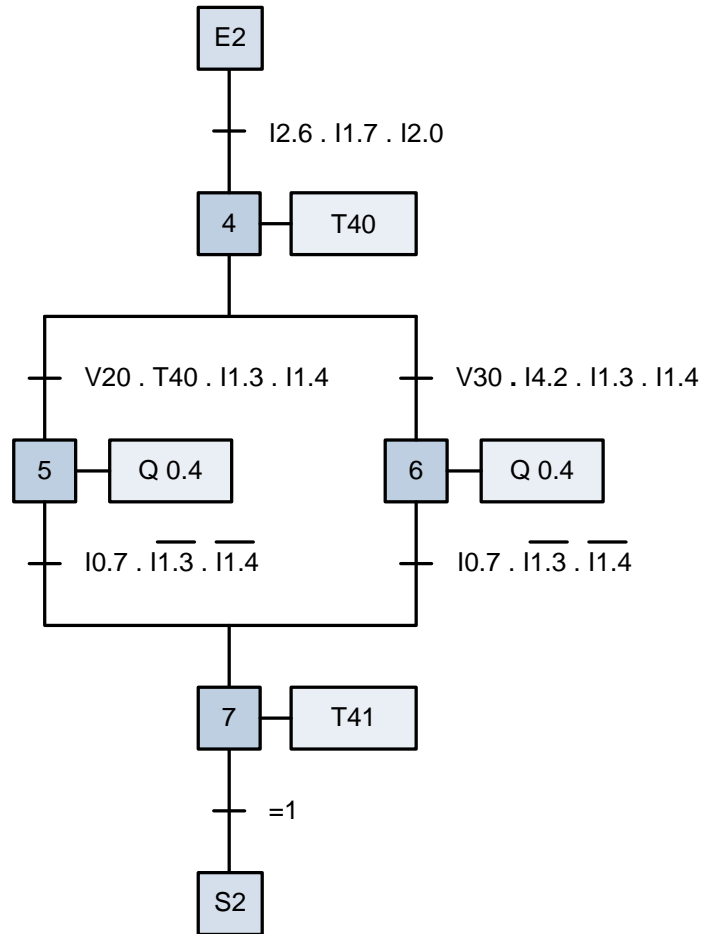


Figura 45. Ciclo de lubricación de matrices, Grafcet nivel 3

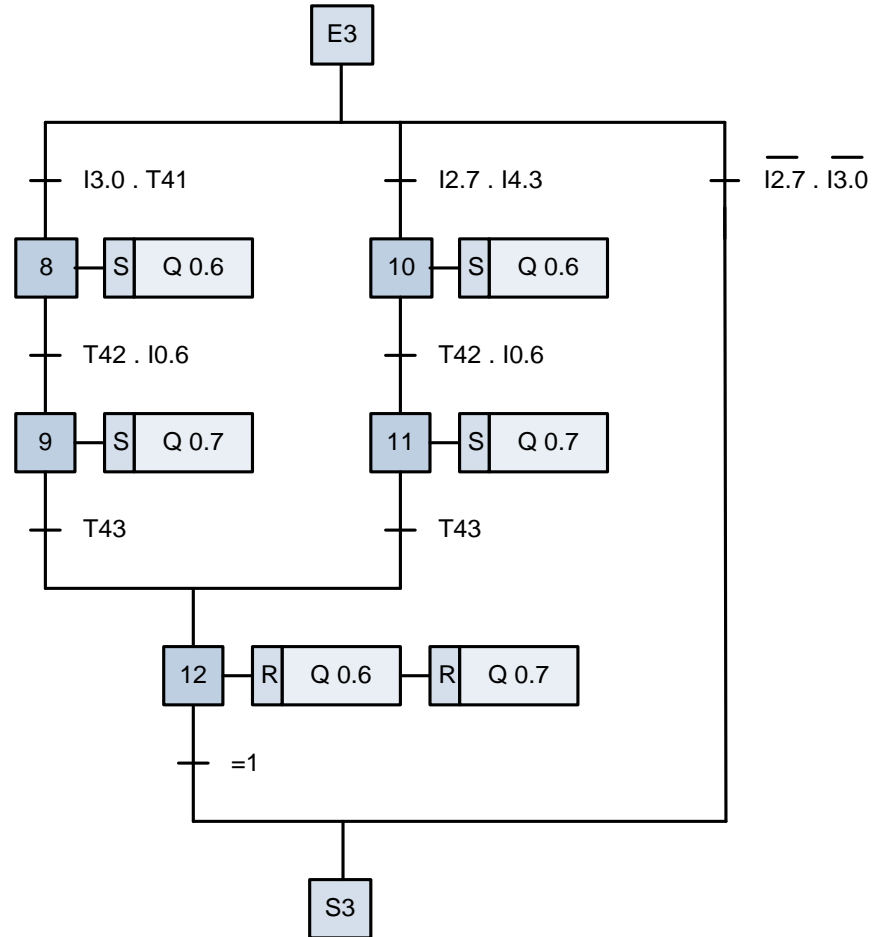


Figura 46. Ciclo para el ajuste de porta-útil

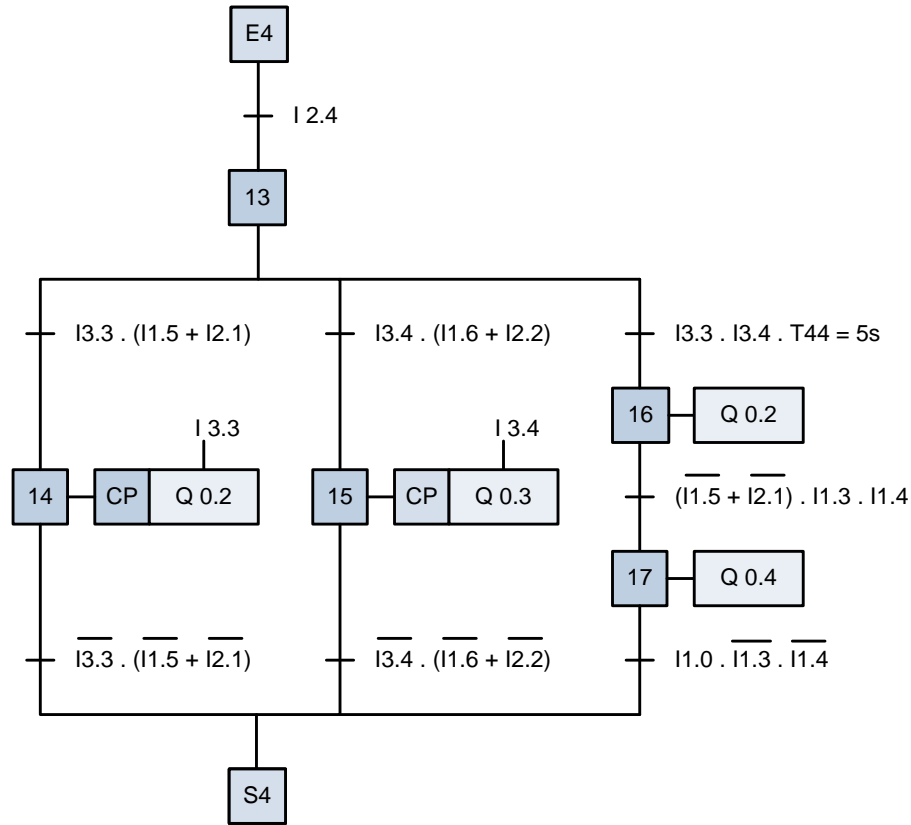
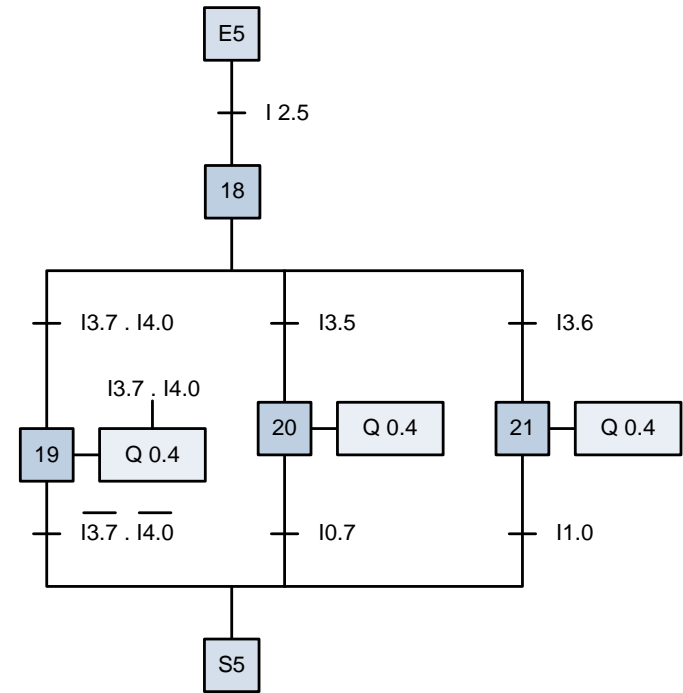


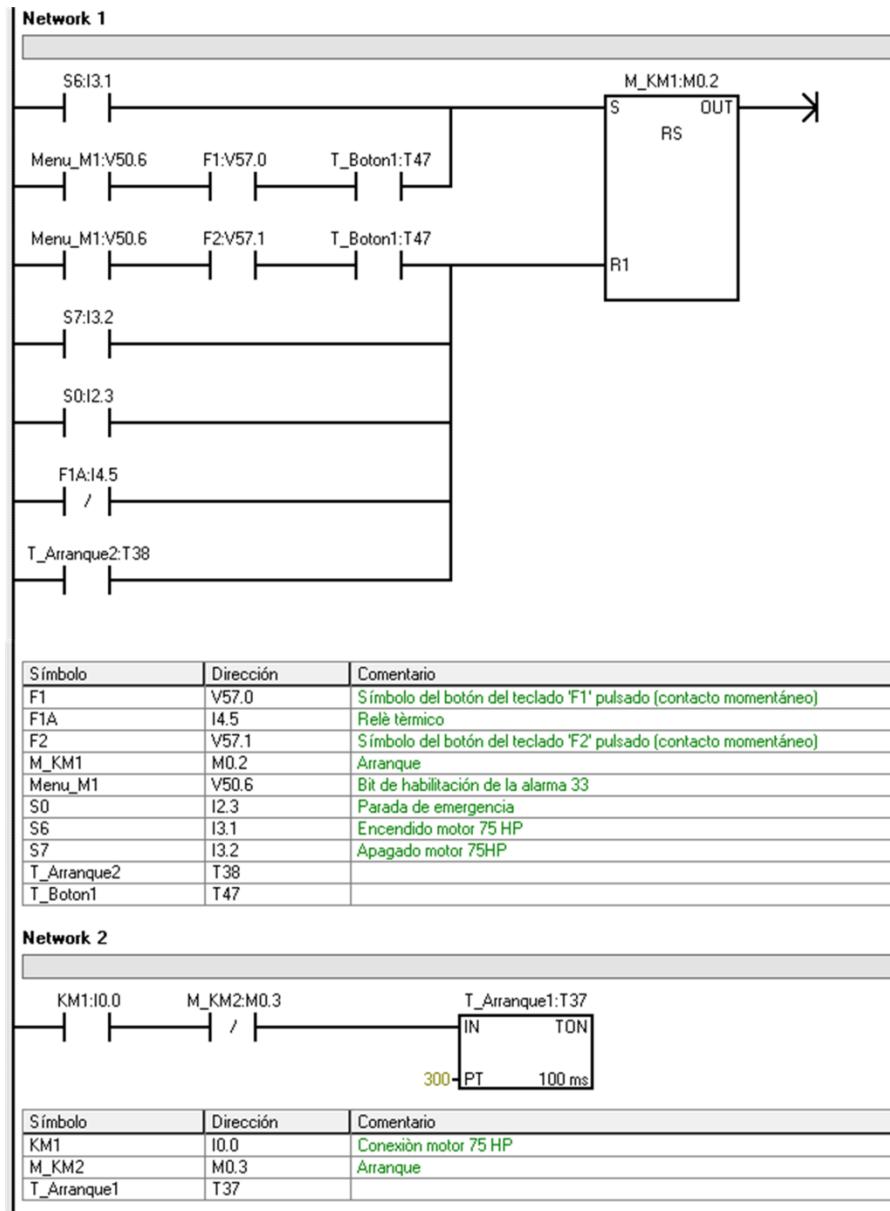
Figura 47. Ciclo para el desplazamiento del porta-útil.



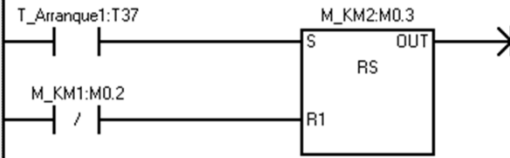
7.3 PROGRAMACIÓN DEL AUTÓMATA

En base a los Grafcet anteriormente mostrados, se realizó la programación del autómata en STEP 7 Micro Win. A continuación se mostrara como ejemplo la programación para el encendido del motor principal, basado en su respectivo Grafcet (Ver figura 37).

Figura 48. Programa de encendido del motor principal

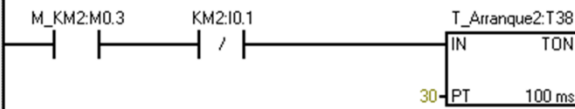


Network 3



Símbolo	Dirección	Comentario
M_KM1	M0.2	Arranque
M_KM2	M0.3	Arranque
T_Arranque1	T37	

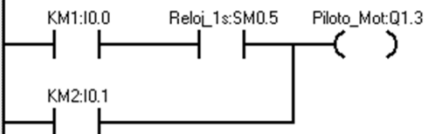
Network 4



Símbolo	Dirección	Comentario
KM2	I0.1	Resistencias motor 75 HP
M_KM2	M0.3	Arranque
T_Arranque2	T38	

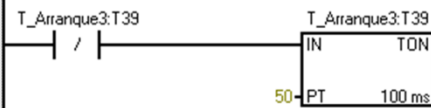
Network 5 Título de segmento

Comentario de segmento



Símbolo	Dirección	Comentario
KM1	I0.0	Conexión motor 75 HP
KM2	I0.1	Resistencias motor 75 HP
Piloto_Mot	Q1.3	Piloto motor 75 Hp
Reloj_1s	SM0.5	Reloj ON durante 0,5 s, OFF durante 0,5 s, tiempo de ciclo = 1 s.

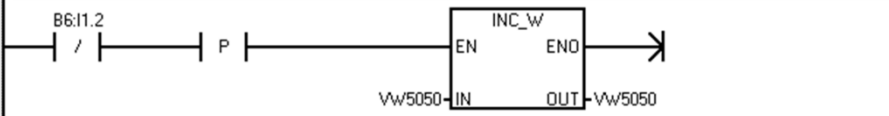
Network 6



Símbolo	Dirección	Comentario
T_Arranque3	T39	

Network 7 Título de segmento

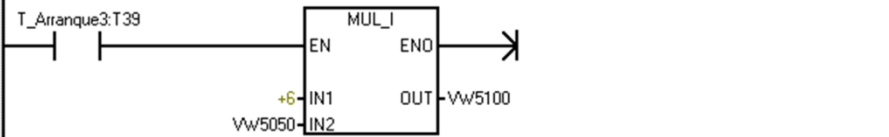
Comentario de segmento



Símbolo	Dirección	Comentario
B6	I1.2	Movimiento del motor

Network 8

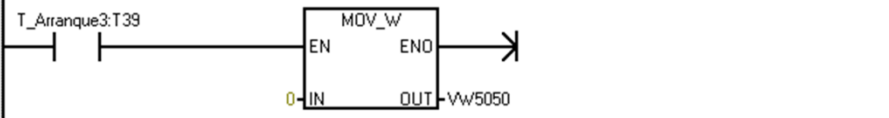
Comentario de segmento



Símbolo	Dirección	Comentario
T_Arranque3	T39	

Network 9

Comentario de segmento



Símbolo	Dirección	Comentario
T_Arranque3	T39	

8. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES UTILIZADOS

8.1 SELECCIÓN DEL HARDWARE DE CONTROL




Los requerimientos básicos para la selección del autómatas programable industrial (API) son el número máximo de entradas/salidas y la capacidad de memoria. Con el análisis realizado y expuesto anteriormente de todos los procesos que debe realizar el automatismo, el requerimiento mínimo para el control de todos los sensores y preactuadores del sistema es de 37 entradas y 15 salidas digitales, adicionalmente el tamaño de la memoria debe permitir la elaboración de un programa de control de proceso bastante estructurado y extenso.

Se seleccionó un autómatas de marca SIEMENS debido a su disponibilidad de componentes/repuestos en el mercado local y al soporte técnico brindado por el fabricante. Adicionalmente la empresa cuenta con personal calificado para operaciones de mantenimiento. El autómatas más adecuado según las condiciones de operación y requerimientos del sistema es de la gama S7-200, por el número señales digitales (Entradas/Salidas) y capacidad de memoria que maneja.

8.1.1 Sistema de automatización SIEMENS S7-200

La gama S7-200 comprende diversos sistemas de automatización que se pueden utilizar en numerosas tareas. Gracias a su diseño compacto, su capacidad de ampliación, su bajo costo y su amplio juego de operaciones, los S7-200 son especialmente apropiados para solucionar tareas de automatización en las cuales no intervengan acciones complejas. Además, los diversos tamaños y capacidad de ampliación de las CPUs ofrecen la flexibilidad necesaria para satisfacer las necesidades del sistema automatizado. La gama S7-200 comprende diversas CPUs. Por lo tanto se dispone de una gran variedad de funciones que permiten diseñar soluciones de automatización.

Figura 49. Tabla comparativa entre los diferentes modelos de CPU S7-200

Datos específicos de cada CPU				
Característica	CPU 221 ¹	CPU 222 ¹	CPU 224 ¹	CPU 226 ¹
				
Entradas/salidas digitales integradas	6 ED/4 SD	8 ED/6 SD	14 DE/10 DA	24 DE/16 DA
Entradas/salidas digitales Nº de canales vía módulos de ampliación	–	48/46/94	114/110/224	128/128/256
Entradas/salidas analógicas Nº de canales vía módulos de ampliación	–	16/8/16	32/28/44	32/28/44
Memoria de programas	4 kbytes	4 kbytes	8/12 kbytes	16/24 kbytes
Memoria de datos	2 kbytes	2 kbytes	8 kbytes	10 kbytes
Memorización de datos dinámicos vía condensador de alto rendimiento	típ. 50 h	típ. 50 h	típ. 100 h	típ. 100 h
Contadores rápidos	4x30 kHz, de ellos, 2x20 kHz usables como contadores A/B	4x30 kHz, de ellos, 2x20 kHz usables como contadores A/B	6x30 kHz, de ellos, 4x20 kHz usables como contadores A/Br	6x30 kHz, de ellos, 4x20 kHz usables como contadores A/Br
Puertos de comunicación RS 485	1	1	1	2
Alimentación p. sensores 24 V DC integrada	máx. 180 mA	máx. 180 mA	máx. 280 mA	máx. 400 mA
Regleta de conexión desenchufable	–	–	sí	sí
Dimensiones (A x A x P en mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120,5 x 80 x 62	196 x 80 x 62

Fuente: www.siemens.com.co

8.1.2 CPU 226 / S7-200

El autómata seleccionado fue la CPU 226 AC/DC/Relé, dado que este PLC cumple con los requerimientos del sistema a automatizar. Es el autómata más completo de la serie S7-200, y aunque el número de entradas/salidas integradas no son la cantidad requerida, tiene la posibilidad de ampliación con la introducción de un módulo adicional. Presentándose como la alternativa más económica si se compara con una gama más alta del mismo fabricante (S7-300).

