

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE MÁQUINA PERFORADORA DE PIEZAS POR
MEDIO DE PLC Y SISTEMA SCADA

JENNY ADALGISA LEÓN TABARES
JUAN PABLO GÓMEZ RAMÍREZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
TECNOLOGÍA MECÁNICA
PEREIRA
2014

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE MÁQUINA PERFORADORA DE PIEZAS POR
MEDIO DE PLC Y SISTEMA SCADA

JENNY ADALGISA LEÓN TABARES
JUAN PABLO GÓMEZ RAMÍREZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR A LOS TÍTULOS DE TECNÓLOGA
ELECTRICISTA Y TECNÓLOGO MECÁNICO

DIRECTOR
RICARDO ACOSTA ACOSTA
INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
TECNOLOGÍA MECÁNICA
PEREIRA
2014

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Pereira, Diciembre de 2014

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas a quienes de una u otra forma estuvieron vinculadas con nosotros en el tiempo de preparación en nuestras carreras, quienes nos enseñaron que las metas se logran con disciplina y sacrificio y sobre todo no olvidando a Dios.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO-----	11
0 INTRODUCCIÓN-----	14
0.2 ORIGEN.....	14
0.2.1.2 Técnicas programadas (autómata programable o PLC)---	18
0.2.1.3 Sistemas de supervisión, control y adquisición de datos. -	25
0.2.1.4 Guía GEMMA -----	31
0.2.2 Antecedentes prácticos -----	34
0.2.3 Objetivos -----	35
0.2.4 Alcances. -----	35
0.2.5 Limitaciones -----	35
0.2.6 Metodología empleada. -----	35
0.2.7 Aplicación-----	36
0.2.7.1 Industrial-----	36
0.2.7.2 Didáctica.-----	36
1 PLANTEAMIENTO DEL DISEÑO-----	37
1.1 PLANO DE SITUACIÓN	37
1.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES	37
1.3 GUÍA GEMMA.....	37
1.4 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES	44
1.3.1 Diseño mecánico -----	44
1.3.1.2 Diagrama de movimiento de cilindros neumáticos -----	44
1.3.1.1 Boceto preliminar para el diseño final -----	45
1.3.1.3 Cálculos previos a la selección de actuadores neumáticos.	46
-----	46
1.3.1.4 Cálculos previos a la selección de válvulas neumáticas.--	50
1.3.1.5 Diseño mecánico final.-----	52
1.3.2 Cálculo de componentes eléctricos-----	55
1.3.2.1 Selección de módulo de entradas digitales -----	55
1.3.2.2 Selección del módulo de salidas digitales -----	55
1.3.2.3 Selección CPU para el sistema de PLC -----	56
1.3.2.4 Selección de fuente de alimentación para el PLC-----	56
1.3.2.5 Selección de fuente de alimentación AC/DC -----	56
1.2.3.6 Selección de HMI.-----	57
1.2.3.7 Selección del motor eléctrico -----	57
1.2.3.8 Selección de sensores de proximidad capacitivos -----	57
1.2.3.9 Cálculo de protecciones eléctricas de equipos -----	58
1.5 PROGRAMACIÓN	59
1.6 DISEÑO DE SISTEMA SCADA	59
1.7 SIMULACIÓN.....	59
1.6.1 Simulación del circuito electro neumático-----	60
1.6.2 Simulación de bloques de programación-----	60

1.6.3 Simulación de sistema en HMI-----	60
2 PROGRAMA-----	61
2.1 Asignación de Entradas / salidas, marcas.	61
3 DISEÑO SCADA -----	70
4 SIMULACIÓN -----	71
4.1 SIMULACIÓN DE CIRCUITO NEUMÁTICO	71
4.2 SIMULACIÓN PROGRAMA PLC.....	71
4.3 SIMULACIÓN SISTEMA SCADA.....	79
5 resultados, conclusiones y recomendaciones -----	84
5.1 RESULTADOS.....	84
5.2 CONCLUSIONES	84
5.3 RECOMENDACIONES	85
6 BIBLIOGRAFÍA -----	87
7 ANEXOS-----	90