La CPU seleccionada tiene una capacidad de memoria es de 4096 palabras para la memoria del programa y de 2560 palabras para la memoria de datos. Dado el tamaño de la memoria del autómata se permite la elaboración de un programa de control de proceso bastante estructurado y extenso. Esta CPU posee 24 entradas digitales y 16 salidas DC. A continuación se presenta las características técnicas más representativas de esta CPU:

Figura 50. Características técnicas de la CPU 226

6ES7 216-2BD23-0XB0	
Tensiones de alimentación	
• 120 V AC	sí
• 230 V AC	sí
• Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
• Rango admisible, límite superior (AC)	264 V
• Rango admisible de frecuencia, límite inferior	47 Hz
• Rango admisible de frecuencia, límite superior	63 Hz
Consumo	
Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
CPU/tiempos de ejecución	
para operaciones de bits, máx.	0,22 µs
Temporizadores/contadores y su remanencia	
Contadores S7	
• Cantidad	256
• Rango de contaje	
- límite inferior	0
- límite superior	32 767
Temporizadores S7	
• Cantidad	256
Nº de subprogramas, máx.	64
Dimensiones	
Dimensiones	
• Ancho	196 mm
• Alto	80 mm
• Profundidad	62 mm
Pesos	
• Peso, aprox.	660 g

6ES7 216-2BD23-0XB0	
Módulos de S digitales	
Número de salidas digitales	16; Relé
Poder de corte de las salidas	
• con carga resistiva, máx.	2 A
• con carga tipo lámpara, máx.	200 W; 30 W DC, 200 W AC
Tensión de salida	
• para señal "1", mín.	L+ / L1
Intensidad de salida	
• valor nominal para señal "1"	2 A
• intensidad residual para señal "0", máx.	0 mA
Retardo a la salida con carga resistiva	
• "0" a "1", máx.	10 ms; todas las salidas
Frecuencia de conmutación	
• de las salidas de impulsos, con carga óhmica, máx.	1 kHz
Intensidad suma de las salidas (por grupo)	
• Posición de montaje horizontal	
- hasta 55 °C, máx.	10 A
- hasta 40 °C, máx.	10 A
• Longitud del cable apantallado, máx.	500 m
• Longitud de cable no apantallado, máx.	150 m

6ES7 216-2BD23-0XB0	
Módulos de E digitales	
Nº de entradas digitales	24
de tipo M	Sí; seleccionable, por grupo
Tensión de entrada	
• Valor nominal, DC	24 V
• para señal "0"	0 ... 5 V
• para señal "1"	mín. 15 V
Intensidad de entrada	
• para señal "1", típ.	2,5 mA
Retardo de entrada (a tensión nominal de entrada)	
• para entradas estándar	Sí; todos
- parametrizable	0,2 ms
- en transición "0" a "1", mín.	12,8 ms
- en transición "0" a "1", máx.	

Fuente: www.siemens.com.co

8.1.3 Módulo de entradas y salidas digitales

La CPU seleccionada dispone de 24 entradas digitales y 16 salidas DC las cuales no satisfacen en cantidad los requerimientos del sistema de control, razón por la cual se ha optado por complementar la CPU con un módulo de expansión adicional. La empresa contaba en su bodega con un módulo Siemens EM223, el cual había sido retirado de otra máquina. Este cuenta con 16 entradas y 16 salidas digitales, y aunque está sobredimensionado para nuestra necesidad, el factor económico y la posibilidad de ampliación del automatismo respaldaron la utilización de este módulo.

Figura 51. Características técnicas del módulo EM223.

Módulo de E/S digitales	EM 223 ¹
Número de entradas/salidas	16 ED (DC) & 16 SD (DC)
Número de entradas	16
Tipo de entrada	24 V DC
Sumidero de corriente Fuente de corriente	x / x
Tensión de entrada	24 V DC, máx. 30 V
Aislamiento galvánico	sí
en grupos de	8 entradas
Número de salidas	16
Tipo de salida	24 V DC
Salida de corriente	0,75 A conectables en paralelo para mayor potencia
Salida de tensión DC	20,4–28,8 V
(rango admisible) AC	–
Aislamiento galvánico	sí
en grupos de	4/4/8 salidas
Regleta de conexión	sí
Dimensiones (A x A x P en mm)	137,3 x 80 x 62

Fuente: www.siemens.com.co

8.2 SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS Y DE MONTAJE

Para la selección de los dispositivos eléctricos y de montaje se tuvo en cuenta los siguientes factores:

- Consumo nominal de corriente de los elementos accionados y protecciones.
- Normas y recomendaciones de cableado y montaje
- Disponibilidad en el mercado local
- Facilidad en el montaje de los elementos
- Factor económico
- Mantenimiento y recuperación de equipos existentes en la empresa.

En el siguiente cuadro se presenta el listado de los elementos seleccionados, principales características y la cantidad requerida:

Tabla 6. Dispositivos eléctricos y de montaje.

Can-tidad	Elemento	Descripción	Características	Fabricante	Referencia	Símbolo en planos
Actuadores						
1	Motor de anillos rozantes	Motor principal de la maquina	Potencia: 56 kW - 75 Hp Corriente: 127 A @440 V Velocidad = 1800 rpm	AEG	AM 50/4R	M1
1	Motor	Motor para ajuste del porta-útil	Potencia: 7.5 kW - 10 Hp Corriente: 17 A @440 V Velocidad = 1740 rpm	AEG	EN 60947	M2
2	Electroválvula neumática	Accionamiento del embrague y freno	Presión Ppal:760 mm Hg Presión Piloto: 3 Kgf/cm ²	SMS	VP316SV	Y1 - Y2
1	Electroválvula neumática	Inyección de aire en el subsistema de lubricación	Potencia de arranque: 9 VA máx.: 41 mA Tensión máx.: 220 V	FESTO	Válvula: 546148 Bobina: 549905	Y3
1	Electroválvula neumática	Transporte de grafito en el subsistema de lubricación	Potencia de arranque: 9 VA I máx.: 41 mA Tensión máx.: 220 V	Festo	MSFW-220	Y4
1	Pistola de lubricación	Atomizador de la mezcla Grafito-Aire	Pulverizador Ajustable	ACHESON	DAG 087	N.A.

Can-tidad	Elemento	Descripción	Características	Fabricante	Referencia	Símbolo en planos
Preactuadores						
1	Contactador	Accionador del motor principal	Tensión de accionamiento: 240 Vac I máx. AC3 @440V: 150 A Potencia máx.: 120 Hp	AEG	L144	KM1
1	Contactador	Accionador del motor principal	Tensión de accionamiento: 110 Vac I máx. AC3 @440V: 150 A Potencia máx.: 90 Hp	Siemens	3RT1055-6AF36	KM2
2	Contactador	Accionadores y cambio de giro del motor porta-útil	Tensión de accionamiento: 110 Vac I máx. AC3 @440V: 17 A Potencia máx.: 12 Hp	Siemens	3RT1025-1AG24	KM3 - KM4
8	Relés	Preactuadores	Tensión de accionamiento: 24 Vdc I máx. @220 V: 0.75 A I máx. @110 V: 1.5 A Potencia máx.: 1.5 kW	Siemens	LZX: PTS70024	K (1-8)

Can-tidad	Elemento	Descripción	Características	Fabricante	Referencia	Símbolo en planos
Protecciones						
1	Guardamotor	Protección del motor porta-útil	Protección térmica: 14 - 20 A Protección corto circuito: 240 A Potencia del motor @440 V: 15 Hp	Siemens	3RV1021-4AA10	Q1A
1	Relé térmico	Protección del motor principal	Protección térmica: 110 - 140 A Potencia del motor @440 V: 90 Hp	AEG	b90K / RT3E	F1
1	Totalizador	Protección de todo el sistema	Regulación térmica: 160 - 200 A Regulación cortocircuito: 1000 - 2000 A Capacidad de ruptura: 25 kA Corriente nominal @ 440 Vac: 125 - 160 A	Siemens	VL250	Q1
2	Interruptor termomagnético	Protección al circuito	1A Monopolar	Merlin Gerin	5SX2105	Q2
2	Interruptor termomagnético	Protección al circuito	2A Monopolar	Merlin Gerin	5SX2205	Q3
2	Interruptor termomagnético	Protección al circuito	3A Monopolar	Merlin Gerin	5SX2305	Q4
	Interruptores termomagnéticos	Protección al circuito	4A Monopolar	Merlin Gerin	5SX2405	Q5

Can-tidad	Elemento	Descripción	Características	Fabricante	Referencia	Símbolo en planos
Sensores						
4	Sensor de proximidad inductivo	Sensor de proximidad	Alcance: 15 mm Tensión: 20-320 Vdc	Siemens	3RG 40 24-0KB00	B3 - B4 - B5 - B6
1	Cortina fotoeléctrica	Sistema de seguridad del personal	Alcance: 0.1 - 7 M Altura: 1 M Tension:12-24 Vdc	Autonics	3RG 16 55-6LD00	B7
1	Presostato	Censo de la presión del sistema	Presión: 50 - 500 Psi	Siemens	3RT-56T	B1
1	Sensor de nivel	Medición del nivel de grafito	Tensión: 220 Vac / 24 Vdc Corriente: 0.8 A Rango de temperatura: -10°C / 130°C Presión aplicada: 50 Pa	EBC	HT-304-3	B2
7	Interruptores de posición	Sensores electromecánicos, finales de carrera	Rodillo y palanca sencilla	Siemens	3SE2 100-1E	LS

Can-tidad	Elemento	Descripción	Características	Fabricante	Referencia	Símbolo en planos
Hardware de control						
1	Unidad central CPU	Autómata	Entradas digitales: 24 Salidas digitales: 16 Alimentación a 24 Vdc	Siemens	CPU226	N.A.
2	Módulo de entradas digitales	Módulo de entradas y salidas adicional	Entradas digitales: 16 Salidas digitales: 16 Alimentación a 24 Vdc	Siemens	EM223	N.A.
1	Micro panel	Panel de operador	4 líneas de texto 15 botones Alimentación a 24 Vdc	Siemens	TD400	N.A.
1	Fuente	Fuente de alimentación del autómata	Tensión de alimentación: 110 Vac Tensión de Salida: 24 Vdc	Siemens	Sitop 6EP1333- 2BA01	N.A.

9. DISEÑO DE LA INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI)

El HMI (Human Machine Interface) son los dispositivos o sistemas que permiten la comunicación entre el operador del sistema y el automatismo que lo controla. Permitiendo la supervisión, seguimiento y control de la operación, actuando sobre el mismo en caso de ser necesario.

Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, la utilización de los visualizadores de texto permiten una comunicación más comprensible y fácil de interpretar para que el usuario pueda clasificar las diversas situaciones que se dan en el sistema, procesar la información e intervenir con coherencia, de forma más rápida y eficaz.

Para tener una mejor visualización y control del proceso productivo, el tablero de control se debe ubicar cerca de la mesa de trabajo, pero debido al trabajo pesado y en caliente que maneja la máquina el tablero está expuesto a fuertes golpes y desgaste de sus componentes.

Por esta razón se tomó la decisión de tener un panel de mando local (botonera) que contendrá los elementos más robustos y de fácil reposición, conteniendo las señales principales para el control de los procesos. Adicionalmente se instalara en el cofre de potencia un panel de mando remoto (visualizador de textos), que permitirá la visualización de mensajes y alarmas, además de poder modificar las variables del proceso.

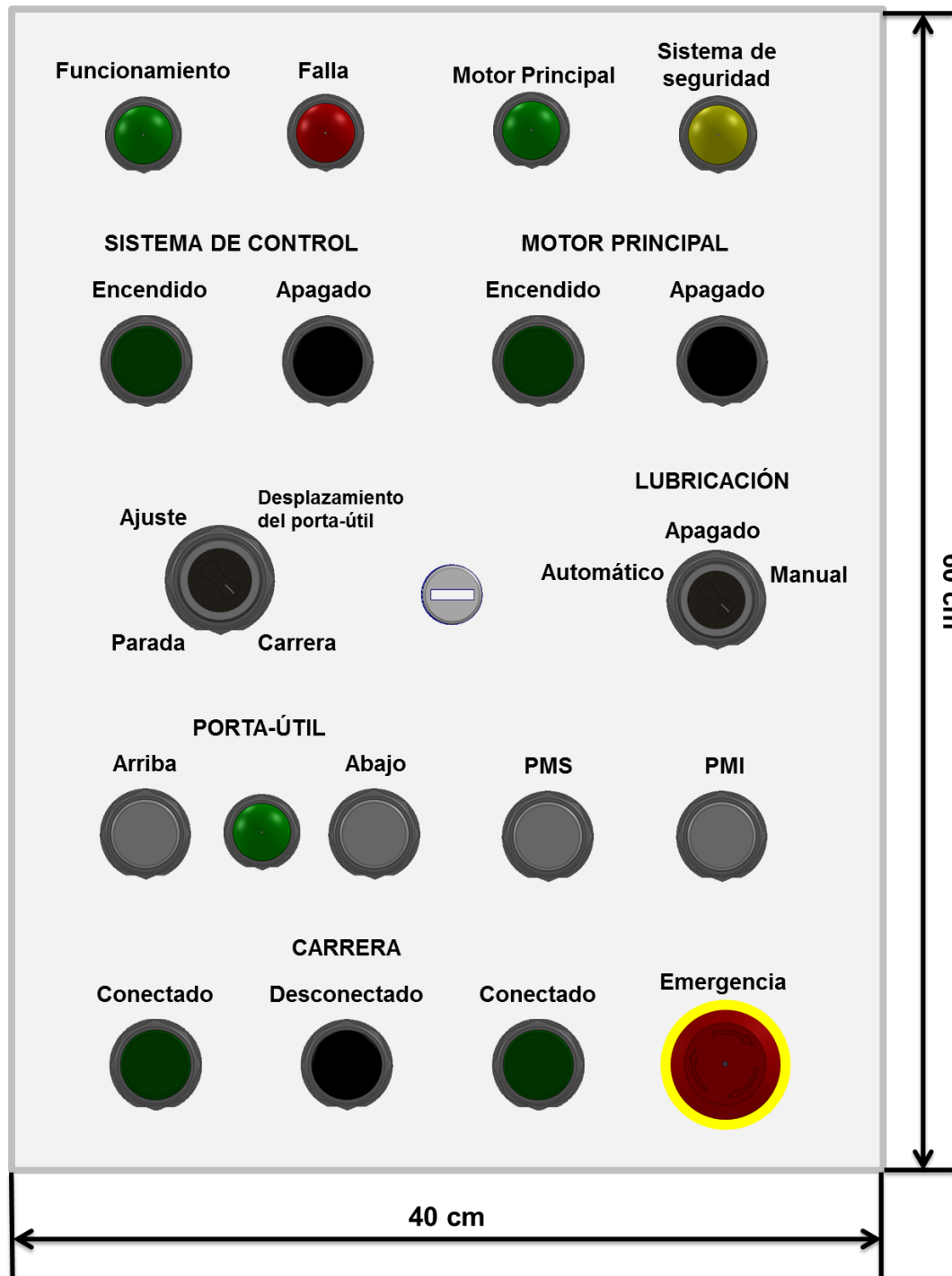
9.1 PANEL DE MANDO

Los elementos como pulsadores, selectores, interruptores, que integran el panel de mando o botonera son necesarios para gestionar y controlar los modos de funcionamiento, enviando órdenes al sistema automatizado. Adicionalmente contiene pilotos luminosos que permiten visualizar la existencia de diferentes eventos, como fallas, arranque del motor, activación del sistema de seguridad, etc.

La botonera contiene las señales que activan las funciones y operaciones principales que realiza la máquina, posibilitando el ajuste de las condiciones de trabajo del proceso directamente desde el tablero de mando.

Buscando una mejor comprensión por parte del personal de la empresa sobre la función de cada interruptor, selector o pulsador, los nombres de estos fueron colocados lo más parecido al diseño original.

Figura 52. Panel de mando local



Fuente: Autores

Tabla 7. Componentes del panel de mando local

Tipo de elemento	Nombre	Descripción	Dirección
Interruptor	Seta de emergencia	Parada de emergencia	I2.3 - I4.4
Selector	Operación: Ajuste	Selección del tipo de operación a realizar	I2.4
Selector	Operación: Desplazamiento		I2.5
Selector	Operación: Carrera		I2.6
Selector	Operación: Parada		-
Selector	Lubricación: Manual	Lubricación con orden de mando del pedal	I2.7
Selector	Lubricación: Automática	Lubricación temporizada, después de ciclo	I3.0
Selector	Lubricación: Apagado	Sin lubricación de matrices	-
Pulsador	Encendido del Sistema de control	Alimentación del sistema @ 110 Vac	-
Pulsador	Apagado del Sistema de control	Corte de energía de 110 Vac	-
Pulsador	Encendido del motor principal	Encender motor principal	I3.1
Pulsador	Apagado del motor principal	Apagar motor principal	I3.2
Pulsador	Porta-útil - arriba	Ajustar porta-útil hacia arriba	I3.3
Pulsador	Porta-útil - abajo	Ajustar porta-útil hacia abajo	I3.4
Pulsador	PMS	Llevar porta-útil al punto muerto superior	I3.5
Pulsador	PMI	Llevar porta-útil al punto muerto superior	I3.6
Pulsador	Carrera - conectado 1	Desplazamiento del porta-útil por pulsos	I3.7
Pulsador	Carrera - conectado 2		I4.0
Pulsador	Carrera - desconectado		I4.1

Tabla 8. Alarmas del panel de mando local

Tipo de elemento	Nombre	Descripción	Dirección
Piloto luminoso	Funcionamiento	Intermitente: Hay desplazamiento del porta-útil Continuo: Correcto funcionamiento del sistema	Q 1.0
Piloto luminoso	Falla del sistema	Intermitente: Sistema en estado de emergencia Continua: Falla en un elemento del sistema	Q 1.1
Piloto luminoso	Motor principal	Intermitente: Arranque del motor principal Continuo: Correcto funcionamiento del motor	Q 1.2
Piloto luminoso	Sistema de seguridad	Intermitente: Cortina de seguridad interrumpida Continuo: Apertura de la guarda de seguridad	Q 1.3
Piloto luminoso	Porta-útil	Enciende al haber movimiento del motor porta-útil	Q 1.4

9.2 VISUALIZADOR DE TEXTOS TD-400

Dada la necesidad de insertar y modificar las variables del proceso se seleccionó el visualizador de textos TD400 que además permite visualizar alarmas y mensajes de estados particulares del automatismo. Sus principales características son:

- Visualización de alarmas y mensajes.
- Ajuste de variables del programa.
- Forzar/desforzar entradas y salidas.
- Utilización de menús e indicadores.
- Puede contener gran número de caracteres.

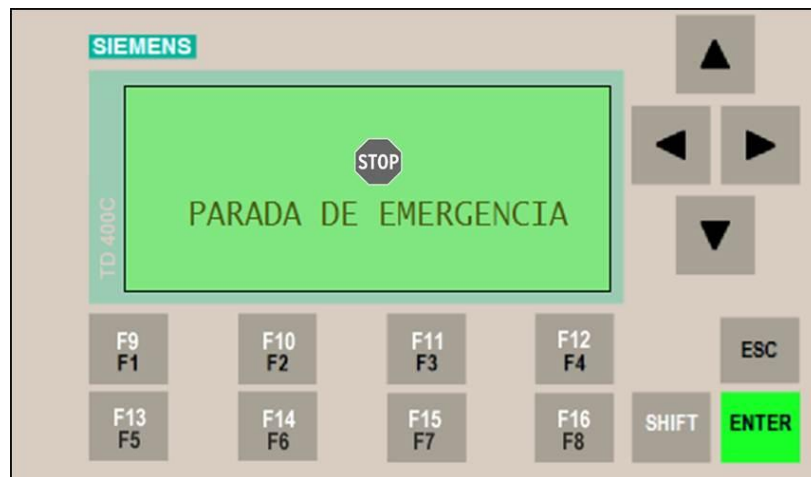
Figura 53. Características técnicas de la TD400.

Paneles	Pantalla LCD
Cantidad de líneas	4
Caracteres por línea (máx.)	32 (ASCII/cirílico), 16 (chino)
Resolución	192 x 64 píxeles
Elementos de mando	Teclado táctil
Teclas de función (programables)	15 programables
Teclas de sistema	7
Memoria integrada (útil para datos de usuario)	Datos de usuario en CPU
Puertos	1 PPI (RS 485) para montar una red con 126 estaciones/nodos
Funcionalidad	
Mensajes (clases de mensaje definibles a voluntad)	80
Respaldo de mensajes (número de entradas)	–
márgenes de proceso	64
Variables	864
Dimensiones	
Panel frontal Ancho x Altura en mm	174 x 102
Profundidad del equipo en mm	31
Certificación	CE, cULus, C-Tick
Tensión de alimentación	24 V DC
Condiciones de entorno	
Temperatura en servicio	
• montaje vertical	0 °C a 50 °C
• grado de inclinación máx.	0 °C a 50 °C
Temperatura transporte/almacenamiento	–20 °C a 60 °C
Peso	0,31 kg

Fuente: www.siemens.com.co

El visualizador de textos además de permitir insertar o modificar variables del proceso, permite al operario recibir mensajes o alarmas provenientes del programa de mando, sobre los diferentes modos de fallo que llevan al automatismo al estado de emergencia. Por otra parte permite visualizar las variables del proceso y sus valores en cualquier instante.