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de Flujo del diseño (Autores)	14
Figura 2: Válvula de 5 vías dos posiciones [30].....	15
Figura 3: Definiciones de un cilindro neumático (Autores).....	16
Figura 4: Símbolo de un cilindro de simple efecto [30]	16
Figura 5: Símbolo de un cilindro de doble efecto [30].....	16
Figura 6. Arreglo de constitución de válvulas. [31]	17
Figura 7. Sentidos de flujo en válvulas [31]	17
Figura 8. Símbolo de válvulas completas [31]	18
Figura 9. Ciclo de trabajo del PLC (Autores)	21
Figura 10. Lenguaje Ladder o KOP [32]	24
Figura 11. Lenguaje IL o AWL [32]	24
Figura 12. Lenguaje GRAFCET [32].....	25
Figura 13. Lenguaje FBD [32].....	25
Figura 14. Esquema básico de un sistema de adquisición de datos y supervisión (Autores).....	27
Figura 15. Ejemplo del entorno de trabajo en el software editor (WinCC Flexible). [33]	29
Figura 16. Ejemplo del entorno grafico de un Sistema SCADA [33]	29
Figura 17. Composición de la guía GEMMA [21].....	32
Figura 18. GRAFCET de primer nivel (Descriptivo), del proceso en modo automático (Autores)	41
Figura 19. GRAFCET de primer nivel (Descriptivo), del proceso en modo manual (Autores)	41
Figura 20. GRAFCET de segundo nivel (Operativo), del proceso en modo automático (Autores)	42
Figura 21. GRAFCET de segundo nivel (Operativo), del proceso en modo Manual (Autores)	42
Figura 22. GRAFCET completo de segundo nivel a partir del de producción representado antes y después de la GEMMA, del proceso en modo Automático (Autores).....	43
Figura 23. GRAFCET completo de segundo nivel a partir del de producción representado antes y después de la GEMMA, del proceso en modo Manual (Autores).....	44
Figura 24. Diagrama de movimiento de actuadores neumáticos (Autores)	45
Figura 25. Boceto preliminar para el diseño de máquina perforadora de piezas (Autores).....	45
Figura 26. Dimensiones de pieza (Autores).....	46
Figura 27. Diseño en 3D de máquina perforadora de piezas (Autores)	52
Figura 28, Isométrico del diseño mecánico final (Autores)	53
Figura 29. Vista frontal del diseño mecánico final (Autores)	53
Figura 30. Vista superior del diseño mecánico final (Autores)	54
Figura 31. Vista lateral del diseño mecánico final (Autores)	54
Figura 32. Configuración de hardware de PLC (Autores)	62

Figura 33. Configuración de hardware de PLC (continuación) (Autores).....	63
Figura 34. Bloque de programa principal de STEP 7 (OB1) (Autores)	63
Figura 35. Bloque de función (FC1) (Autores)	64
Figura 36. Bloque de función (FC2) (Autores)	65
Figura 37. Bloque de función (FB1) (Autores)	66
Figura 38. Diseño de SCADA en editor de WinCC Flexible SP3 (Autores)	70
Figura 39. Simulación de diagrama neumático en Automation Studio (Autores)	71
Figura 40. Inicio de simulación (PLCSIM).....	71
Figura 41. Inicio de simulación (PLCSIM) (continuación) (Autores).....	72
Figura 42. Simulación de entradas en PLCSIM (Autores)	72
Figura 43. Descarga de datos de programa a simulador (Autores)	73
Figura 44. Puesta en marcha de programa en simulador (Autores)	73
Figura 45. Bloque principal (OB1) simulado (Autores).....	74
Figura 46. Bloque principal (FC1) simulado (Autores).....	75
Figura 47. Bloque principal (FC2) simulado (Autores).....	76
Figura 48. Bloque principal (FB1) simulado (Autores)	77
Figura 49. Bloque principal (FB1) simulado. (Sistema en MANUAL) (Autores) .	77
Figura 50. Bloque principal (FB1) simulado. (Sistema en AUTOMATICO) (Autores).....	78
Figura 51. Bloque principal (FB1) simulado. (Sistema en MANTENIMIENTO) (Autores).....	78
Figura 52. Bloque principal (FB1) simulado. (Cilindro de alimentación activado) (Autores).....	79
Figura 53. Programa de HMI, listo para simular (Autores).....	79
Figura 54. Programa de HMI, simulado (Autores)	80
Figura 55. Programa de HMI simulado. (Condiciones iniciales del sistema) (Autores).....	80
Figura 56. Programa de HMI simulado. (Sistema en MANUAL) (Autores)	81
Figura 57. Programa de HMI simulado. (Sistema en AUTOMATICO) (Autores)	81
Figura 58. Programa de HMI simulado. (Sistema en MANTENIMIENTO) (Autores).....	82
Figura 59. Programa de HMI simulado. (Cilindro de Alimentación activado en MANUAL) (Autores).....	82
Figura 60. Programa de HMI simulado. (Alarma por almacén sin piezas) (Autores).....	83

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Designación de conexiones según norma ISO 1219	18
Tabla 2. Avisos de acuse no obligatorio	30
Tabla 3. Avisos de acuse obligatorio	30
Tabla 4. Tabla Entradas/Salidas/Marcas PLC	61

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1.....	90
Anexo 2.....	91
Anexo 3.....	92
Anexo 4.....	93
Anexo 5.....	94
Anexo 6.....	95
Anexo 7.....	96
Anexo 8.....	97
Anexo 9.....	98
Anexo 10.....	99
Anexo 11.....	100
Anexo 12.....	101
Anexo 13.....	103
Anexo 14.....	106
Anexo 15.....	108
Anexo 16.....	110
Anexo 17.....	112
Anexo 18.....	113
Anexo 19.....	114
Anexo 20.....	115
Anexo 21.....	116
Anexo 22.....	117
Anexo 23.....	118
Anexo 24.....	119
Anexo 25.....	120
Anexo 26.....	121
Anexo 27.....	122
Anexo 28.....	124
Anexo 29.....	126
Anexo 30.....	128
Anexo 31.....	129