Figura 54. Visualizador de textos TD-400

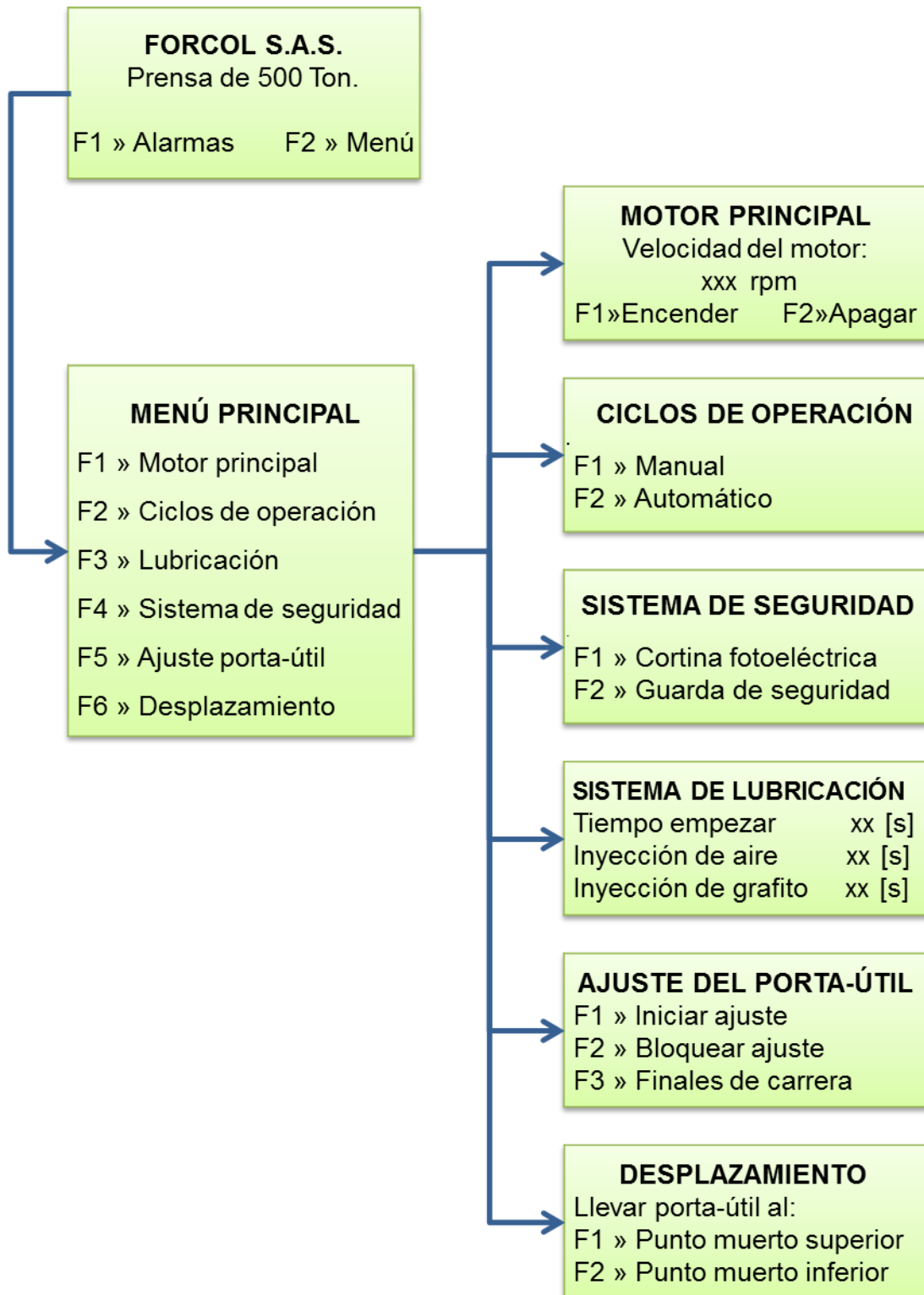


Fuente: STEP 7 - Micro/Win 4.0

9.2.1 Menú y pantallas

La programación del visualizador de textos consistió en el diseño de un menú personalizado con varias pantallas que pueden utilizarse para visualizar las diferentes opciones de configuración del automatismo. Con el diseño de estas pantallas el operador puede obtener, visualizar, y configurar la base de datos y variables del proceso en el sistema, ajustando las condiciones de trabajo del proceso directamente desde el tablero de control o el visualizador de textos. En la siguiente figura se puede observar algunas de las pantallas diseñadas.

Figura 55. Menú y pantallas de la TD-400



9.2.2 Alarmas y emergencias

En caso de falla de un componente de la máquina, el autómata por medio del visualizador de textos puede guiar al operador para indicarle más o menos donde se encuentra el defecto, esto se logra gracias a las señales de alarma que tiene configuradas el automatismo.

La clasificación de las alarmas del sistema automatizado, frente a situaciones de emergencia, se realiza utilizando los siguientes criterios:

- Sin secuencia de emergencia.
- Con secuencia de emergencia.

En el primero de ellos el automatismo ante una situación de alarma, se limita a detener su evolución y suspende las operaciones asociadas a la etapa donde se produce la alarma. Estableciéndose la inhibición de acciones o la congelación del subsistema implícito, los demás subsistemas pueden seguir funcionando con normalidad. Estas alarmas no implican necesariamente el paro de la producción, por el contrario, identifica “incidentes” más o menos serios que deberán ser seguidos de medidas correctivas. Este tipo de alarmas se pueden identificar porque van acompañadas del símbolo:



En la segunda opción, la evolución del sistema deriva hacia un estado de emergencia (Paro total del sistema), cuyas acciones están orientadas a situar a los operadores y al proceso mismo en las mejores condiciones posibles. Para eliminar los riesgos al personal y a los componentes de la máquina, el automatismo desactiva todos los pre-actuadores y actuadores del sistema, previniendo un

eventual accidente que se pueda presentar. Esta secuencia de emergencia activara la señal de alarma asociada, dependiendo la causa que lo origine. Este tipo de alarmas se pueden identificar porque van acompañadas del símbolo:



Un análisis más completo acerca del tratamiento de alarmas y emergencias se realizó en el capítulo del estudio de marchas y paradas – GEMMA.

Tabla 9. Alarmas con secuencia de emergencia

Alarmas	Dirección	Descripción	Acción realizada por el automatismo
Parada de emergencia	V46.0	Accionamiento del Seta de emergencia.	Paro total del sistema
Baja presión del sistema	V46.1	Presostato censa una presión menor a la requerida por la máquina.	Paro total del sistema
Desgaste Freno del embrague	V46.2	Al finalizar ciclo se alcanza a accionar el Sensor inductivo - B5	Paro total del sistema
Motor principal no está en movimiento	V46.3	No hay movimiento del volante. Detección por medio del Sensor inductivo - B6	Paro total del sistema
Baja velocidad del motor principal XXX RPM	V46.4	Posible falla del motor principal. Por medio del Sensor inductivo - B7 se detecta baja velocidad del volante	Paro total del sistema
Falla en el relé térmico del motor principal	V46.5	Disparo de la protección del motor principal. Detección por medio del contacto auxiliar relé térmico	Paro total del sistema
Falla en el contactor (KM1) del motor principal	V46.6	Posible falla en el contactor KM1. Detección por medio del contacto auxiliar.	Paro total del sistema
Falla en el contactor (KM2) del motor principal	V46.7	Posible falla en el contactor KM2. Detección por medio del contacto auxiliar.	Paro total del sistema

Tabla 10. Alarmas sin secuencia de emergencia

Alarmas	Dirección	Descripción	Acción realizada por el automatismo
Cortina fotoeléctrica interrumpida	V47.0	Detección de elementos en el recorrido del porta útil por medio de la cortina fotoeléctrica - B7	Inhabilitación del embrague o desplazamiento del porta-útil
Guarda de seguridad abierta	V47.1	Apertura de guarda de seguridad posterior. Interruptor de posición - LS1	Inhabilitación del embrague o desplazamiento del porta-útil
Falla sensor inductivo punto muerto superior	V47.2	No hubo detección de señal del sensor después de 3s	Inhabilitación del embrague o desplazamiento del porta-útil
Falla sensor inductivo punto muerto inferior	V47.3	No hubo detección de señal del sensor después de 3s	Inhabilitación de la marcha de ajuste
Falla fusible mecánico derecho	V47.4	Fractura del fusible mecánico por exceso en la fuerza de trabajo. Interruptor de posición - LS3	Inhabilitación de la marcha de producción
Falla fusible mecánico izquierdo	V47.5	Fractura del fusible mecánico por exceso en la fuerza de trabajo. Interruptor de posición - LS4	Inhabilitación de la marcha de producción
Bajo nivel de grafito en el sistema de lubricación	V47.6	Se agotó el lubricante. Sensor de nivel - B2	Inhabilitación de la electroválvula de grafito

Tabla 11. Alarmas sin secuencia de emergencia

Alarmas	Dirección	Descripción	Acción realizada por el automatismo
Falla en el guardamotor del motor Porta-útil	V47.7	Disparo de la protección del motor porta útil. Detección por medio del contacto auxiliar guardamotor	Inhabilitación del subsistema de ajuste
Falla en el contactor (KM3) del motor Porta-útil	V48.0	Posible falla en el contactor KM3. Detección por medio del contacto auxiliar.	Inhabilitación del subsistema de ajuste
Falla en el contactor (KM4) del motor Porta-útil	V48.1	Posible falla en el contactor KM4. Detección por medio del contacto auxiliar.	Inhabilitación del subsistema de ajuste
Falla en el final de carrera superior derecho del Porta-útil	V48.2	No hay detección de señal del sensor LS2, pero sí de su elemento redundante LS6	Inhabilitación de la marcha de ajuste
Falla en el final de carrera superior izquierdo del Porta-útil	V48.3	No hay detección de señal del sensor LS3, pero sí de su elemento redundante LS7	Inhabilitación de la marcha de ajuste
Falla en el final de carrera inferior derecho del Porta-útil	V48.4	No hay detección de señal del sensor LS6, pero sí de su elemento redundante LS2	Inhabilitación de la marcha de ajuste
Falla en el final de carrera inferior izquierdo del Porta-útil	V48.5	No hay detección de señal del sensor LS7, pero sí de su elemento redundante LS3	Inhabilitación de la marcha de ajuste

10. DISEÑO DEL COFRE DE CONTROL Y DE POTENCIA

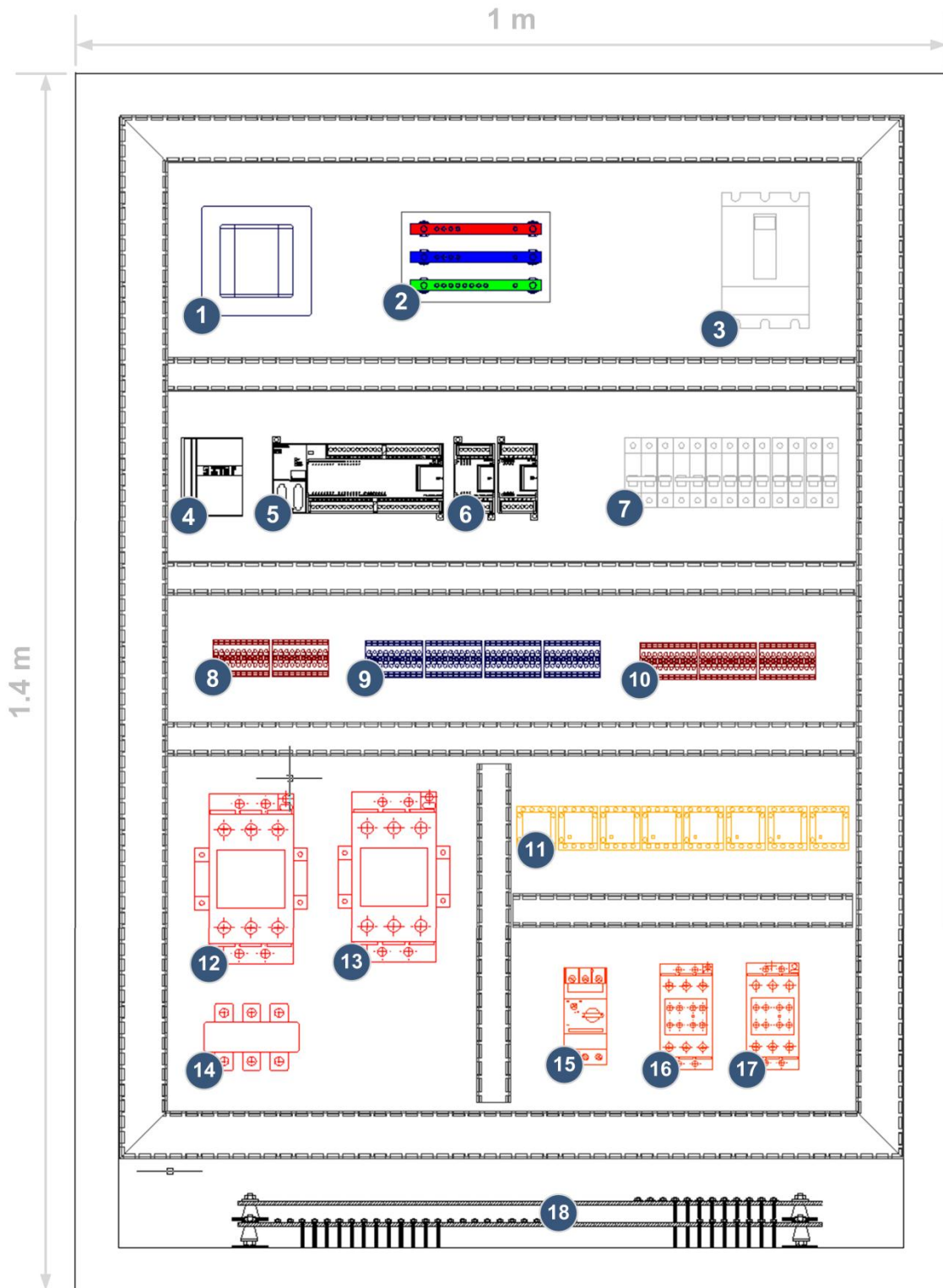
La distribución de los elementos en el cofre de control y de potencia obedece a las recomendaciones de expertos en el área, tomando en cuenta principalmente los siguientes aspectos:

- Separación física de los elementos de control y de potencia
- Todas las partes metálicas de la instalación y de la caja deben estar interconectadas a masa de referencia
- Separación de cables de control y de potencia
- Espaciamiento entre los elementos y borneras
- Espacio adecuado para evitar el calentamiento

Tabla 12. Elementos que integran el cofre de control y potencia.

Número de elemento	Elemento	Nomenclatura
1	Transformador (440 VAC @ 220 VAC - 110 VAC)	--
2	Barraje -Repartidores tetra polares	--
3	Totalizador (160-200 A)	--
Hardware de control:		
4	Fuente de alimentación – Sitop	--
5	Autómata - Siemens S7-200/CPU 226	--
6	Modulo adicional de entradas y salidas	--
7	Interruptores termo magnéticos	Q (1-8)
Borneras de control:		
8	Borneras (+24 y -24 VDC)	X1 - X2
9	Borneras de entradas	X (3-6)
10	Borneras de salidas	X7 - X8
11	Relés de control (Salidas)	K (1-8)
Elementos del motor 75 Hp:		
12	Contactador	KM1
13	Contactador	KM2
14	Relé térmico	F1
Elementos del motor 10 Hp:		
15	Contactador	KM3
16	Contactador	KM4
17	Guardamotor	Q1A
18	Borneras de potencia	X9 - X10

Figura 56. Distribución de elementos en el cofre de control y potencia



Fuente: Autores

11. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO FINAL DE LA PRENSA DE 500 TONELADAS

Luego de realizado el montaje y puesta a punto del sistema automatizado, la prensa de 500 Toneladas presenta algunos cambios con respecto a su funcionamiento y componentes eléctricos. A continuación se expondrá algunas de las mejoras realizadas durante la ejecución del proyecto.

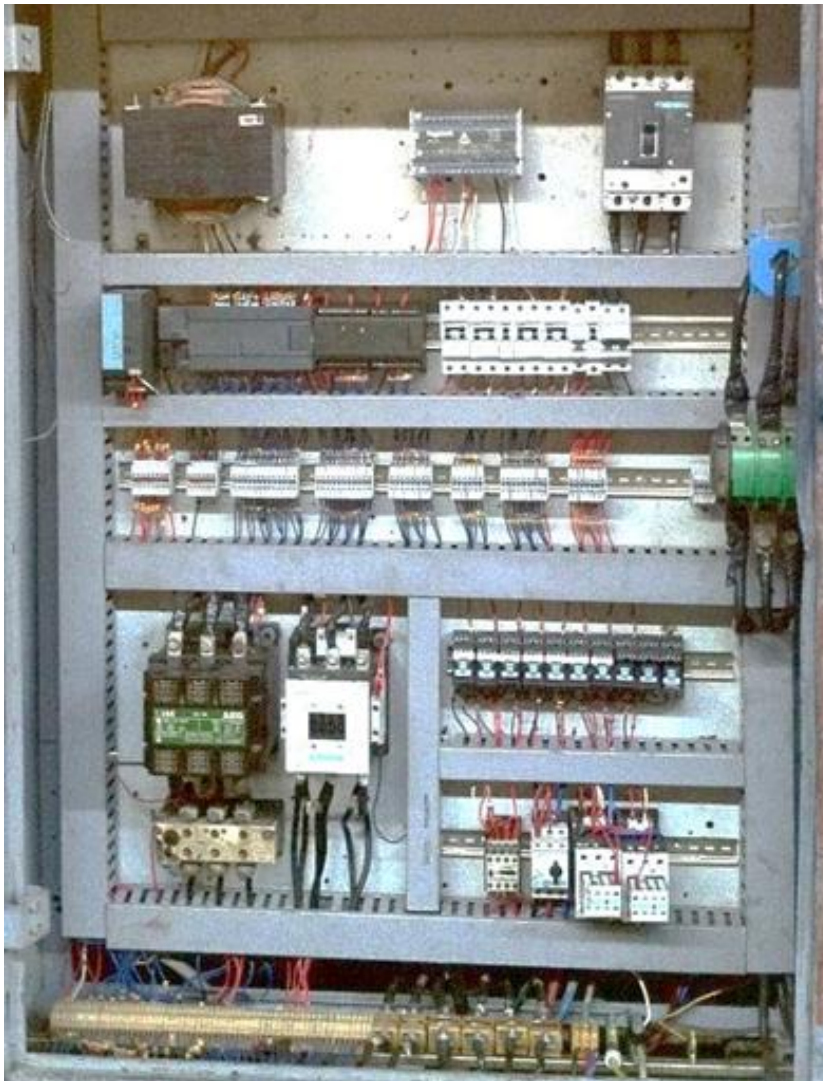
Figura 57. Estado final de la Prensa de 500 Toneladas.



11.1 COFRE DE CONTROL Y POTENCIA

El tablero contiene organizadamente todos los componentes de la parte de control, incluido todas las protecciones del sistema. La instalación de los componentes se realizó según los lineamientos y el diseño expuesto en el capítulo 10.

Figura 58. Vista general de la caja de control y potencia



Como se puede observar en la siguiente foto, el cofre de control y potencia se encuentra ubicado a una distancia de 8 m. La razón es la siguiente; si este se encontrara cerca de la prensa, estaría expuesto a golpes e impactos ocasionados

no solamente durante el trabajo habitual, sino también en las actividades de mantenimiento y desarme de la máquina. Adicionalmente, los residuos de la lubricación de las matrices podrían deteriorar rápidamente sus componentes.