GLOSARIO

MICROCONTROLADOR: es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida. [27]

OPTOACOPLADOR: También llamado *optoaislador* o aislador acoplado ópticamente, es un dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor activado mediante la luz emitida por un diodo LED que satura un componente optoelectrónico, normalmente en forma de fototransistor o fototriac. De este modo se combinan en un solo dispositivo semiconductor, un fotoemisor y un fotorreceptor cuya conexión entre ambos es óptica. Estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP. Se suelen utilizar para aislar eléctricamente a dispositivos muy sensibles. [25]

PERRO GUARDIÁN: En electrónica, un perro guardián (en inglés *watchdog*) es un mecanismo de seguridad que provoca un reset del sistema en caso de que éste se haya bloqueado. Consiste en un temporizador que irá continuamente decrementando un contador, inicialmente con un valor alto. Cuando este contador llegue a cero, se reiniciará el sistema, así que se debe diseñar una subrutina en el programa de manera que refresque o reinicie al perro guardián antes de que provoque el reset. Si el programa falla o se bloquea, al no actualizar el contador del perro guardián a su valor de inicio, éste llegará a decrementarse hasta cero y se reiniciará el sistema. [26]

PANEL SINOPTICO: También conocido como síntesis de cuadro, es una forma de expresión visual de ideas o textos ampliamente utilizados como recursos instruccionales que comunican la estructura lógica de la información. Son estrategias para organizar el contenido de conocimientos de manera sencilla y condensada. [28]

PUNZONADO: Operación mecánica consistente en practicar orificios en una superficie metálica, ya sea mediante un punzón o mediante una punzonadra. [29]

REGULADOR P&D: Un PID es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo

determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador, por ejemplo. Ajustando estas tres variables en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. [23]

SEÑAL DIGIAL: Este tipo de señal es conocida también con los siguientes nombres: señal binaria, señal lógica, señal todo o nada (TON). Se caracteriza porque sólo pueden adoptar uno de dos posibles estados o niveles: el estado de señal "0" y el estado de señal "1". Asimismo, estos estados cuando se relacionan, de acuerdo a su condición eléctrica, se dice: no existe tensión y existe tensión, la magnitud de la tensión no interesa, ya que dependerá del componente electrónico que pueda asumir esta tensión nominal. [24]

SEÑAL ANALOGICA: Se conoce a la señal análoga como aquella cuyo valor varía con el tiempo y en forma continua, pudiendo asumir un número infinito de valores entre sus límites mínimos y máximos. [24]

RESUMEN

En la actualidad, las empresas industriales tienen el objetivo de producir mayor número de unidades del producto en menos tiempo y con bajo costo. La automatización es hoy en día, la herramienta más utilizada y necesaria para llevar a cabo dicho objetivo. En este caso el proceso es el de taladrar piezas de madera de forma cuadrada en el centro de las mismas, este proceso puede ser difícil para una persona, pues tendría que tener mucha precisión en el momento de posicionar la pieza, además de los movimientos implicados en la acción de taladrar.

La automatización permite que movimientos repetitivos que causan desgaste y/o molestias en las personas operarias del producto, puedan ser realizados por mecanismos de una forma más sencilla y rápida, además mientras que un operario entrega en un día laboral un determinado número de piezas, con procesos automáticos este número se aumenta, y por ende se aumenta también la producción del mismo producto y procurar así el cuidado de la salud tanto física como mental de quienes lo fabrican, pues así se evitaría que una persona o más permanecieran realizando dicho proceso continuamente, solo se necesitarían dichas personas para poner o no en marcha la máquina y verificar su funcionamiento.

Los alumnos de la Facultad de Tecnologías de la Universidad Tecnológica de Pereira deben tener la habilidad de resolver en el campo laboral y/o industrial problemas como lo son el de la agilización o automatización de procesos industriales y evitar lesiones a las personas debido a los movimientos repetitivos.

0 INTRODUCCIÓN

0.1 IMPORTANCIA

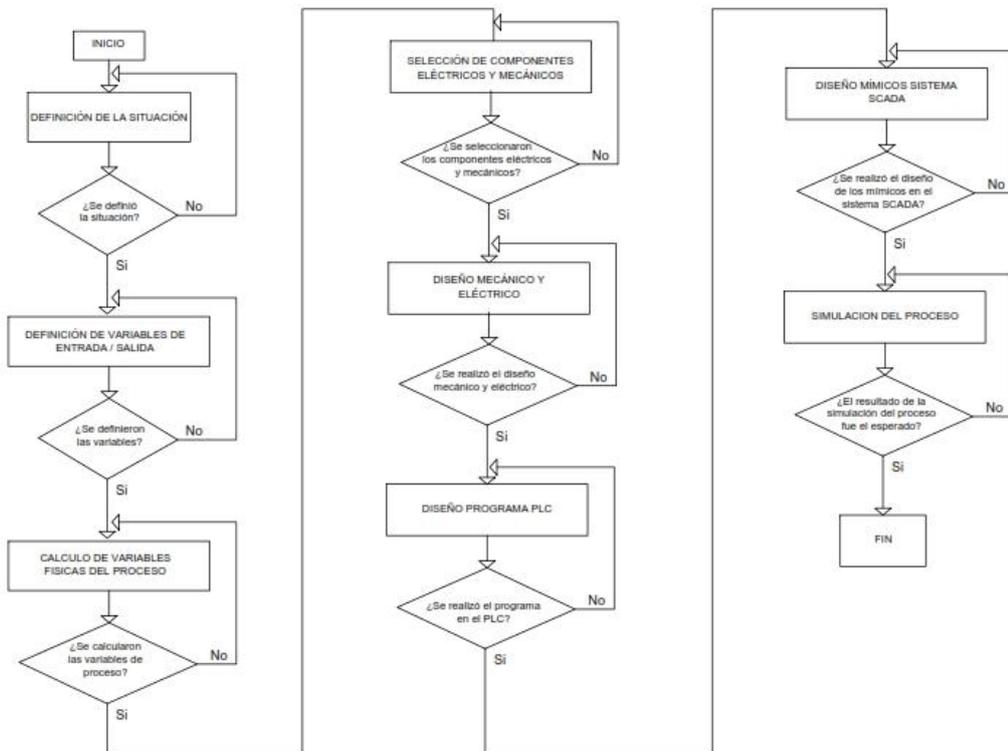
La automatización, es hoy en día el medio por el cual los procesos industriales se agilizan y se vuelven eficientes, convirtiendo las tareas que normalmente son realizadas por operarios a tareas realizadas por dispositivos electromecánicos, donde hacen que la intervención humana sea solo la de monitorear el estado de los procesos y operar los mecanismos remotamente.

La automatización hace que acciones repetitivas que causan enfermedades profesionales en los humanos sean realizadas por mecanismos, mejorando las condiciones de trabajo, la productividad de las empresas, reduce el mantenimiento e integra la gestión con la producción.

0.2 ORIGEN

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo utilizado para el diseño de la máquina perforadora de piezas.

Figura 1. Diagrama de Flujo del diseño (Autores)



0.2.1 Antecedentes teóricos. A continuación se muestran los conceptos de las teorías que fueron aplicadas en el desarrollo del diseño de la máquina perforadora de piezas.

0.2.1.1 La Neumática Y Electroneumática. Aunque la neumática es uno de los conceptos más antiguos, solo a partir de los años cincuenta se comenzó a implementar industrialmente. Actualmente está siendo muy aplicada en el área de la robótica, los autómatas programables, en sistemas de control, entre otros. En conjunto con la electricidad y la electrónica, la neumática permite ser aplicada en el campo de la automatización industrial.

- Válvulas. Son dispositivos para controlar o regular el arranque, parada y sentido así como la presión o el flujo del medio de presión, impulsado por una bomba hidráulica, un compresor, una bomba de vacío o acumulado en un depósito. Las válvulas empleadas en neumática sirven principalmente para controlar un proceso actuando sobre las magnitudes que intervienen en el. Para poder controlar, se necesita una energía de control con la que debe intentarse conseguir el mayor efecto posible con el gasto mínimo. La energía de control viene determinada por la forma de accionamiento de una válvula y puede conseguirse manualmente o por medios mecánicos, eléctricos, hidráulicos o neumáticos.

Válvulas distribuidoras o de vías. Estas válvulas son las encargadas de direccionar el flujo de aire comprimido, es decir, decide en el arranque, la parada y el sentido de paso. La Figura 2 muestra el diagrama de una válvula de 5 vías dos posiciones.

Figura 2: Válvula de 5 vías dos posiciones [30]



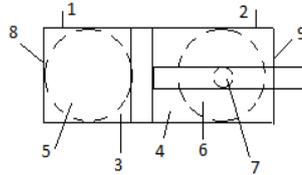
- Electroválvula Biestable. Es una válvula neumática que es accionada mediante bobinas eléctricas, (dos en este caso), una para el sentido de avance del cilindro neumático de doble efecto y la otra para el sentido de retroceso del mismo. el control se hace mediante pulsadores que establecen contacto eléctrico con la bobina o con la otra.

- Electroválvula monoestable. es una válvula neumática que también es accionada mediante bobinas, (una en este caso). mientras que esta bobina permanezca excitada, el cilindro de simple o de doble efecto estará afuera e inmediatamente deje de estar excitada el cilindro al no recibir presión se retraerá debido al muelle de retorno.