Figura 59. Ubicación del cofre de control y potencia

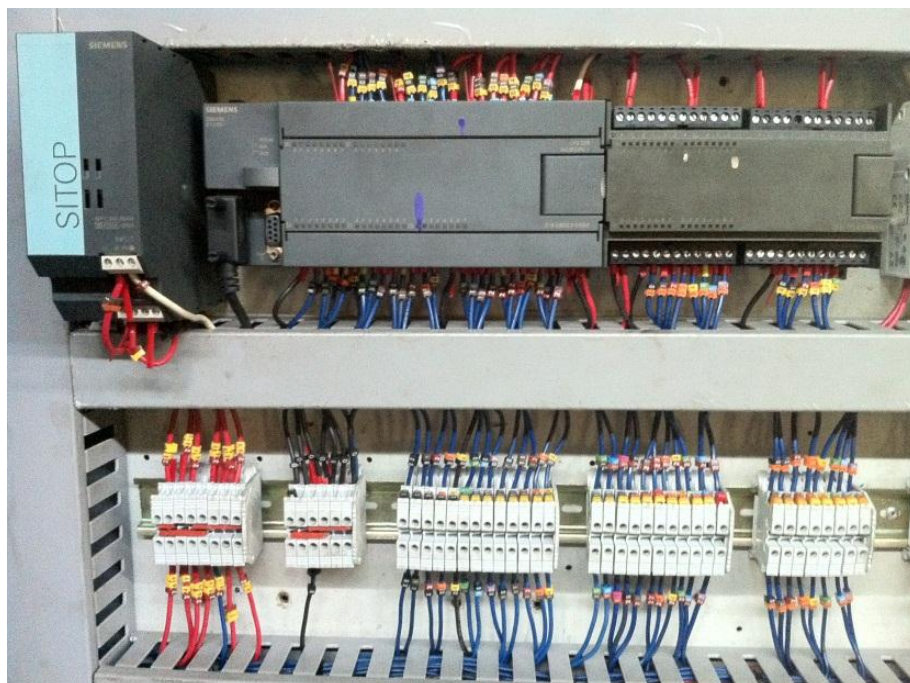


En el montaje de los componentes del cofre de control y de potencia se debe destacar los siguientes ítems tomados en cuenta para la instalación de los elementos.

11.1.1 Rotulación y enumeración del cableado

En la siguiente figura además de observarse una correcta organización de los elementos del hardware de control, compuesta por la fuente de alimentación, el autómata, el módulo de ampliación y las borneras. Se destaca el cableado debidamente etiquetado y enumerado, esto facilitara las actividades de mantenimiento y rápida localización de fallas.

Figura 60. Hardware de control



11.1.2 Protecciones de seguridad

El cofre de control y potencia contiene elementos que pueden ser inseguros al no tener la debida precaución en el contacto de estos, como por ejemplo las borneras de potencia. Para prevenir situaciones de peligro, se protegieron estos elementos con tapas de acrílico debidamente etiquetadas con letreros de precaución.

Figura 61. Señales y protecciones de Seguridad



11.2 INTERFAZ HOMBRE – MAQUINA (HMI)

El HMI (Human Machine Interface) son los dispositivos o sistemas que permiten la comunicación entre el operador del sistema y el automatismo que lo controla. Permitiendo la supervisión, seguimiento y control de la operación, actuando sobre el mismo en caso de ser necesario. El HMI está compuesto por un panel de mando local ubicado cerca del área de trabajo y un panel de mando remoto ubicado en el tablero de control.

11.2.1 Panel de mando local

El panel de mando local (botonera) contiene las señales que activan las funciones y operaciones principales que realiza la prensa, por esta razón para tener una mejor visualización y control del proceso productivo, el tablero está ubicado al lado de la mesa de trabajo.

Figura 62. Panel de mando



Los elementos que integran el panel de mando o botonera son necesarios para gestionar y controlar los modos de funcionamiento, enviando órdenes al sistema automatizado. Adicionalmente contiene pilotos luminosos (testigos), que permiten visualizar la existencia de diferentes eventos, como fallas, arranque del motor, activación del sistema de seguridad, etc. El mando local también lo integran los pedales de lubricación y ciclo, los cuales facilitan el accionamiento de estas operaciones.

Figura 63. Pedales de accionamiento.

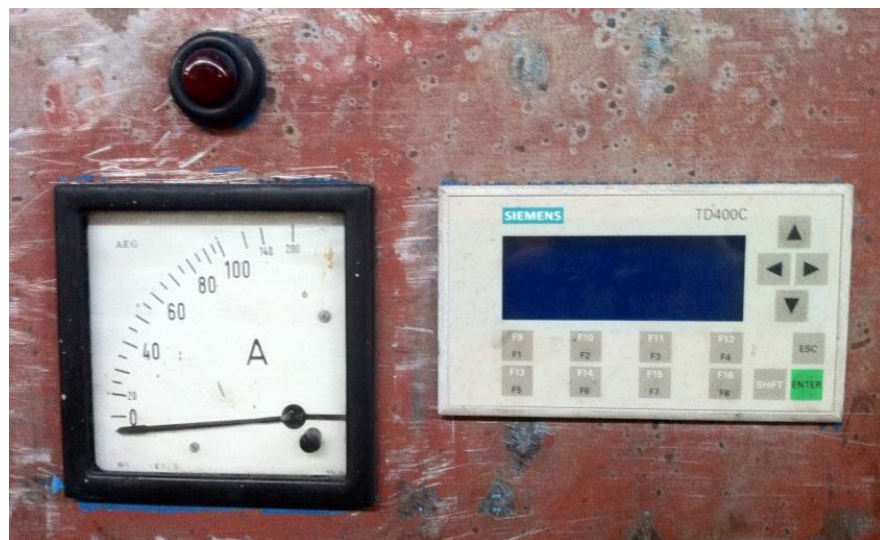


11.2.2 Panel de mando remoto

El panel de mando remoto (visualizador de textos) se instaló en el cofre de control y potencia, para prevenir fuertes golpes y desgaste de sus componentes debido al trabajo pesado que se realiza en el área de trabajo. La utilización de los visualizadores de texto permite una comunicación más comprensible y fácil de interpretar entre el usuario y el sistema de control.

El visualizador de textos además de permitir visualizar, insertar o modificar variables del proceso, permite al operario recibir mensajes o alarmas provenientes del programa de mando, sobre los diferentes modos de fallo que pueden presentarse el sistema automatizado.

Figura 64. Visualizador de textos y Amperímetro.



También se restauró el amperímetro con que contaba el tablero de control y potencia en el cual se puede visualizar en tiempo real el consumo de corriente del motor principal, y puede ser una ayuda para la detección de un mal funcionamiento del actuador.

11.3 SEGURIDAD

Se instaló la cortina fotoeléctrica y la guarda de seguridad, con objetivo de aislar el área de trabajo para evitar un accidente, impidiendo la presencia de objetos o alguna parte del cuerpo de un operador en áreas peligrosas. Si estos elementos se encuentran abiertos no permiten las operaciones que estén ligadas al desplazamiento del porta-útil.

Figura 65. Cortina fotoeléctrica

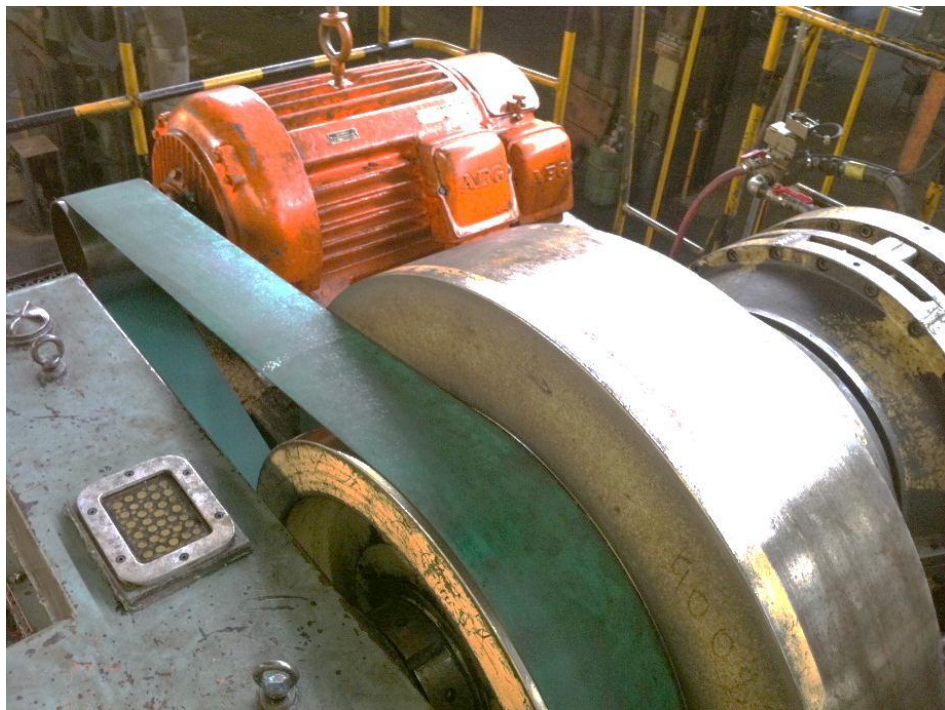


11.4 CAPTADORES Y ACCIONADORES

Se realizó la instalación, ajuste y puesta a punto de todos los sensores, preactuadores y actuadores que se encuentran distribuidos en la máquina e integran los diversos subsistemas.

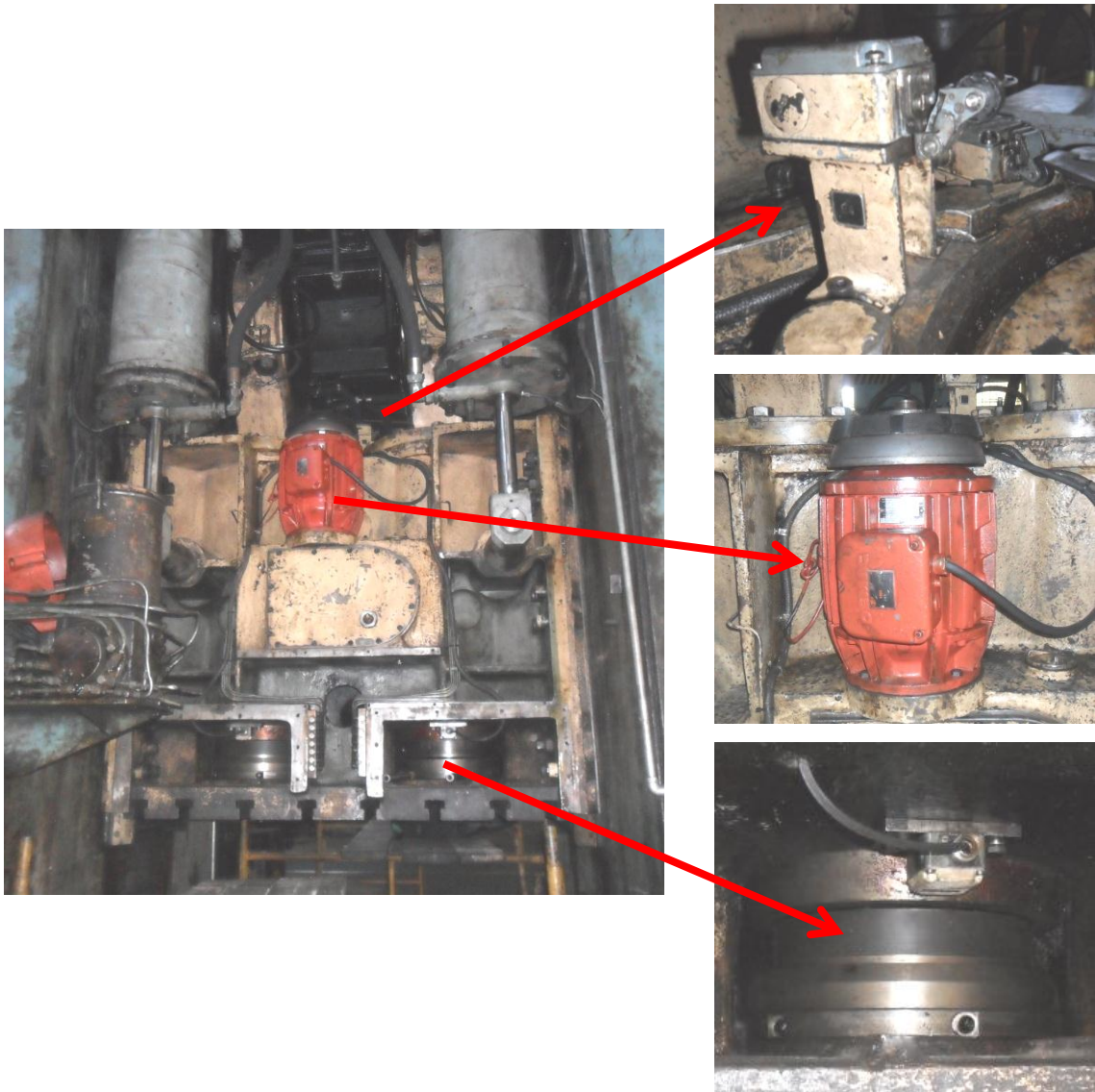
Se realizó el montaje y puesta a punto del motor principal y el embrague, realizando también el acoplamiento, los ajustes y la alineación de estos elementos para garantizar la eficiente transmisión de potencia.

Figura 66. Montaje y acoplamiento del Motor y embrague



Igualmente se realizó el montaje y puesta a punto del porta-útil y sus componentes; como el motor de 10 HP y los finales de carrera para realizar las actividades de ajuste. También podemos encontrar los fusibles mecánicos colocados en su posición.

Figura 67. Montaje y acoplamiento del porta-útil y sus componentes



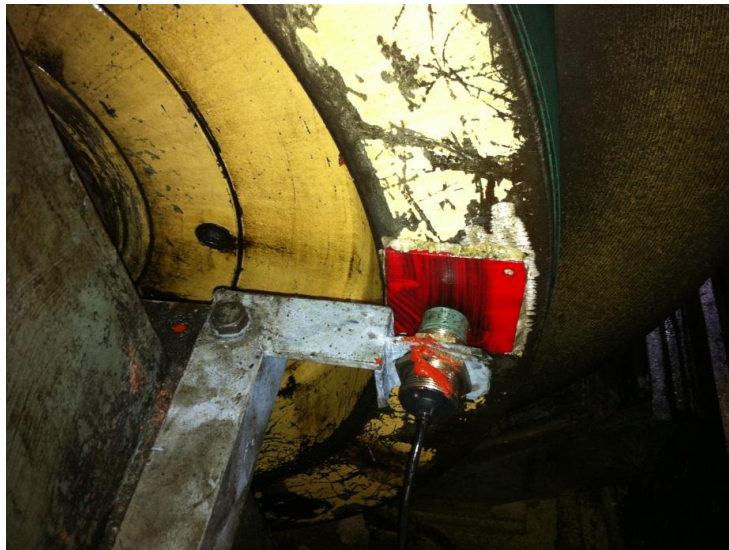
En la siguiente figura podemos observar los sensores inductivos que detectan el punto muerto superior, inferior y el desgaste del freno en el embrague. Estos captadores son fundamentales para posicionar el porta-útil y finalizar los ciclos de producción.

Figura 68. Sensores inductivos para detección de proximidad del resalto.



También se instaló un sensor inductivo para la medición de la velocidad del volante, el cual está unido por medio de una banda al motor principal. Con esto se puede detectar un mal funcionamiento del motor.

Figura 69. Sensor inductivo para detección de movimiento del volante.



11.5 DISTRIBUIDOR NEUMÁTICO

Las mejoras el sistema de suministro de aire consistió básicamente en la adecuación de manómetros para cada una de las redes de aire comprimido en la prensa, en la eliminación de fugas y en la instalación de su unidad de mantenimiento que permite la regulación de la presión del sistema y el drenaje automático del condensado de la línea principal de aire. Para el sistema de control se instaló el sensor de presión de aire para garantizar el monitoreo continuo de la red principal de aire comprimido y evitar que la maquina opere sin que se supla la necesidad de aire minima de 80 psi de presión.

Figura 70. Destruidor neumático y componentes.

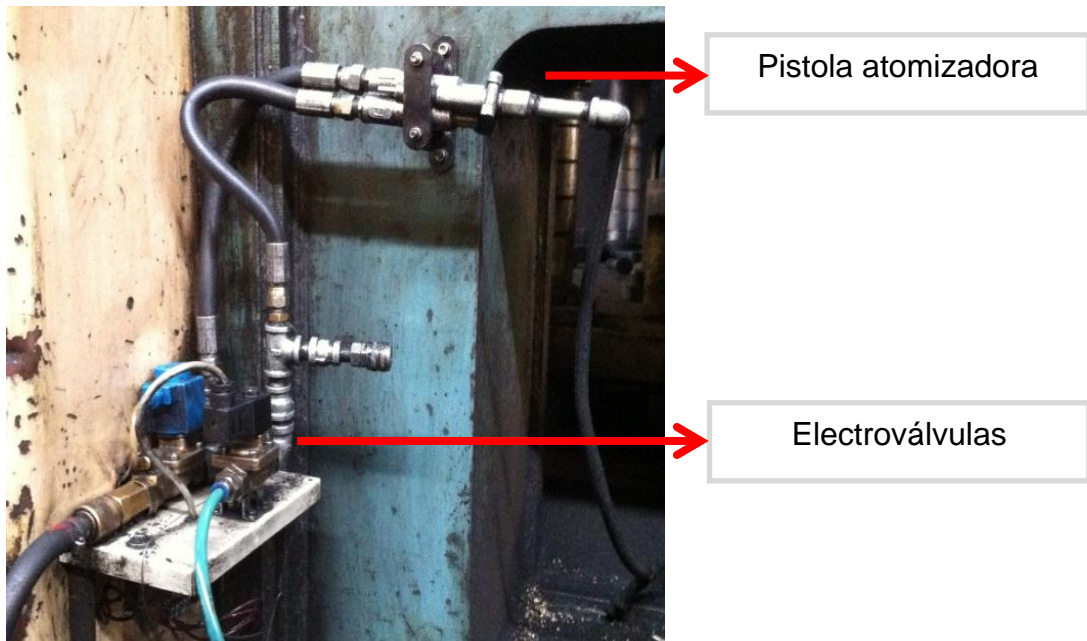


11.6 SISTEMA DE LUBRICACION DE MATRICES

La lubricación de matrices se realiza por medio de la mezcla de grafito líquido y aire a presión. Por esta razón el sistema cuenta con dos electroválvulas, una para la inyección de aire y la otra para suministrar grafito como se muestra en la siguiente figura. El automatismo controla la secuencia y los tiempos de accionamiento de estos dos actuadores.

La mezcla es realizada por medio de la pistola de lubricación, la cual permite la atomización de la mezcla del grafito suspendido en agua con el aire comprimido y el ajuste de la cantidad de grafito inyectado en cada una de las matrices, logrando con esto un recubrimiento más uniforme sobre las paredes de las mismas.

Figura 71. Subsistema de lubricación de matrices



También se realizó la instalación y puesta a punto del sistema distribuidor de grafito, que está integrado principalmente por el tanque de almacenamiento, el motor, una bomba de doble diafragma y un sensor de nivel está enlazado al automatismo.

Figura 72. Sistema distribuidor de grafito



CONCLUSIONES

- El mejoramiento de la confiabilidad, la operatividad y calidad de la producción de la maquina es un hecho alcanzado con el desarrollo de este proyecto. Asimismo, habilitar la prensa de 500 toneladas significo un aumento de la cantidad de piezas producidas mes en un 60%, de tal forma que la empresa pudo aumentar su facturación, cumpliendo con los requerimientos y necesidades del cliente.
- Por su versatilidad, confiabilidad, facilidad de programación, instalación y bajo costo los sistemas de automatización Simatic S7-200 son una buena alternativa de selección en la implementación de sistemas automáticos.
- El planteamiento de un diseño estructurado y jerarquizado mediante la implementación de diagramas Grafcet y el uso de herramientas como el Gemma, logró que en el automatismo desarrollado, las contingencias sean previsibles y el propio sistema está preparado para detectar defectos o averías, y colaborar con el operador o el técnico de mantenimiento en el control, supervisión y seguimiento de la operación.
- La estructuración del modelo global en diversos subsistemas permite realizar un diseño más detallado de cada una de las tareas a atender por parte del sistema de control, al tiempo que permite y facilita su representación documentada de forma más comprensible y legible para su posterior modificación o mantenimiento.
- El aporte de la universidad a la industria santandereana, a través de proyectos que buscan la solución de problemas en sus procesos productivos, constituye una alternativa de desarrollo y crecimiento mutuo que justifica la importancia de las buenas relaciones industria-universidad.

RECOMENDACIONES

- Realizar el mantenimiento preventivo de la máquina de acuerdo con el Manual de mantenimiento de las máquinas de forja y las fichas de mantenimiento preventivo.
- Se recomienda la puesta en marcha del sistema de lubricación automático de las matrices por grafito, para lo cual se requiere el cambio o la reparación de la bomba neumática de diafragma de doble efecto que se encuentra averiada en este momento. Con la implementación de este sistema se reduciría la mano de obra en un operador y además, la operación de la Prensa se hace más segura debido a que solo estaría operándola una sola persona.
- El PLC permite entre otras aplicaciones la implementación de un sistema de contador de piezas producidas para el manejo de los diferentes indicadores de productividad y capacidad de producción de la Prensa de 500 Toneladas.
- Se recomienda la reparación del sistema de freno por zapata neumático que sirve para detener el volante en caso de que se requiera apagar la Prensa y detener completamente el giro del motor debido a cualquier emergencia o parada inesperada.
- Es aconsejable que todo el personal que sea entrenado para el manejo, la operación y el mantenimiento de la Prensa de 500 Toneladas haya leído y comprendido con anticipación las instrucciones comprendidas en el Manual de operación y del usuario de la Prensa.

- Se recomienda pintar la máquina y todos los elementos de tubería de acuerdo a las normas internacionales para distinguir con exactitud los diferentes fluidos que intervienen en la operación de la celda de Forja de la Prensa de 500 Toneladas.
- Cabe resaltar que la realización de Proyectos que integren una metodología clara, que contengan la debida documentación y concluyan de forma exitosa permiten estrechar aún más los lazos entre la Universidad Industrial de Santander y la Industria, a saber en este caso Forcol S.A.S, Filial de Dana Transejes Colombia. Indudablemente se busca un beneficio mutuo que finalmente conlleve a que la relación interinstitucional se fortalezca con el fin de darle todo el apoyo necesario para que se desarrollen las actividades propuestas y la empresa obtenga el conocimiento y la integración de nuevas tecnologías y alternativas que contribuyan a mejorar sus procesos para que puedan ser más competitivas en el mercado regional, nacional e internacional.

BIBLIOGRAFÍA

Aragones Boix Oriol, Alaña Zabaleta Ferran, Automatismos Eléctricos programables. Edicions UPC. 1998.

Balcells, Joseph. Autómatas Programables. Alfaomega 1998.

Curso multimedia S7-200 basado en la Web.

<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Pages/S7200.aspx>

Discarsa- Automatización, Calor y control, Guía técnica para el instalador electricista 2008/2009 Siemens.

http://dircasa-calora.blogspot.com/2010_04_01_archive.html

García Moreno Emilio, Automatización de procesos industriales. Servicio de publicaciones. 352 p. (ISBN 84-7721-759-9).

Manual de Baja Tensión Siemens, Criterios de selección de aparatos de maniobra e indicaciones para el proyecto de instalaciones y distribución. 2 ed. Publicis MD Velag. Germany, 2000. 791 p. (ISBN 3-89578-119-3).

Portal de Automatización Industrial, <http://www.infoplcn.net/>.

Schneider Electric, Manual electrotécnico Telesquemario, Tecnologías de control industrial. Junio 1999. 289 p.

Siemens, manual de control y distribución baja tensión.

www.siemens.com.mx/industria/Control%20y%20Distribución/.../BT2009.pdf

ANEXOS

ANEXO A. CERTIFICADO DE FINALIZACIÓN DEL PROYECTO

Bucaramanga 21 de Octubre, 2011.



Ingeniero

ALFONSO GARCIA CASTRO

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica

Cordial Saludo,

Por medio de la presente, certifico que los estudiantes GIOVANI ARTURO PARRA ORTIZ con código 1972407 y EDWING ALEXANDER CALVETE MARTINEZ con código 2050552 cumplieron satisfactoriamente con los objetivos propuestos en el proyecto de grado "AUTOMATIZACION DE UNA PRENSA DE 500 TONELADAS PARA FORJA EN CALIENTE EN LA EMPRESA FORCOL S.A.S". La Prensa se encuentra en operación desde el mes de Agosto de acuerdo con lo planeado en el presente proyecto.

Atentamente,


FORCOL S.A.S.
N.T. 804.014.757-4

LUIS ALBERTO SANTOS CASTAÑEDA
Gerente de Planta FORCOL S.A.S

ANEXO B. EL ESCENARIO DEL PROYECTO

1. NATURALEZA DEL NEGOCIO

FORCOL S.A.S. es una empresa santandereana de carácter privado, dedicada principalmente a la producción de piezas forjadas para la industria automotriz, comprometida con la comunidad en el desarrollo de productos de alta calidad cuyos procesos son llevados a cabo mediante la modalidad de forja cerrada en caliente.

Actualmente es uno de los proveedores de TRANSEJES S.A., dedicando la mayor parte de su infraestructura y capacidad instalada para la producción de componentes usados en la producción de Ejes Homocinéticos, Ejes Cardánicos y Ejes Diferenciales para el parque automotor de Colombia, Venezuela y Ecuador.

Figura. Planta Forcol S.A.S.



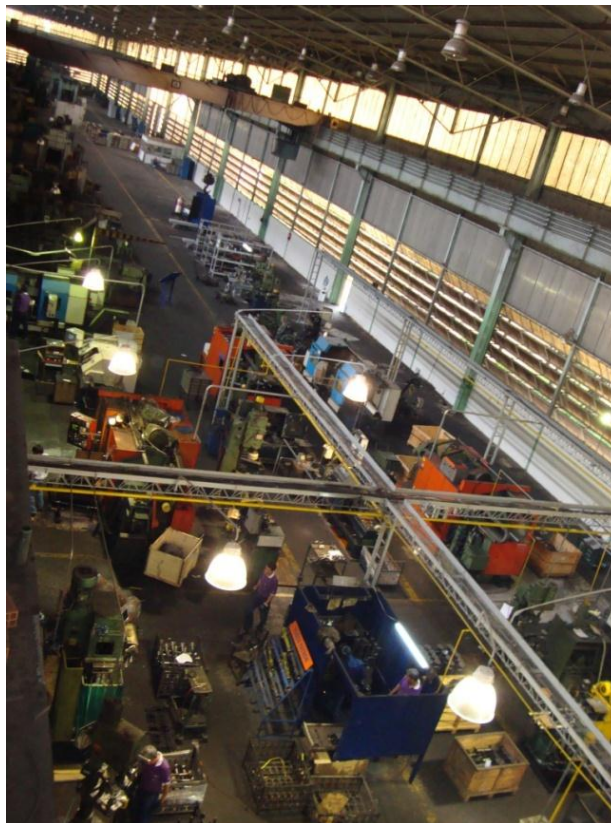
2. RESEÑA HISTÓRICA

De la confluencia de tres factores claves tales como la necesidad de Dana – Transejes Colombia de desarrollar una fuente local de forja para su producción, la

existencia de la planta de Forjados de los Andes cerrada desde el año de 1998 y la disposición de un recurso humano con experiencia en la industria automotriz y fabricación de productos forjados, nace la oportunidad de reactivar la planta de forja situada en la Segunda etapa del Parque Industrial de la Zona Industrial de Bucaramanga.

Los ajustes realizados por Dana Transejes Colombia en su concepto administrativo acompañados por un sistema de contratación de mano de obra y servicios industriales altamente flexible y productivo dentro de un concepto de remuneración por resultados, llevo a esta empresa a concebir la reactivación de la planta de forja en condiciones similares para lo cual después un estudio de las posibilidades técnicas y los costos asociados de producción se acordaron los términos económicos para iniciar operaciones.

Figura. Línea de mecanizado dentro de la planta de Forja



Forcol S.A.S. se conforma en febrero de 2003 con el objeto de administrar y desarrollar el proyecto. Su nombre recuerda la sociedad Forjas de Colombia S.A. fundada en 1961 por industriales de la región quienes concibieron el proyecto de forja, construyeron sus instalaciones y compraron los equipos. Actualmente se encuentra en proceso de implementación de un Sistema de Gestión de Calidad según la Norma ISO 9001:2000 con el fin de asegurar la calidad de sus procesos y garantizar a sus clientes la satisfacción en sus productos. Después varios años de operación la empresa ha recuperado parte de los equipos y la infraestructura que por el cierre se deterioraron.

3. POLÍTICA DE CALIDAD

“FORCOL LTDA.” Es una organización que enfoca sus procesos en la completa satisfacción de sus clientes entendiéndose por éstos todas las organizaciones y personas con quienes interactuamos en la cadena de fabricación y suministro del producto, brindando productos de la más alta calidad, por medio de:

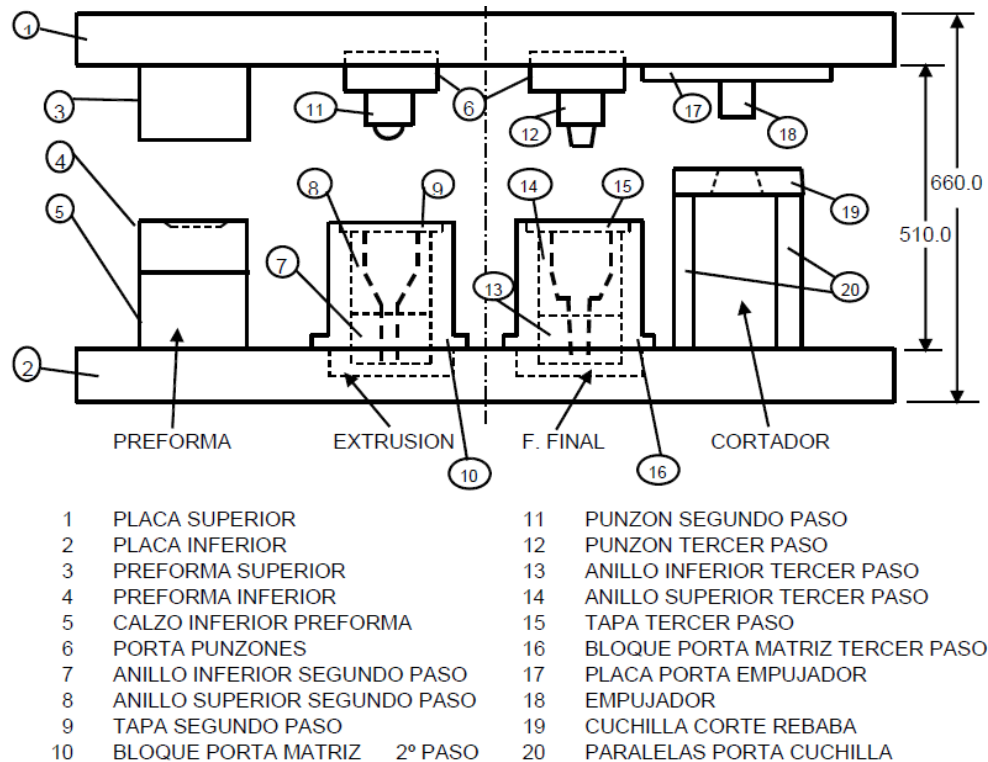
- La mejora continua.
- La eficacia de los objetivos de calidad.
- La eliminación de todas las formas de desperdicio.
- El cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de calidad.
- El involucramiento, empoderamiento, desarrollo y motivación de sus colaboradores.
- La implementación de cambios tecnológicos e innovación.
- El uso eficiente de los recursos.

Con el fin de prevenir y/o eliminar los posibles defectos en la realización del producto que afecten la calidad del mismo, el personal tiene la autoridad de detener de forma responsable los procesos e informar para tomar de forma oportuna acciones que minimicen el impacto.

4. PROCESO DE FORJADO

En primera medida se calientan las piezas (materia prima) durante 30 minutos a una temperatura entre 1.100°C y 1.300°C. Una vez las piezas están listas, un operario saca el tocho del horno, y otro, con la ayuda de unas tenazas, lo recoge y lo ubica en la prensa mecánica de 500 toneladas (máquina forjadora), en donde se somete a esfuerzos violentos de compresión repetidos, para que se adapte a la forma deseada que le imprime una matriz. Inmediatamente después de ésta operación, dicha pieza es retirada de la máquina y ubicada en la desbravadora.

Figura. Plano de matrices para la Prensa



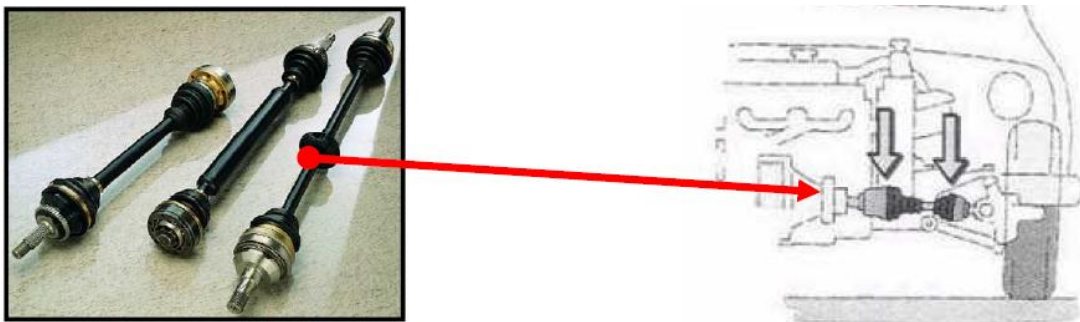
Este tipo de forja se realiza forzando al material a coincidir con matrices que contienen la forma inversa de la parte deseada, incluyendo la compresión del material para que fluya libremente a través de una abertura. El proceso de deformación se da en tres etapas definidas por el primer, segundo y tercer paso

del herramental, a saber, Preforma, Extrusión y Forma final, tal como se observa en la figura 12.

5. PORTAFOLIO DE PRODUCTOS REALIZADOS POR LA PRENSA

Actualmente la prensa de 500 Ton. Interviene mayoritariamente en la producción de piezas forjadas para aplicaciones en la industria automotriz en acero regido principalmente por la norma SAE, entre las cuales tenemos:

Figura. Componentes para Ejes Homocinéticos



El eje homocinético está compuesto por un conjunto de piezas que sirven para transmitir la potencia y la velocidad generada en el motor del vehículo hasta las ruedas transmitiendo velocidades angulares constantes sin vibraciones ni ruidos, sin importar la velocidad de desplazamiento del vehículo ni las variaciones del terreno. Las piezas forjadas para ejes homocinéticos son:

Figura. Junta Fija



Componente de los ejes homocinéticos, está ubicada en el extremo de la rueda y permite movimiento angular con el fin de compensar cambios de ángulo violentos a través de una tracción suave, sin fluctuaciones. Su peso es de 2 Kg. Se fabrican 10 Números de Parte en Acero SAE 1050.

Figura. Trípode



Componente ubicado dentro de la tulipa y su función es transmitir el movimiento a las ruedas sin importar que estas cambien de posición ya sea por irregularidades del camino o por giro de la dirección. Su peso es de 0,33 Kg. Se fabrican 2 Números de Parte en Acero AFNOR 18CD4 (similar a la Norma SAE 5118).

ANEXO C. RECUPERACIÓN DE LA PARTE OPERATIVA

Mantenimiento mecánico.

Figura. Prensa Wagner Dortmund de 500 toneladas para forjar en caliente



Se inició con todo un recuento de partes mecánicas desmontadas para posteriormente limpiarlas revisarlas y detallar su desgaste debido a su antigüedad y largo tiempo de inactividad. A continuación observaremos algunas de estas partes y su mantenimiento efectuado posteriormente refiriéndonos a las partes mecánicas fundamentales.

Bielas del porta útil.

Figura. Biela montada en el sistema de tornillo Sin Fin



Las bielas son las encargadas de transmitir el movimiento del eje secundario a la porta útil de ahí su importancia de tener un funcionamiento preciso y con el mínimo desgaste. Se desmontaron todos los elementos mecánicos del tornillo sin fin internos y externos y se revisaron los bujes los ajustes y su desgaste. Se fabricaron, se mecanizaron y se ensamblaron los casquetes de bronce de las bielas así como también se rectificaron las excéntricas del cigüeñal.

Cilindros neumáticos

Figura. Cilindros de Compensación



Los cilindros de compensación necesitan estar calibrados, y libres de fugas de aire para que el movimiento de los vástagos de cada uno de ellos sea uniforme y no afecte la estabilidad del porta útil que se vería reflejado en una desalineación de la altura del mismo con respecto a la mesa de trabajo.

Los cilindros de compensación se desarmaron completamente, se revisaron sus partes móviles: el vástago, los bujes de bronce, los sellos mecánicos y el diámetro interno del cilindro. Se encontró que tanto los bujes de bronce como los sellos estaban en mal estado por lo cual se fabricaron y reemplazaron. A su vez los vástagos presentaban deformaciones a lo largo de su cuerpo por lo cual se rectificaron y se recubrieron con cromo duro para evitar desgaste a corto plazo. A los cilindros se les rectificó el diámetro interior para eliminar la ovalidad y la conicidad que presentaban.

Embrague neumático.

Figura. Sistema de Embrague y Freno de Fricción



Por ser el elemento transmisor del movimiento primario su calibración debe ser perfecta ya que de este dependen todos los demás sistemas y partes móviles enfocadas en el efecto final que es el de desplazar el porta útil hacia arriba y hacia

abajo llevando desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior y viceversa.

Figura. Transmisión de movimiento entre el motor y el embrague.



Figura. Línea de alimentación neumática.



Su funcionamiento se debe a tres partes fundamentales:

- El freno: encargado de mantener el embrague estático mediante pares de juegos de asbesto que ejecutan la frenada por fricción hacia las tapas de la carcasa.
- El volante: parte más grande del embrague mantiene un giro continuo y esta comunicado directamente al eje del motor por medio de la banda elástica.

- Embrague interno: se encuentra frenado y al ser accionado por aire comprimido el freno es liberado y comienza a girar a la par con el volante hasta que la alimentación neumática se deja de suministrar haciendo que el freno entre nuevamente y finalice el ciclo.

Se revisó el desgaste de los asbestos, encantándose que la distancia entre la carcasa y los asbestos no estaba centrada con respecto a eje central de freno. Debido a esto se movieron un poco las tapas de la carcasa que contiene los asbestos mediante espaciadores (Arandelas) y se calibró la distancia de separación entre el asbesto y su respectiva tapa para evitar que la fricción sea demasiada y comience a quemar el asbesto o desgastándolo a corto plazo. En el momento en que tal desgaste sea crítico es necesario cambiar el asbesto.

Posteriormente se realizaron pruebas en piso antes de proceder al montaje para verificar el desplazamiento adecuado y que las distancias de los conos de fricción estén centradas y bien distribuidas. También se verificó que no haya fugas de aire en los sellos neumático internos que lleva las partes móviles donde van montados los conos de fricción.

Porta útil.

Figura. Engranajes, Rodamientos, Conjunto Sin Fin-Corona Potautil



Figura. Vista de portautil en piso y Montado



El Porta útil o martinete es elemento final que efectúa la carrera de la prensa almacena principalmente las bielas, los cilindros de compensación del recorrido, también contiene un juego de transmisión de tornillo sin fin y engranajes que se comunican por medio de una engranajes rectos dispuestos de tal forma que se conectan a un contador en milímetros con el fin de realizar ajustes pequeños cuando se mueva el porta útil.

El accionamiento de este juego de transmisión lo efectúa un motor eléctrico ubicado en la parte posterior del porta útil. De ese lado también van ubicados los

fusibles mecánicos que deshabilitan la prensa en el momento que ésta sobrepase las 500 toneladas de fuerza a la hora de realizar un trabajo.

Figura. Vista Posterior del Porta útil



El porta útil se desarmó por completo. Se revisaron todos sus componentes y se reemplazaron los rodamientos, algunos bujes de bronce, toda la tortillería y se repararon algunos elementos que se encontraban con algún tipo de desgaste pero que no ameritaban ser fabricados.

Se desmontaron las bielas, se revisaron su partes móviles, se suavizaron algunos ajustes derivados de la parada de más de 10 años que tenía la maquina sin operar. Se revisaron los fusibles mecánicos y se verificó que no estuvieran fracturados debido a alguna sobrecarga de tiempo atrás.

Se rectificaron las roscas de los tornillo que ajustan el sistema de guías que sostienen lateralmente el porta útil y lo guían de manera uniforme a través del sistema de guías de bronce que posee la prensa en su estructura principal. Por

último, se le realizó una exhaustiva limpieza de toda su estructura, se ensamblaron todas sus partes y se montó en la estructura de la prensa.

Bomba grasera de lubricación.

Figura. Bomba y Depósito de Grasa



La máquina posee una bomba con accionamiento por palanca formada por una hélice concéntrica en el base interior de la bomba que accionada por la palanca gira al ritmo de la primera y comienza a pasar la grasa por cada una de las salidas de la bomba que posteriormente pasa a los ductos de acero para llegar a cada uno de los compartimentos y elementos de la prensa a lubricar.

Partes fundamentales para lubricar

Los conductos de la bomba tienen los siguientes destinos:

- Distribuidor para los cuatro juegos de guías que deslizan el porta útil
- Distribuidores para cada una de las bielas
- Mangueras para cada uno de los cilindros

Se realizó limpieza al depósito de grasa y se encontró que la hélice que realiza el desplazamiento de la grasa en la bomba estaba rota, por lo cual se fabricó una

nueva y se procedió a montarla. Se cambiaron racores, tubos, mangueras y terminales de cada uno de los puntos de lubricación de la prensa.