- Actuador o cilindro neumático. el cilindro de aire comprimido es por regla general el elemento productor de trabajo (órgano motor) en un equipo neumático. su misión es la de generar un movimiento rectilíneo, subdividido en carrera de avance y carrera de retroceso (a diferencia del motor de aire

comprimido, que produce un movimiento de rotación), y de este modo transforma la energía estática en trabajo mecánico (fuerzas de movimiento y esfuerzos de compresión). el cilindro también puede ejercer misiones de regulación y mando dentro de sus funciones de trabajo, pudiendo realizar ambas de manera simultánea según su aplicación.

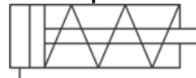
Figura 3: Definiciones de un cilindro neumático (Autores)



1. Conexión para la salida (toma de aire comprimido en la tapa posterior)
2. Conexión para la entrada (toma de aire comprimido en la tapa anterior)
3. Cara del fondo
4. Cara de la cubierta
5. Área del embolo
6. Área anular
7. Área del vástago
8. Fondo
9. Cubierta

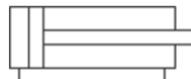
- Cilindro de simple efecto. El cilindro de aire comprimido de simple efecto solo puede producir trabajo en una sola dirección del movimiento, por lo que no debe montarse ningún elemento pesado que deba ser movido por la carrera de retroceso del embolo.

Figura 4: Símbolo de un cilindro de simple efecto [30]



- Cilindro de doble efecto. El cilindro de aire comprimido de doble efecto se construye siempre en forma de cilindro de embolo y posee dos tomas para el aire comprimido situadas a ambos lados del embolo, este cilindro puede producir trabajo en los dos sentidos del movimiento.

Figura 5: Símbolo de un cilindro de doble efecto [30]

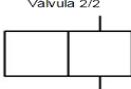
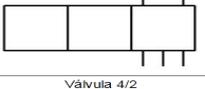
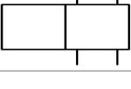


- Representación Iso1219. A nivel internacional la norma ISO 1219 1 e ISO 1219 2, que se ha adoptado en España como la norma UNE-101 149 86, se encarga de representar los símbolos que se deben utilizar en los esquemas neumáticos e hidráulicos.

- Designación de conexiones, normas básicas de representación. Las válvulas de regulación y control, se nombran y representan con arreglo a su constitución,

de manera que se indica en primer lugar el número de vías (orificios de entrada o salida) y a continuación el número de posiciones. Por ejemplo, (ver Figura 6).

Figura 6. Arreglo de constitución de válvulas. [31]

Válvula 2/2 	Válvula de dos vías y dos posiciones.
Válvula 3/2 	Válvula de tres vías y dos posiciones.
Válvula 5/3 	Válvula de cinco vías y tres posiciones.
Válvula 4/2 	Válvula de cuatro vías y dos posiciones.

Su representación sigue las siguientes reglas:

1. Cada posición se indica por un cuadrado.
2. Las vías de las válvulas se dibujan en la posición de reposo.
3. Se indica en cada casilla (cuadrado), las canalizaciones, el sentido del flujo y la situación de las conexiones (vías).
4. El desplazamiento a la posición de trabajo se realiza transversalmente, hasta que las canalizaciones coinciden con las vías en la nueva posición.
5. También se indica el tipo de mando que modifica la posición de la válvula (señal de pilotaje). Puede ser manual, por muelle, por presión. Por ejemplo, (ver Figura 7).

Figura 7. Sentidos de flujo en válvulas [31]

2 	El aire circula de 1 a 2
3 	El aire circula de 3 a 4
	El trazo transversal indica que no se permite el paso de aire.
	El punto relleno, indica que las canalizaciones están unidas.
	El triángulo indica la situación de un escape de aire sobre la válvula.
	El escape de aire se encuentra con un orificio roscado, que permite acoplar un silenciador si se desea.

- Designación de orificios (vías de las válvulas). La norma establece la identificación de los orificios (vías) de las válvulas, debe seguir la siguiente norma:

Puede tener una identificación numérica o alfabética

Tabla 1. Designación de conexiones según norma ISO 1219 [31]

Designación de conexiones	Letras	Números
Conexiones de trabajo	A, B, C...	2, 4, 6 ...
Conexión de presión, alimentación de energía	P	1
Escapes, retornos	R, S, T ...	3, 5, 7 ...
Descarga	L	
Conexiones de mando	X, Y, Z ...	10, 12, 14 ...

Por ejemplo, la representación completa de las válvulas puede ser como se muestra en la Figura 8.

Figura 8. Símbolo de válvulas completas [31]



0.2.1.2 Técnicas programadas (autómata programable o PLC). Los sistemas de control que se empleaban a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, se basaban más que todo en componentes mecánicos y electromecánicos, como engranajes, relés, entre otros. Empezando los años cincuenta se comenzaron a emplear los semiconductores con los cuales podían obtener más ventajas en cuanto a la reducción de tamaño, de consumos y desgaste. En la década de los setenta, con la implementación de los circuitos integrados de tipo programable, los sistemas de control empezaron a tener más ventajas, pues así se agilizaban los procesos de control.