Al final del mantenimiento se montó la bomba y el depósito en la prensa, se conectaron todos los tubos distribuidores de grasa, se desconectaron algunas mangueras, y se bombeó manualmente para verificar la salida de grasa por las mismas.

La duración del mantenimiento y adecuación de todos los componentes mecánicos de la prensa fue aproximadamente de tres meses. La magnitud y el tamaño de la mayoría de los elementos de la máquina hacen que la manipulación, el desmontaje y el montaje de los mismos se haga con mucha precaución y con maquinaria de tipo pesado, razón por la cual esta etapa del proyecto duró aproximadamente tres meses.

Ensamble mecánico final.

Una vez adecuadas cada una de las piezas por separado se procede a su posterior ensamble y armado general. El ensamble del porta útil se inicia con el montaje de las guías de bronce dentro de la estructura de la prensa sobre las cuales éste se deslizará. Las ocho guías de bronce fueron rectificadas, se les mecanizó la ranuras de lubricación y se suplementaron para darles a todas la misma medida debido a que algunas presentaban mayor desgaste que otras.

Después se prosigue con el montaje de los casquetes superiores de las bielas en la prensa sobre el eje principal asegurándonos antes que estuvieran con una buena capa de grasa para garantizar su óptimo deslizamiento.

Figura. Vista del Eje Cigüeñal y Los Cilindros de Compensación



Seguidamente se procedió con el montaje de las bielas en el porta útil donde se revisaron sus puntos de lubricación y por medio de un puente grúa de 20 toneladas de capacidad se procedió a encajar cada una de ellas. Su ajuste debía ser perfecto para que no ocasionara ningún tipo de inconveniente en el porta útil. Después se aseguraron al porta útil mediante tornillos y arandelas de seguridad.

Una vez limpiado nuevamente el porta útil y engrasadas la bielas se montó todo el conjunto en los casquetes de la prensa mediante ocho tornillos de 3 pulgadas de diámetro y se transportó con un montacargas con capacidad para 12 toneladas.

Terminada esta fase de ensamble se prosiguió con el montaje de cada uno de los cilindros de compensación anteriormente reparados, asegurándolos a cada uno de los brazos del porta útil y calibrándolos uniformemente.

Figura. Conjunto ensamblado de bielas porta útil y cilindros.



La siguiente fase de montaje consistió en el montaje del motor principal ubicado en la parte superior de la prensa y la posterior alineación del mismo con el volante del sistema de embrague y freno para garantizar que la banda que transmite el movimiento del eje del motor al volante no se salga de las poleas.

Figura. Montaje de Matrices de Forja



Figura. Vista de Motor Ppal y Volante del Sistema de Embrague y Freno



Mantenimiento Neumático

El mantenimiento de la línea neumática consistió básicamente en la adecuación de manómetros para cada una de las redes de aire comprimido en la prensa, en la eliminación de fugas de aire comprimido y en la instalación de su unidad de mantenimiento con su debido drenaje automático de condensado. Se instaló el sensor de presión de aire para garantizar el monitoreo continuo de la red principal de aire comprimido y evitar que la máquina opere sin que se supla la necesidad de aire mínima de 80 Libras de presión.

Figura. Distribuidor principal de Aire Comprimido



También se readecuo la línea neumática de alimentación para el embrague de la prensa ubicando su válvula de dos posiciones de accionamiento por solenoide y retorno por resorte al cilindro, para el correcto funcionamiento del embrague. Se instalaron las electro válvulas que regulan la entrada de aire comprimido y grafito para la lubricación de la matices de forja en el proceso de producción.

Figura. Electro válvula neumática Pilotada



ANEXO D. MANUAL DE OPERACIÓN

MANUAL DE OPERACIÓN
PRENSA DE 500 TONELADAS
WAGNER DORTMUND





Antes de trabajar con la prensa, este manual debe ser leído cuidadosamente y claramente entendido.

Lea atentamente este manual de instrucciones antes de utilizar o realizar mantenimiento a la prensa. Solo así, podrá obtener las máximas prestaciones y la máxima seguridad durante su uso.

Este manual tiene el objetivo de presentar la operación y mantenimiento de la **Prensa de 500 Toneladas**. Este manual está diseñado para proporcionar la ayuda en el mantenimiento y operación para el óptimo desempeño de la máquina. Al utilizar este manual conjuntamente con los manuales de los equipos, planos de instalación y diagramas eléctricos, se obtendrá una eficiencia y un rendimiento máximo de la máquina.

El mantenimiento y reparación debe llevarse a cabo sólo por personal autorizado que ha sido adecuadamente entrenado.

1. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Los sistemas eléctricos y de control están diseñados de tal modo que son seguros siempre y cuando se dé un uso correcto. La responsabilidad de la seguridad queda en manos de quien la ópera y realiza el mantenimiento.

Antes de efectuar cualquier operación en el equipo, el usuario debe observar las siguientes normas de seguridad:

- Leer el manual y familiarizarse con el equipo, sí no se observan las instrucciones aumenta la posibilidad de un accidente.

- No use ropa muy holgada, joyas o accesorios que puedan quedar atrapados en las partes en movimiento mientras trabaja con el equipo.
- Utilice gafas de seguridad y protección auditiva cuando opere el equipo o realice mantenimiento sobre la herramienta.
- Verificar que no haya conexiones flojas o sueltas antes de arrancar el equipo.
- Desconectar la máquina del sistema de alimentación eléctrico y suministro de aire antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento.
- Verificar que el equipo de seguridad esté en buenas condiciones y opere correctamente, como son: la cortina fotoeléctrica, guardas, parada de emergencia, interruptores, paros de seguridad no obstruidos, etc.
- Mantener el piso seco, libre de líquidos y/o aceite.
- Revise periódicamente el desgaste de las mangueras, racores y cableado.
- Utilice solo piezas homologadas para mantenimiento o reparaciones.
- No use accesorios con rebabas, grietas o deterioro.
- Realice la apertura de la línea de suministro de aire de forma segura.
- Manténgase alejado de las partes móviles.
- Si la prensa va a ser utilizada por un nuevo usuario, asegúrese que las instrucciones son entendidas.
- No modifique la prensa en ninguna manera.
- Bajo ningún concepto debe abrir la carcasa de este dispositivo mientras se encuentre conectado a la red eléctrica.
- En caso de avería o de funcionamiento incorrecto del prensa, apáguelo e informe al supervisor.
- Es imprescindible que todas las labores de mantenimiento se lleven a cabo con la prensa desconectada y por personal capacitado.
- Mantenga a mano este manual para consultas posteriores.

Nota: El no seguir estas sugerencias de seguridad y advertencias, puede ocasionar lesiones personales o daño al equipo.

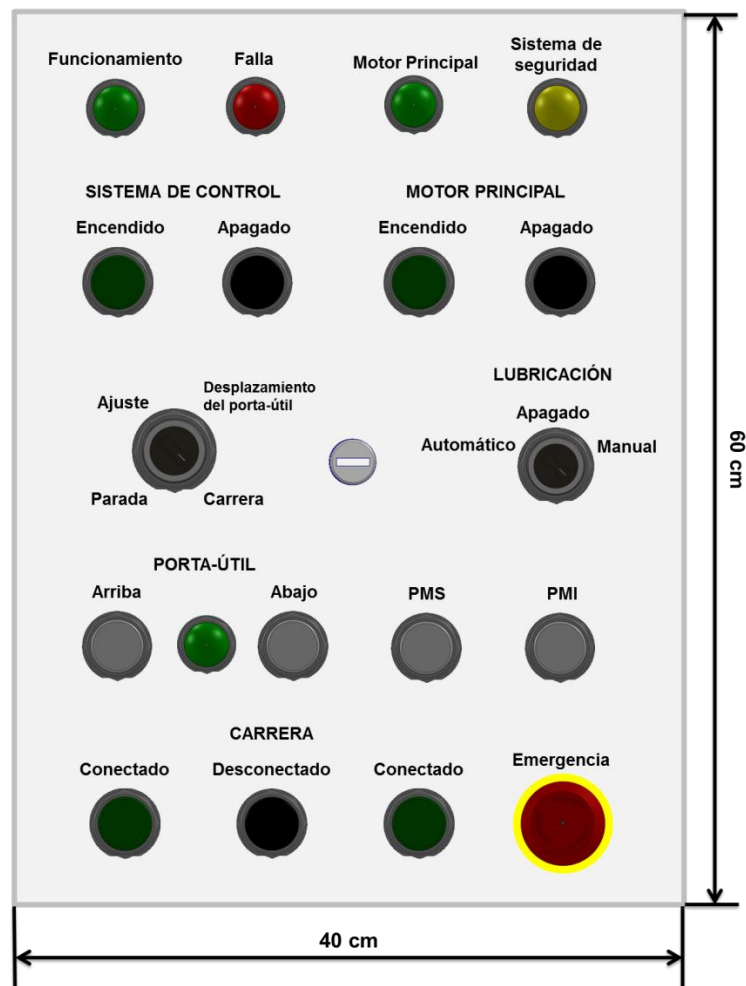
1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MAQUINA:

Tipo de maquina	Prensa mecánica
Fabricante	Wagner Dortmund
Modelo	Pd 500/1,65
Serial	63/ 1-1224
Año de fabricación	1964
Dimensiones:	
Altura	6,0 m.
Ancho	3,3 m.
Profundidad	3,3 m.
Peso aproximado	50 Ton.
Fuerza máxima de trabajo	500 Ton.
Altura de carrera	280 mm
Numero de ciclos por minuto	36 / min
Ajuste máximo del porta-útil.	150 mm
Altura máxima para ajuste de matrices	1080 mm
Numero de bielas	2
Luz entre los montantes	1650 mm
Longitud de la mesa de trabajo	1600 mm
Ancho de la mesa de trabajo	1250 mm
Longitud del porta-útil	1400 mm
Ancho del porta-útil	1000 mm
Espesor de la placa de sujeción	150 mm
Potencia del motor en accionamiento	28 KW.
RPM del motor en accionamiento	1740
Potencia para desplazamiento del porta-útil	4,1 KW.
Rpm del motor del porta-útil	1740
Tensión o voltaje de servicio.	440 V AC
Requisitos de aire	100 PSI

2. PANELES DE OPERADOR

2.1 Panel de mando local: Botonera

Los elementos como pulsadores, selectores, interruptores, que integran el panel de mando o botonera son necesarios para gestionar y controlar los modos de funcionamiento, enviando órdenes al sistema automatizado. Adicionalmente contiene pilotos luminosos que permiten visualizar la existencia de diferentes eventos, como fallas, arranque del motor, activación del sistema de seguridad, etc.



A continuación se describirán los elementos que integran el panel de mando local, y la función que cumplen para la selección y accionamiento de la operación a realizar.

Tipo de elemento	Nombre	Descripción
Interruptor	Seta de emergencia	Parada de emergencia
Selector	Operación: Ajuste	Selección de ajuste del porta-útil
Selector	Operación: Desplazamiento	Selección de desplazamiento del porta útil
Selector	Operación: Carrera	Selección del ciclo de producción
Selector	Operación: Parada	No hay función
Selector	Lubricación: Manual	Lubricación con orden de mando del pedal
Selector	Lubricación: Automática	Lubricación temporizada, después de ciclo
Selector	Lubricación: Apagado	Sin lubricación de matrices
Pulsador	Encendido del Sistema de control	Alimentación del sistema @ 110 Vac
Pulsador	Apagado del Sistema de control	Corte de energía de 110 Vac
Pulsador	Encendido del motor principal	Encender motor principal
Pulsador	Apagado del motor principal	Apagar motor principal
Pulsador	Porta-útil - arriba	Ajustar porta-útil hacia arriba
Pulsador	Porta-útil - abajo	Ajustar porta-útil hacia abajo
Pulsador	PMS	Llevar porta-útil al punto muerto superior
Pulsador	PMI	Llevar porta-útil al punto muerto superior
Pulsador	Carrera - conectado 1	Desplazamiento del porta-útil por pulsos
Pulsador	Carrera - conectado 2	Desplazamiento del porta-útil por pulsos
Pulsador	Carrera - desconectado	Fin de ciclo automático

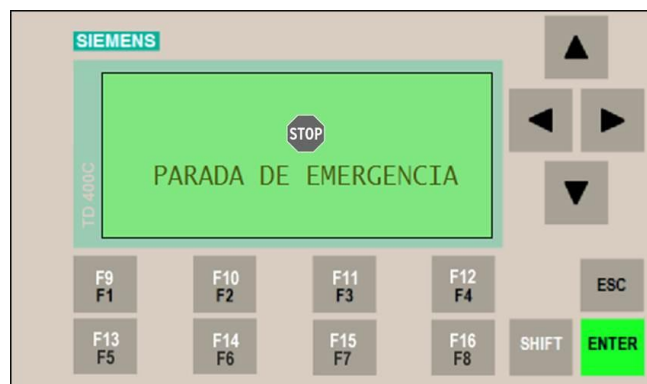
Los pilotos luminosos simbolizan alarmas presentes en el sistema, a continuación se presenta una descripción de su significado. Los pilotos pueden tener un encendido continuo o intermitente, y ambos casos tiene un significado diferente.

Tipo de elemento	Nombre	Descripción
Piloto Verde	Funcionamiento	Intermitente: Hay desplazamiento del porta-útil Continuo: Correcto funcionamiento del sistema
Piloto Amarillo	Falla del sistema	Intermitente: Sistema en estado de emergencia Continua: Falla en un elemento del sistema
Piloto Verde	Motor principal	Intermitente: Arranque del motor principal Continuo: Correcto funcionamiento del motor
Piloto Rojo	Sistema de seguridad	Intermitente: Cortina de seguridad interrumpida Continuo: Apertura de la guarda de seguridad
Piloto Verde	Porta-útil	Enciende al haber movimiento del motor porta-útil

En caso de encendido del piloto de falla del sistema, se debe observar el visualizador de textos ubicado en el cofre de control y potencia. Este indicara cuál es la falla del sistema.

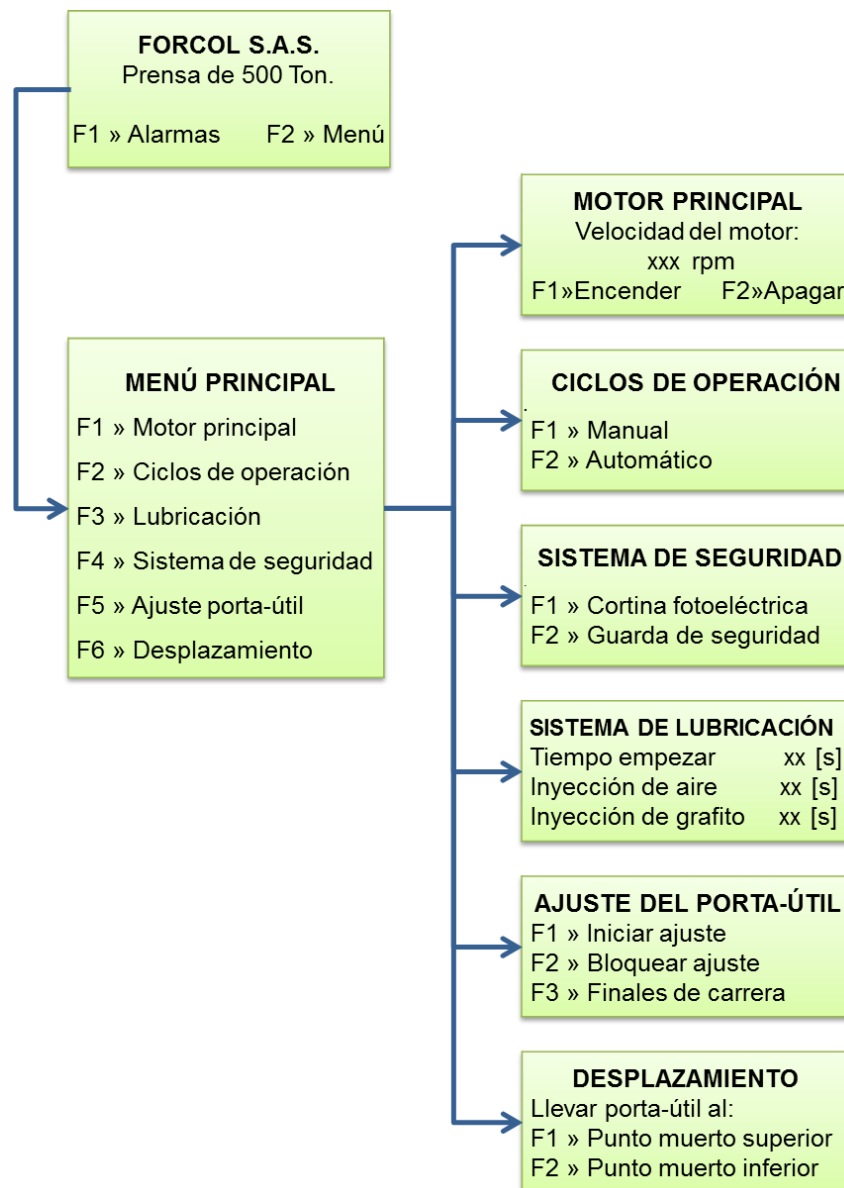
2.2 Panel de mando remoto: Visualizador de textos TD-400

En el cofre de potencia se encuentra el panel de mando remoto (visualizador de textos), que permitirá la visualización de mensajes y alarmas, además de poder visualizar y modificar las variables del proceso.



2.1.1 Menú y pantallas

El visualizador de textos contiene un menú personalizado con varias pantallas que pueden utilizarse para visualizar las diferentes opciones de configuración del automatismo. Con el diseño de estas pantallas el operador puede obtener, visualizar, y configurar la base de datos y variables del proceso en el sistema, ajustando las condiciones de trabajo del proceso directamente desde el visualizador de textos. En la siguiente figura se puede observar las pantallas existentes y su jerarquía.



2.1.2 Alarmas y emergencias

En caso de falla de un componente de la máquina, el autómatas por medio del visualizador de textos puede guiar al operador para indicarle más o menos donde se encuentra el defecto, esto se logra gracias a las señales de alarma que tiene configuradas el automatismo.

La clasificación de las alarmas del sistema automatizado, frente a situaciones de emergencia, se realiza utilizando los siguientes criterios:

- Sin secuencia de emergencia.
- Con secuencia de emergencia.