Los primeros autómatas pretendían sustituir a los sistemas convencionales con relés o circuitos lógicos, teniendo la ventaja de ser resistentes al ambiente o lugar en el que se deseaban emplear. Los actuales han mejorado en comparación a los primeros, puesto que estos tienen un lenguaje de programación más fácil y con mayor velocidad de respuesta, lo cual significa mejor comunicación con el proceso a controlar; y esto ha llevado a que sea más aplicado al control industrial.

Sin embargo, la principal virtud del autómata sigue siendo su robustez y facilidad de interconexión al proceso y la tendencia actual no es precisamente la

de acercarlo más a las prestaciones de los ordenadores en cuanto a su capacidad de cálculo, sino dotarlo de funciones específicas de control y de canales de comunicación para que puedan conectarse entre sí y a los propios ordenadores.

Desde el punto de vista de su papel dentro del sistema de control, el PLC es la unidad de control, incluyendo total o parcialmente las interfaces con las señales de proceso. Por otro lado, se trata de un sistema con un hardware estándar, con capacidad de conexión directa a las señales de campo (niveles de tensión y corriente industriales, transductores y periféricos electrónicos) y programable por el usuario.

- **Definición.** Un Autómata Programable Industrial (API) es un equipo electrónico de control con un cableado interno (hardware) independiente del proceso a controlar, que se adapta a dicho proceso mediante un programa específico (software) que contiene la secuencia de operaciones a realizar. Esta secuencia de operaciones se define sobre señales de entrada y de salida del proceso, cableadas directamente en los bornes de conexión del autómata.

Las señales de entrada pueden proceder de elementos digitales, como finales de carrera y detectores de proximidad, o analógicos, como sensores de temperatura y dispositivos de salida en tensión o corrientes continuas. Las señales de salida son órdenes digitales todo o nada o señales analógicas en tensión o corriente, que se envían a los elementos indicadores y actuadores del proceso, como lámparas, contactores, válvulas, etc.

El autómata es el que maneja, de acuerdo al programa que el usuario haya almacenado en la memoria del mismo, las órdenes de salida, y estas órdenes dependen de las mismas señales de entrada, del estado en que estas estén. El usuario introduce el programa en el autómata por medio de la unidad de programación; esta unidad de programación además de hacer que el autómata procese las señales, también le ofrece al usuario que el proceso de control pueda ser monitorizado, simulado, entre otros.

- **Arquitectura.** La mejor opción para el control de procesos industriales es el empleo de autómatas programables. Estos aparatos se basan en el empleo de un microcontrolador para el manejo de las entradas y salidas. La memoria del aparato tiene tanto el programa de usuario que se le introduce como el sistema operativo que permite ejecutar secuencialmente las instrucciones del programa. Opcionalmente, en la mayoría de los autómatas, también se incluyen una serie de funciones pre-implementadas de uso general (como reguladores PID).

Estructura externa. Todos los autómatas programables, poseen una de las siguientes estructuras:

- **Compacta:** en un solo bloque están todos los elementos.

- Modular: Estructura americana: separa las E/S del resto del autómata y estructura europea: Cada módulo es una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.).

Exteriormente son cajas que contienen una de estas estructuras, las cuales poseen indicadores y conectores en función del modelo y fabricante. Para el caso de una estructura modular se dispone de la posibilidad de fijar los distintos módulos en rieles normalizados, para que el conjunto sea compacto y resistente.

• Estructura interna. Los elementos esenciales que todo autómata programable posee como mínimo, son:

- Sección de entradas: se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico. En ambos casos se tienen unos rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características del fabricante. A estas líneas se conectan los sensores.

- Sección de salidas: son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas se conectan los actuadores.

- Unidad central de proceso (CPU): se encarga de procesar el programa de usuario que se le introduce. Para ello se dispone de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa.

Adicionalmente, en determinados modelos más avanzados, se puede disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición, etc.

Tanto las entradas como las salidas están aisladas de la CPU según el tipo de autómata que se utilice. Normalmente se suelen emplear optoacopladores en las entradas y relés/optoacopladores en las salidas.

Aparte de estos elementos se dispone de los siguientes:

- Unidad de alimentación (algunas CPU la llevan incluida).

- Unidad o consola de programación: que permite introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.

- Dispositivos periféricos: como nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, entre otros.