En las Alarmas sin secuencia de emergencia el automatismo ante una situación de alarma suspende las operaciones asociadas a los elementos donde se produce la alarma, los demás componentes pueden seguir funcionando con normalidad. Estas alarmas no implican necesariamente el paro de la producción, por el contrario, identifica “incidentes” más o menos serios que deberán ser seguidos de medidas correctivas. Este tipo de alarmas se pueden identificar porque van acompañadas del símbolo:



Las alarmas que solamente inhabilitan la parte del sistema que se encuentra en falla y no originan una secuencia de emergencia son:

Alarmas	Descripción	Acción realizada por el automatismo
Cortina fotoeléctrica interrumpida	Detección de elementos en el recorrido del porta útil por medio de la cortina fotoeléctrica - B7	Inhabilitación del embrague o desplazamiento del porta-útil

Guarda de seguridad abierta	Apertura de guarda de seguridad posterior. Interruptor de posición - LS1	Inhabilitación del embrague o desplazamiento del porta-útil
Falla sensor inductivo punto muerto superior	No hubo detección de señal del sensor después de 3s	Inhabilitación del embrague o desplazamiento del porta-útil
Falla sensor inductivo punto muerto inferior	No hubo detección de señal del sensor después de 3s	Inhabilitación de la marcha de ajuste
Falla fusible mecánico derecho	Fractura del fusible mecánico por exceso en la fuerza de trabajo. Interruptor de posición - LS3	Inhabilitación de la marcha de producción
Falla fusible mecánico izquierdo	Fractura del fusible mecánico por exceso en la fuerza de trabajo. Interruptor de posición - LS4	Inhabilitación de la marcha de producción
Bajo nivel de grafito en el sistema de lubricación	Se agotó el lubricante. Sensor de nivel - B2	Inhabilitación de la electroválvula de grafito
Falla en el guardamotor del motor Porta-útil	Disparo de la protección del motor porta útil. Detección por medio del contacto auxiliar guardamotor	Inhabilitación del subsistema de ajuste
Falla en el contactor (KM3) del motor Porta-útil	Posible falla en el contactor KM3. Detección por medio del contacto auxiliar.	Inhabilitación del subsistema de ajuste
Falla en el contactor (KM4) del motor Porta-útil	Posible falla en el contactor KM4. Detección por medio del contacto auxiliar.	Inhabilitación del subsistema de ajuste
Falla en el final de carrera superior derecho del Porta-útil	No hay detección de señal del sensor LS2, pero sí de su elemento redundante LS6	Inhabilitación de la marcha de ajuste
Falla en el final de carrera superior izquierdo del Porta-útil	No hay detección de señal del sensor LS3, pero sí de su elemento redundante LS7	Inhabilitación de la marcha de ajuste
Falla en el final de carrera inferior derecho del Porta-útil	No hay detección de señal del sensor LS6, pero sí de su elemento redundante LS2	Inhabilitación de la marcha de ajuste
Falla en el final de carrera inferior izquierdo del Porta-útil	No hay detección de señal del sensor LS7, pero sí de su elemento redundante LS3	Inhabilitación de la marcha de ajuste

En la segunda opción, el sistema de control pasa a un estado de emergencia (Paro total del sistema), para eliminar los riesgos al personal y a los componentes de la máquina. Esta secuencia de emergencia activara la señal de alarma asociada, dependiendo la causa que lo origine. Este tipo de alarmas se pueden identificar porque van acompañadas del símbolo:



Alarmas que originan una secuencia de emergencia o “Paro total del sistema”:

Alarmas	Descripción
Parada de emergencia	Accionamiento del Seta de emergencia.
Baja presión del sistema	Presostato censa una presión menor a la requerida por la máquina.
Desgaste Freno del embrague	Al finalizar ciclo se alcanza a accionar el Sensor inductivo - B5
Motor principal no está en movimiento	No hay movimiento del volante. Detección por medio del Sensor inductivo - B6
Baja velocidad del motor principal XXX RPM	Posible falla del motor principal. Por medio del Sensor inductivo - B7 se detecta baja velocidad del volante
Falla en el relé térmico del motor principal	Disparo de la protección del motor principal. Detección por medio del contacto auxiliar relé térmico
Falla en el contactor (KM1) del motor principal	Posible falla en el contactor KM1. Detección por medio del contacto auxiliar.
Falla en el contactor (KM2) del motor principal	Posible falla en el contactor KM2. Detección por medio del contacto auxiliar.

3. Cuadros de asignación de señales en el autómata

Reconocer las señales de entradas y salidas del autómata facilita las actividades de mantenimiento y seguimiento de fallas.

3.1 Asignación de entradas del cofre de control y potencia

Dirección	Descripción	Captador	Estado
I 0.0	Contactador 1 - Motor 75 Hp	KM1	0
I 0.1	Contactador 2 - Motor 75 Hp	KM2	0
I 0.2	Protección térmica - Motor 75 Hp	F1	1
I 0.3	Contactador 3 - Motor 10 Hp	KM3	0
I 0.4	Contactador 4 - Motor 10 Hp	KM4	0
I 0.5	Guarda motor - Motor 10 Hp	Q1A	1
I 0.6	Presión del sistema	B1	0
I 0.7	Nivel de grafito	B2	1
I 1.0	Punto muerto superior	B3	0
I 1.1	Punto muerto inferior	B4	0
I 1.2	Detección de desgaste en el freno	B5	0
I 1.3	Detección de movimiento del motor	B6	0
I 1.4	Cortina fotoeléctrica de seguridad	B7	1
I 1.5	Guarda de seguridad	LS1	1
I 1.6	Final de carrera superior	LS2	1
I 1.7	Final de carrera inferior	LS3	1
I 2.0	Fusible mecánico derecho	LS4	1
I 2.1	Fusible mecánico izquierdo	LS5	1
I 2.2	Final de carrera superior - Respaldo	LS6	1
I 2.3	Final de carrera inferior - Respaldo	LS7	1

3.2 Asignación de entradas del tablero de mando local

Dirección	Descripción	Captador	Estado
I2.3	Seta de emergencia	S0	1
I2.4	Selector 1 - Ajuste del porta-útil	S1	0
I2.5	Selector 1 - Desplazamiento	S2	0
I2.6	Selector 1 - Carrera	S3	0
I2.7	Selector 2 - Lubricación Manual	S4	0
I3.0	Selector 2 - Lubricación Automática	S5	0
I3.1	Encendido del motor principal	S6	0
I3.2	Apagado del motor principal	S7	0
I3.3	Pulsador de Ajuste-arriba	S8	0
I3.4	Pulsador de Ajuste-abajo	S9	0
I3.5	Pulsador PMS	S10	0
I3.6	Pulsador PMI	S11	0
I3.7	Pulsador Conectado 1	S12	0
I4.0	Pulsador conectado 2	S13	0
I4.1	Pulsador Desconectado	S14	0
I4.2	Pedal de Carrera	S15	0
I4.3	Pedal de Lubricación	S16	0
I4.4	Seta de emergencia	S0	1

3.3 Asignación de salidas

Dirección	Descripción	Accionadores	Estado
Q 0.0	Contactador 1 - Motor 75 Hp	K1 - KM1 - M1	0
Q 0.1	Contactador 2 - Motor 75 Hp	K2 - KM2 - M1	0
Q 0.2	Giro derecha - Motor 10 Hp	K3 - KM3 - M2	0
Q 0.3	Giro izquierda - Motor 10 Hp	K4 - KM4 - M2	0
Q 0.4	Accionamiento del Embrague	K5 - Y1	0
Q 0.5	Accionamiento del freno	K6 - Y2	1

Q 0.6	Inyección de aire	K7 - Y3	0
Q 0.7	Lubricación con Grafito	K8 - Y4	0
Q 1.0	Piloto luminoso - Correcto funcionamiento	H1	0
Q 1.1	Piloto luminoso - Falla del sistema	H2	0
Q 1.2	Piloto luminoso - Motor principal	H3	0
Q 1.3	Piloto luminoso - Sistema de seguridad	H4	0
Q 1.4	Piloto luminoso - Ajuste del porta-útil	H5	0

4. MODOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA

A continuación se describen los diversos modos de funcionamiento que pueden realizarse en este sistema automatizado.

4.1 Encendido y apagado del motor principal

El motor principal proporciona la potencia necesaria realizar el movimiento del porta útil y ejercer la fuerza para el prensado. El encendido y apagado del motor principal se realiza por medio de los pulsadores que se encuentran en el panel de mando local.

4.2 Ciclo de prensado de piezas

Este modo de funcionamiento, es el ciclo productivo ya que realiza el trabajo para el cual fue concedida la máquina. La señal de accionamiento viene del pedal. Si el sistema de control detecta objetos o alguna parte del cuerpo del operador en el área de trabajo, este no permite el accionamiento de este ciclo.

4.3 Ciclo de lubricación de matrices

La secuencia de lubricación consiste; en primer lugar limpiar la matriz inyectando aire a presión, después se realiza la lubricación con una mezcla de grafito y aire a presión. Los tiempos de inyección de aire y lubricación pueden ser ajustados en el

menú del visualizador de textos. La lubricación de matrices tiene dos modos de funcionamiento; En el modo semiautomático cada vez que se va a iniciar un ciclo, se necesita la autorización del operador para ejecutarse. En el modo automático el ciclo comienza después de realizado el prensado y la extracción de la pieza.

4.4 Ciclo para ajuste del porta-útil.

Este tipo de marcha de intervención es utilizada para el ajuste de la maquina antes de comenzar la producción. Su finalidad es realizar el ajuste de la altura que existe entre la mesa de trabajo y el porta-útil cuando este se encuentra en el PMI (punto muerto inferior), esta distancia dependerá de las dimensiones de la matriz a utilizar. Razón por la cual, se debe realizar un nuevo ajuste cada vez que se desea cambiar el tipo de pieza a fabricar. Un mal ajuste puede provocar un coque entre la dos caras de la matriz, provocando daños no solamente a la matriz, sino también a todos los componentes de la máquina.

4.5 Ciclo para el desplazamiento de Porta-útil

Con este modo de funcionamiento el operador por medio de mandos en el panel de control puede hacer desplazar el porta-útil. Puede funcionar de dos formas distintas, en la primera se busca posicionar el porta-útil en el punto muerto inferior o en el superior dependiendo de la necesidad del operador. La segunda forma, liga la activación del embrague al accionamiento de dos interruptores que deben estar pulsados simultáneamente, logrando un movimiento continuo o por pulsos dependiendo del tiempo de accionamiento de los interruptores. Debido a los riesgos de seguridad implícitos, el desplazamiento del porta-útil está condicionado al sistema de seguridad del automatismo.

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL HARDWARE DE CONTROL

5.1 Características técnicas del autómata Siemens S7-200/CPU 226

6ES7 216-2BD23-0XB0	
Tensiones de alimentación	
• 120 V AC	sf
• 230 V AC	sf
• Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
• Rango admisible, límite superior (AC)	264 V
• Rango admisible de frecuencia, límite inferior	47 Hz
• Rango admisible de frecuencia, límite superior	63 Hz
Consumo	
Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
CPU/tiempos de ejecución	
para operaciones de bits, máx.	0,22 µs
Temporizadores/contadores y su remanencia	
Contadores S7	
• Cantidad	256
• Rango de contaje	
- límite inferior	0
- límite superior	32 767
Temporizadores S7	
• Cantidad	256
Nº de subprogramas, máx.	64
Dimensiones	
Dimensiones	
• Ancho	196 mm
• Alto	80 mm
• Profundidad	62 mm
Pesos	
• Peso, aprox.	660 g

6ES7 216-2BD23-0XB0	
Módulos de S digitales	
Número de salidas digitales	16; Relé
Poder de corte de las salidas	
• con carga resistiva, máx.	2 A
• con carga tipo lámpara, máx.	200 W; 30 W DC, 200 W AC
Tensión de salida	
• para señal "1", mín.	L+ / L1
Intensidad de salida	
• valor nominal para señal "1"	2 A
• intensidad residual para señal "0", máx.	0 mA
Retardo a la salida con carga resistiva	
• "0" a "1", máx.	10 ms; todas las salidas
Frecuencia de conmutación	
• de las salidas de impulsos, con carga óhmica, máx.	1 kHz
Intensidad suma de las salidas (por grupo)	
• Posición de montaje horizontal	
- hasta 55 °C, máx.	10 A
- hasta 40 °C, máx.	10 A
• Longitud del cable apantallado, máx.	500 m
• Longitud de cable no apantallado, máx.	150 m

6ES7 216-2BD23-0XB0	
Módulos de E digitales	
Nº de entradas digitales	24
de tipo M	Sí; seleccionable, por grupo
Tensión de entrada	
• Valor nominal, DC	24 V
• para señal "0"	0 ... 5 V
• para señal "1"	mín. 15 V
Intensidad de entrada	
• para señal "1", t _{íp.}	2,5 mA
Retardo de entrada (a tensión nominal de entrada)	
• para entradas estándar	Sí; todos
- parametrizable	0,2 ms
- en transición "0" a "1", mín.	12,8 ms
- en transición "0" a "1", máx.	

5.2 Características técnicas del visualizador de textos Siemens TD-400

Paneles	Pantalla LCD
Cantidad de líneas	4
Caracteres por línea (máx.)	32 (ASCII/cirílico), 16 (chino)
Resolución	192 x 64 píxeles
Elementos de mando	Teclado táctil
Teclas de función (programables)	15 programables
Teclas de sistema	7
Memoria integrada (útil para datos de usuario)	Datos de usuario en CPU
Puertos	1 PPI (RS 485) para montar una red con 126 estaciones/nodos
Funcionalidad	
Mensajes (clases de mensaje definibles a voluntad)	80
Respaldo de mensajes (número de entradas)	–
mágenes de proceso	64
Variables	864
Dimensiones	
Panel frontal Ancho x Altura en mm	174 x 102
Profundidad del equipo en mm	31
Certificación	CE, cULus, C-Tick
Tensión de alimentación	24 V DC
Condiciones de entorno	
Temperatura en servicio	
• montaje vertical	0 °C a 50 °C
• grado de inclinación máx.	0 °C a 50 °C
Temperatura transporte/almacenamiento	–20 °C a 60 °C
Peso	0,31 kg

ANEXO E. MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. PROPÓSITO Y ALCANCE

El presente documento tiene como propósito presentar de una manera sencilla como se realizan las labores de mantenimiento a los equipos de producción DE LA PLANTA FORCOL S.A.S

2. QUE TIPOS DE ACTIVIDADES PLANEADAS REALIZA MANTENIMIENTO

2.1. MONITOREO PERIÓDICO DE LAS CONDICIONES DE LA MAQUINA

Lo cual se realiza por medio de la aplicación de unas fichas de inspección a los diferentes componentes de cada una de las máquinas.(Ver fichas de Inspección).

2.2. REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES PREVENTIVAS BÁSICAS.

Por medio de la aplicación de unas fichas básicas de mantenimiento preventivo a cada una de las máquinas más la realización de las acciones adicionales con el fin de corregir la condición según los resultados de la labor de monitoreo.

2.3. CONTROL DE REPUESTOS CRÍTICOS

Mediante el control periódico de los repuestos críticos definidos para las máquinas claves del proceso de producción.

3. COMO SURGEN LAS ACTIVIDADES PLANEADAS DE MANTENIMIENTO

- Recomendaciones existentes del fabricante de la máquina, descripción y ocurrencias de fallas registradas en las hojas de vida.
- Cambio de repuestos registrados en la hoja de vida.
- Documentos sobre máquinas claves del proceso de forja.
- Experiencia tanto de los técnicos de mantenimiento como la de los operarios de la máquina.

4. COMO SE PROGRAMAN LAS ACTIVIDADES

La programación responde básicamente a las preguntas QUE, QUIEN, CUANDO, COMO, PORQUE.

EL PORQUE se responde cuando se explica el “Como surgen las actividades planeadas de mantenimiento”.

Para responder a: el QUE, el QUIEN, el CUANDO se cuenta con un CALENDARIO ANUAL DE ACTIVIDADES PLANEADAS DE MANTENIMIENTO.

Y para responder el COMO, se cuenta con el presente manual el cual explica cómo se realizan las actividades más importantes por parte del departamento de mantenimiento.

5. CUALES SON LAS ACTIVIDADES PERIÓDICAS DE LAS CONDICIONES DE LAS MAQUINAS DE PRODUCCIÓN

- Inspección periódica de la condición básica de la máquina aplicando la ficha de inspección particular.
- Monitoreo periódico del aislamiento de los motores de cada una de las máquinas.
- Monitoreo térmico infrarrojo para circuitos eléctricos y elementos electrónicos de los equipos claves del proceso.
- Verificación y revisión de manómetros Hidráulicos y Neumáticos
- Monitoreo de la condición del aceite de los puntos seleccionados como críticos de las máquinas claves en el proceso de producción.

DE LAS ANTERIORES ACTIVIDADES, LAS SIGUIENTES SON CONSIDERADAS COMO MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

1. Monitoreo periódico del aislamiento de los motores eléctricos de cada una de las máquinas

2. Monitoreo térmico infrarrojo para circuitos eléctricos y elementos electrónicos de los equipos claves del proceso.
3. Monitoreo de la condición de aceites lubricantes.

Estos monitoreo se registran en la hoja de vida, cumpliendo un cronograma previamente establecido, por intermedio de la solicitud de trabajo y esta forma de registrar se explica al final de este capítulo y su registro se explica en la sección 1.

6. CUALES SON LAS ACTIVIDADES PREVENTIVAS BÁSICAS DE MANTENIMIENTO

Preventivo básico establecido en las fichas de preventivo por máquina, el cual se realiza según calendario de preventivo por celdas. Estas actividades de preventivo básico consisten principalmente en:

- Limpieza general de la máquina o equipo.
- Limpieza y verificación de funcionamiento de ventiladores y módulos acondicionadores de temperatura de los tableros eléctricos.
- Medición del aislamiento eléctrico de los motores.
- Programa de lubricación de las máquinas según manual de lubricación.
- Mantenimiento correctivos planeados adicionales al preventivo básico según necesidades de mantenimiento resultantes de la aplicación de las actividades de monitoreo de condición básica de la máquina.

7. REGISTRO CONTINUO DE TODAS LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

La cual inicia con una solicitud de trabajo para la realización de cada una de las actividades ya descritas. Una vez realizado el trabajo y llenado el formato de SOLICITUD DE TRABAJO (Ver Formato Solicitud de Trabajo) se consigna la

descripción de la falla, su solución y los repuestos utilizados en la HOJA DE VIDA (Ver Formato Hoja de Vida Maquina de Forja) de la máquina.

8. OTROS ASPECTOS QUE TOCA EL MANUAL

-Se tiene una sección en donde se encuentra compilado los principales aspectos a tener en cuenta en la adquisición de máquinas para la planta.

9. REGISTRO DE LOS MONITOREOS EN LA HOJA DE VIDA

La siguiente es una descripción detallada de cómo se registran los datos de los monitoreos, en la hoja de vida del equipo bajo condición de monitoreo, y su acción inmediata, al obtener en los datos una inconsistencia.

Los indicadores son dados según el sistema internacional de medidas físicas:

El registro de la condición se hará en forma fraccionaria donde el “numerador” indica el valor obtenido en la prueba y el “denominador” indica el valor límite sobre el cual debe tomarse una acción inmediata, (Generar una solicitud de trabajo la cual debe registrarse en la casilla “N° de solicitud de trabajo” y su respectivo responsable, esta solicitud se cumplirá inmediatamente)

EJEMPLO :

En una prueba de verificación de aislamiento en el motor del porta-útil de la Prensa de 500 Toneladas, (10Hp - 3pH - 440V), se obtiene el siguiente resultado.

CONDICIÓN {la lectura esta entre $1M\Omega$ y $50M\Omega$ el motor debe ser lavado aplicarle esmalte dieléctrico y secado.(40/50 $M\Omega$ (Megaohmios) (REGISTRO EN LA HOJA DE VIDA).

En este caso $40 M\Omega$ es la lectura dada por el Meguer al realizar la prueba sobre el motor y $50 M\Omega$ es el valor límite según la condición explicada anteriormente.

Inmediatamente se genera la solicitud de trabajo y se asigna un responsable de ejecutar la labor descrita en la condición. El técnico que ejecuta la labor de

verificación está debidamente capacitado conoce el sistema de registro y sabe cuál es la acción a ejecutar.

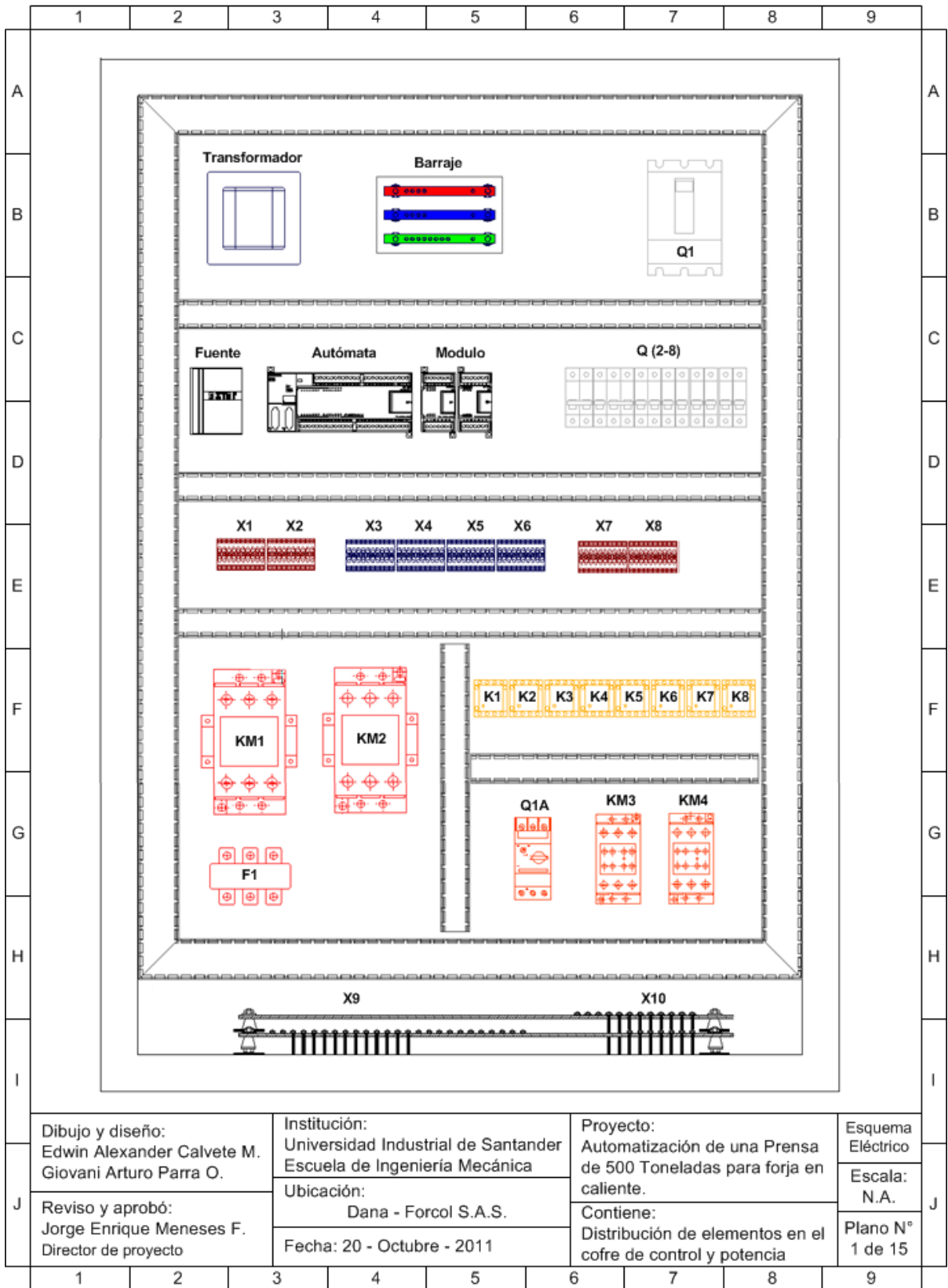
HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS

1. DESCRIPCIÓN

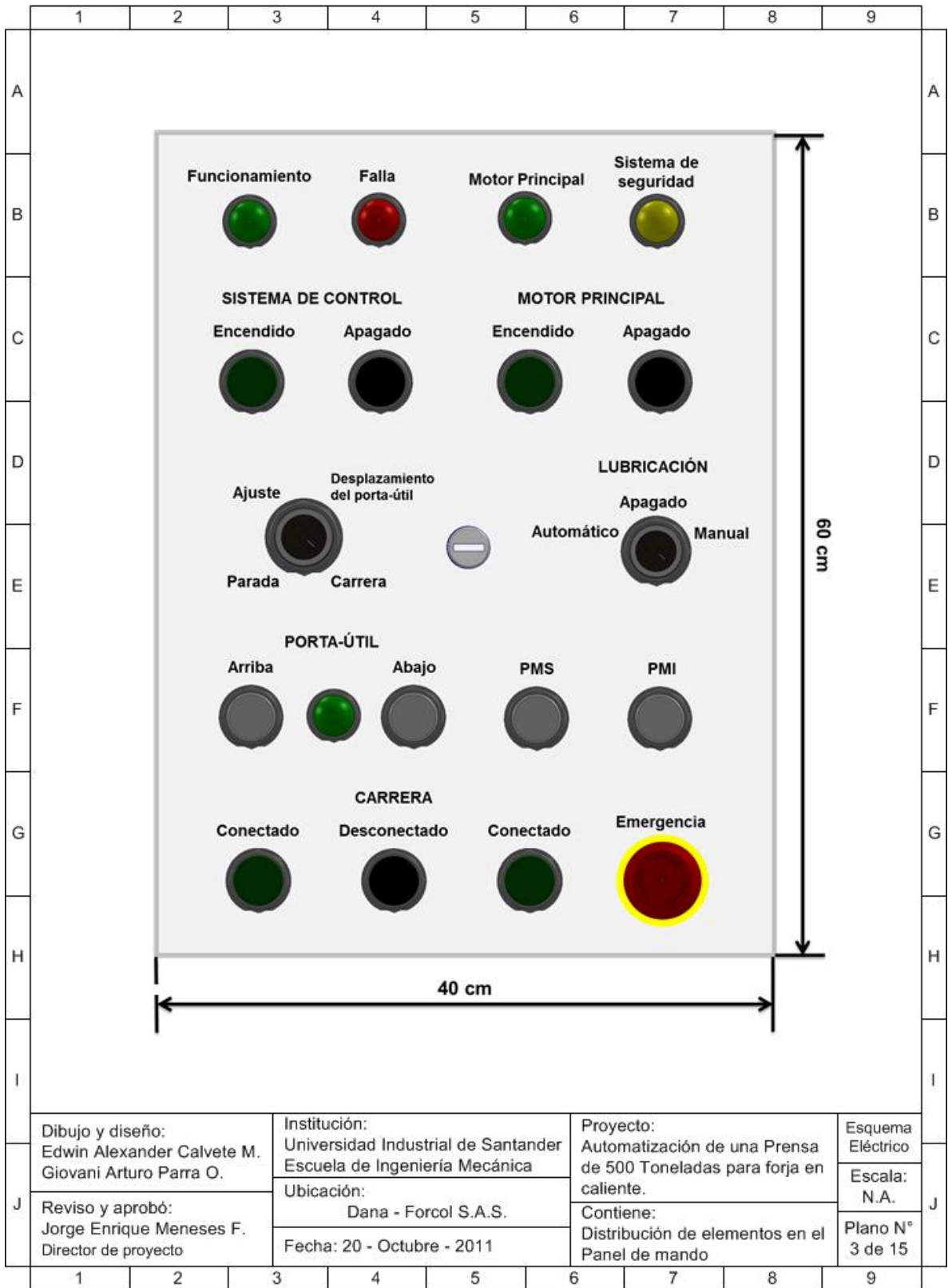
La hoja de vida del equipo es, donde se recopila toda la historia del equipo, es decir, en ella se consigna la información de las solicitudes de trabajos generadas por: Imprevistos, inspecciones, monitoreo y mejoras. Realizadas sobre el equipo. A continuación se explica en forma detallada cada uno de los ÍTEMS que conforman el formato de hoja de vida (F5- 004- 0508) El cual se lleva en un fólder equipo por equipo, en el taller de mantenimiento de FORCOL.

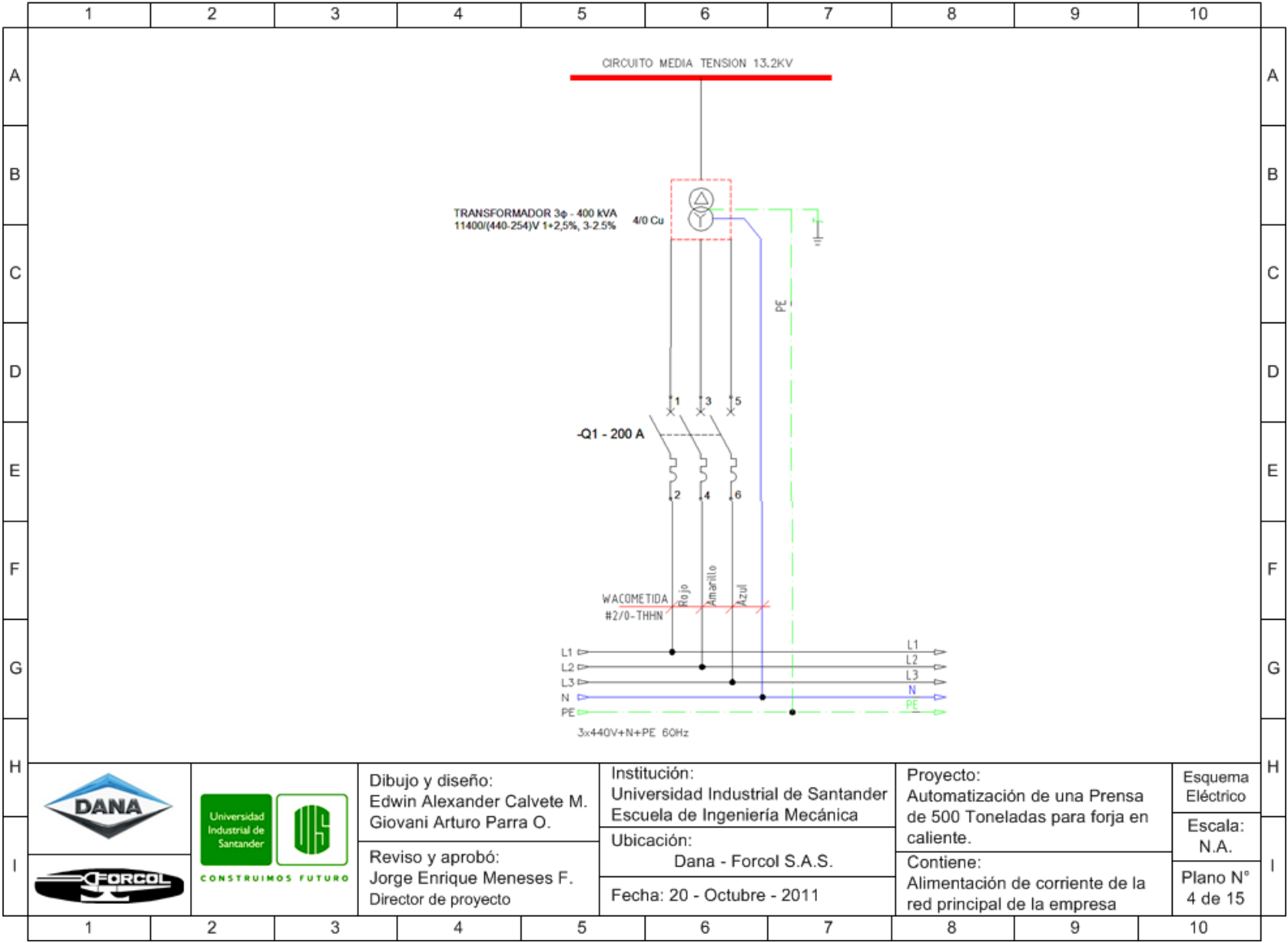
ITEM	DESCRIPCION
1	FOTO DE LA MAQUINA
2	NOMBRE DEL EQUIPO
3	MARCA DEL EQUIPO
4	AÑO DE FABRICACION
5	TIPO DE TRABAJO DEL EQUIPO
6	CELDA EN LA CUAL ESTA UBICADA LA MAQUINA
7	IDENTIFICACION DE LA MAQUINA
8	FECHA DE LA ACTIVIDA DE MANTENIMIENTO REALIZADA
9	NÚMERO CONSECUTIVO DE LA ORDEN DE TRABAJO
10	EXPLICACION DE FALLAS DETECATADAS DURANTE LA REVISION
11	ACTIVIDAD DETALLADA REALIZADA DURANTE DEL MANTENIMIENTO
12	NOMBRE DEL TECNICO ENCARGADO DE REALIZAR LA ACTIVIDAD

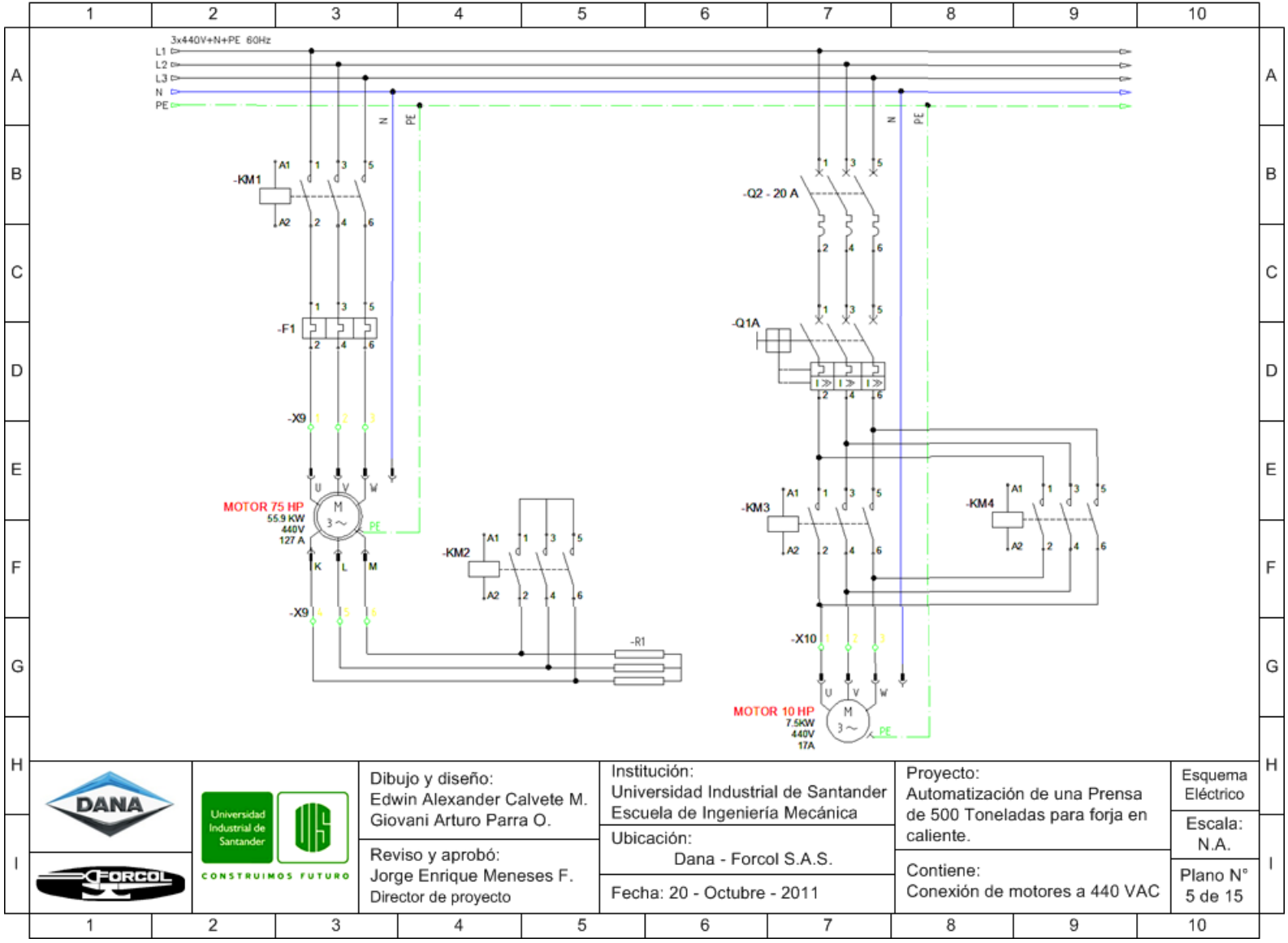
ANEXO F. PLANOS ELÉCTRICOS



	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																						
A											A																																																																				
B											B																																																																				
C											C																																																																				
D											D																																																																				
E											E																																																																				
F											F																																																																				
G											G																																																																				
H											H																																																																				
I											I																																																																				
J											J																																																																				
Dibujo y diseño: Edwin Alexander Calvete M. Giovani Arturo Parra O.			Institución: Universidad Industrial de Santander Escuela de Ingeniería Mecánica			Proyecto: Automatización de una Prensa de 500 Toneladas para forja en caliente.			Esquema Eléctrico																																																																						
Reviso y aprobó: Jorge Enrique Meneses F. Director de proyecto			Ubicación: Dana - Forcol S.A.S.			Contiene: Elementos que integran el cofre de control y potencia			Escala: N.A.																																																																						
			Fecha: 20 - Octubre - 2011						Plano N° 2 de 15																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dirección en planos</th> <th>Elemento</th> <th>Nomenclatura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - B3</td> <td>Transformador (440 VAC @ 220 VAC - 110 VAC)</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>1 - B4</td> <td>Barraje -Repartidores tetra polares</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>1 - B7 / 4 - E6</td> <td>Totalizador (160-200 A)</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Hardware de control:</td> </tr> <tr> <td>1 - C2</td> <td>Fuente de alimentación – Sitop</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>1 - C4</td> <td>Autómata - Siemens S7-200/CPU 226</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>1 - C5</td> <td>Modulo adicional de entradas y salidas</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>1 - C6</td> <td>Interruptores termo magnéticos</td> <td>Q (1-8)</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Borneras de control:</td> </tr> <tr> <td>1 - E3</td> <td>Borneras (+24 y -24 VDC)</td> <td>X1 - X2</td> </tr> <tr> <td>1 - E4</td> <td>Borneras de entradas</td> <td>X (3-6)</td> </tr> <tr> <td>1 - E6</td> <td>Borneras de salidas</td> <td>X7 - X8</td> </tr> <tr> <td>1 - F6</td> <td>Relés de control (Salidas)</td> <td>K (1-8)</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Elementos del motor 75 Hp:</td> </tr> <tr> <td>1 - F3 / 5 - B3</td> <td>Contactador</td> <td>KM1</td> </tr> <tr> <td>1 - F4 / 5 - F5</td> <td>Contactador</td> <td>KM2</td> </tr> <tr> <td>1 - G3 / 5-D3</td> <td>Relé térmico</td> <td>F1</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Elementos del motor 10 Hp:</td> </tr> <tr> <td>1 - G7 / 5 - F7</td> <td>Contactador</td> <td>KM3</td> </tr> <tr> <td>1 - G8 / 5 - F9</td> <td>Contactador</td> <td>KM4</td> </tr> <tr> <td>1 - G6 / 5 - D7</td> <td>Guardamotor</td> <td>Q1A</td> </tr> <tr> <td>1 - I5</td> <td>Borneras de potencia</td> <td>X9 - X10</td> </tr> </tbody> </table>										Dirección en planos	Elemento	Nomenclatura	1 - B3	Transformador (440 VAC @ 220 VAC - 110 VAC)	--	1 - B4	Barraje -Repartidores tetra polares	--	1 - B7 / 4 - E6	Totalizador (160-200 A)	--	Hardware de control:			1 - C2	Fuente de alimentación – Sitop	--	1 - C4	Autómata - Siemens S7-200/CPU 226	--	1 - C5	Modulo adicional de entradas y salidas	--	1 - C6	Interruptores termo magnéticos	Q (1-8)	Borneras de control:			1 - E3	Borneras (+24 y -24 VDC)	X1 - X2	1 - E4	Borneras de entradas	X (3-6)	1 - E6	Borneras de salidas	X7 - X8	1 - F6	Relés de control (Salidas)	K (1-8)	Elementos del motor 75 Hp:			1 - F3 / 5 - B3	Contactador	KM1	1 - F4 / 5 - F5	Contactador	KM2	1 - G3 / 5-D3	Relé térmico	F1	Elementos del motor 10 Hp:			1 - G7 / 5 - F7	Contactador	KM3	1 - G8 / 5 - F9	Contactador	KM4	1 - G6 / 5 - D7	Guardamotor	Q1A	1 - I5	Borneras de potencia	X9 - X10	
Dirección en planos	Elemento	Nomenclatura																																																																													
1 - B3	Transformador (440 VAC @ 220 VAC - 110 VAC)	--																																																																													
1 - B4	Barraje -Repartidores tetra polares	--																																																																													
1 - B7 / 4 - E6	Totalizador (160-200 A)	--																																																																													
Hardware de control:																																																																															
1 - C2	Fuente de alimentación – Sitop	--																																																																													
1 - C4	Autómata - Siemens S7-200/CPU 226	--																																																																													
1 - C5	Modulo adicional de entradas y salidas	--																																																																													
1 - C6	Interruptores termo magnéticos	Q (1-8)																																																																													
Borneras de control:																																																																															
1 - E3	Borneras (+24 y -24 VDC)	X1 - X2																																																																													
1 - E4	Borneras de entradas	X (3-6)																																																																													
1 - E6	Borneras de salidas	X7 - X8																																																																													
1 - F6	Relés de control (Salidas)	K (1-8)																																																																													
Elementos del motor 75 Hp:																																																																															
1 - F3 / 5 - B3	Contactador	KM1																																																																													
1 - F4 / 5 - F5	Contactador	KM2																																																																													
1 - G3 / 5-D3	Relé térmico	F1																																																																													
Elementos del motor 10 Hp:																																																																															
1 - G7 / 5 - F7	Contactador	KM3																																																																													
1 - G8 / 5 - F9	Contactador	KM4																																																																													
1 - G6 / 5 - D7	Guardamotor	Q1A																																																																													
1 - I5	Borneras de potencia	X9 - X10																																																																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																							







Dibujo y diseño:
Edwin Alexander Calvete M.
Giovani Arturo Parra O.

Revisó y aprobó:
Jorge Enrique Meneses F.
Director de proyecto

Institución:
Universidad Industrial de Santander
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ubicación:
Dana - Forcol S.A.S.

Fecha: 20 - Octubre - 2011

Proyecto:
Automatización de una Prensa
de 500 Toneladas para forja en
caliente.

Contiene:
Conexión de motores a 440 VAC

Esquema
Eléctrico

Escala:
N.A.

Plano N°
5 de 15