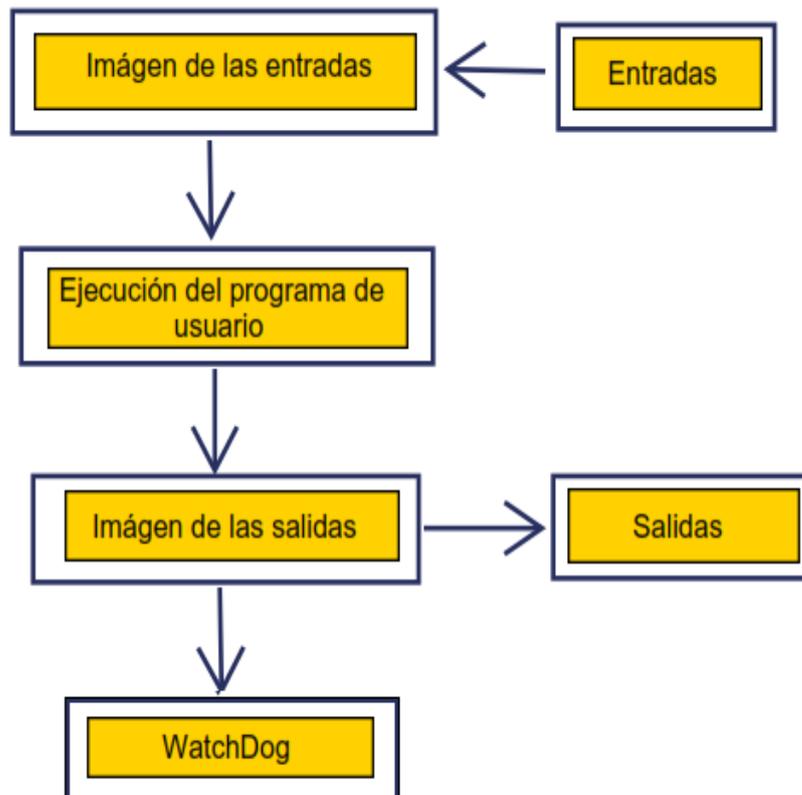
- Interfaces: facilitan la comunicación del autómata mediante enlace serie con otros dispositivos (como un PC).

• Estructura de cada elemento del nivel interno. Los elementos a nivel interno también poseen una estructura.

- CPU. Es el corazón del autómata programable, es la encargada de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema (es decir, el programa de usuario es interpretado por el programa del sistema). Sus funciones son:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no excede un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar Watchdog (perro guardián).
- Ejecutar el programa de usuario.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Chequeo del sistema. Para ello el autómeta va a poseer un ciclo de trabajo, que ejecutará de forma continua (ver figura 8):

Figura 9. Ciclo de trabajo del PLC (Autores)



Dentro de la CPU se dispone de un área de memoria, la cual se emplea para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario: Aquí se introduce el programa que el autómeta va a ejecutar cíclicamente.
- Memoria de la tabla de datos: Se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).
- Memoria del sistema: Aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/microcontrolador que posea el autómeta.
- Memoria de almacenamiento: Se trata de memoria externa que se emplea para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria

de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

Cada autómatas divide su memoria de esta forma genérica, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante.

- Unidades de E/S (Entrada y salida de datos). Generalmente se dispone de dos tipos de E/S:

- Digital.
- Analógica.

Las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada, es decir o no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas E/S se manejan a nivel de bit dentro del programa de usuario.

Las E/S analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Se basan en convertidores A/D y D/A aislados de la CPU (ópticamente o por etapa de potencia). Estas señales se manejan a nivel de byte o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

Las E/S son leídas y escritas dependiendo del modelo y del fabricante, es decir pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de E/S.

- Interfaces. Todo autómatas, salvo casos excepcionales, posee la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos (como un PC). Lo normal es que posea una E/S serie del tipo RS-232 / RS-422. A través de esta línea se pueden manejar todas las características internas del autómatas, incluido la programación del mismo, y suele emplearse para monitorización del proceso en otro lugar separado.

- Lenguajes de programación IEC 61131. Cuando surgieron los autómatas programables, lo hicieron con la necesidad de sustituir a los enormes cuadros de maniobra construidos con contactores y relés. Por lo tanto, la comunicación hombre-máquina debería ser similar a la utilizada hasta ese momento. El lenguaje usado, debería ser interpretado con facilidad, por los mismos técnicos electricistas que anteriormente estaban en contacto con la instalación. Estos lenguajes han cambiado en los últimos tiempos, de tal forma que algunos de ellos ya no tienen nada que ver con el típico plano eléctrico a relés.

- Norma IEC 61131. El estándar internacional IEC 61131 se aplica a los autómatas programables (PLCs) y sus periféricos asociados tales como herramientas de programación y depuración (PADTs), elementos de interface hombre-máquina (HMI), etc., los cuales han sido diseñados para el control de procesos industriales y maquinarias.

Actualmente, siguen persistiendo sistemas de control específicos del fabricante, con programación dependiente y conexión compleja entre distintos sistemas de control. Esto significa para el usuario costos elevados, escasa flexibilidad y falta de normalización en las soluciones al control industrial.

La norma IEC 61131 es el primer paso a la estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar. Este estándar se divide en cinco partes:

Parte 1: Información general. Ed. 2.0 (2003). Se dan las definiciones y un glosario de los términos utilizados en esta norma y se identifican las principales características de los sistemas de autómatas programables.

Parte 2: Especificaciones y ensayos de los equipos. Ed. 3.0 (2007). Se especifican los requisitos eléctricos, mecánicos y funcionales para los autómatas programables y los periféricos correspondientes, así como las condiciones de servicio, almacenamiento y transporte aplicables; la información que ha de suministrar el fabricante y los métodos y procedimientos de ensayo que han de utilizarse para la comprobación del cumplimiento de los requisitos por parte de los autómatas programables y sus periféricos.

Parte 3: Lenguajes de programación. Ed. 2.0 (2003). Se definen los lenguajes de programación de uso más corriente, las reglas sintácticas y semánticas, el juego de instrucciones fundamental, los ensayos y los medios de ampliación y adaptación de los equipos, el interface entre el programador y el sistema de control.

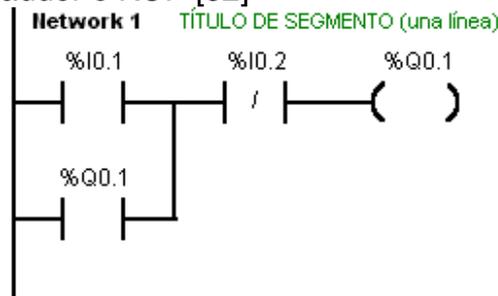
Parte 4: Guías de usuario. Ed. 2.0 (2004). Esta parte tiene como objeto dar asistencia a los usuarios finales para la elección y especificación de los autómatas programables y los periféricos asociados a los mismos que se encuentran en la IEC 61131. Es una guía o un informe técnico más que una norma.

Parte 5: Comunicaciones. Ed. 1.0 (2000). Esta parte especifica los aspectos de comunicaciones entre el controlador programable, se especifica como un dispositivo puede comunicarse con un PC o servidor y este a su vez puede comunicarse con otros dispositivos.

- Lenguajes más significativos. Los lenguajes más significativos son:

- Lenguaje de contactos (LD ó KOP). Es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos. Muchos autómatas incluyen módulos especiales de software para poder programar gráficamente de esta forma.

Figura 10. Lenguaje Ladder o KOP [32]



- Lenguaje por Lista de Instrucciones (IL ó AWL). En los autómatas de gama baja, es el único modo de programación. Consiste en elaborar una lista de instrucciones que se asocian a los símbolos y su combinación en un circuito eléctrico a contactos. También se puede decir, que este tipo de lenguaje es, en algún caso, la forma más rápida de programación e incluso la más potente.

Figura 11. Lenguaje IL o AWL [32]

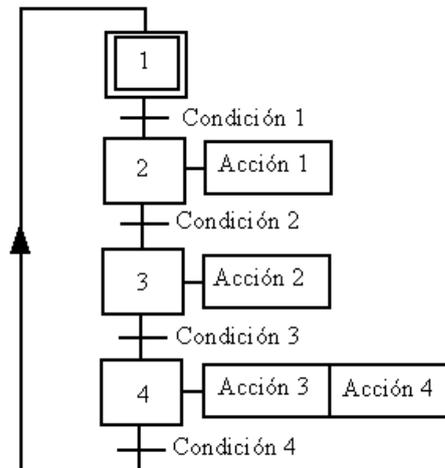
```

OB1 : Control de motor
Segm. 1: Marcha temporizador
    U    E    0.0
    L    S5T#5S
    SE   T    0
    U    A    2.0
    R    T    0
    NOP  0
    NOP  0
    NOP  0

Segm. 2: Marcha motor
    U(
    O    T    0
    O    A    2.0
    )
    UN   E    0.1
    =    A    2.0
    
```

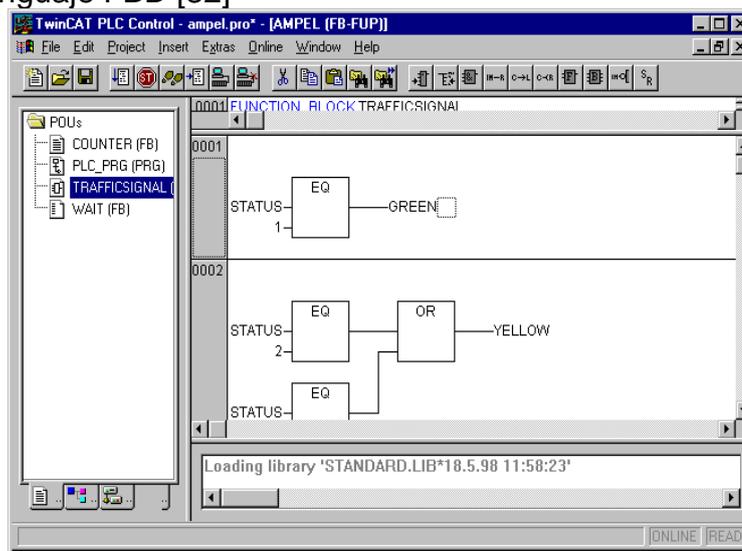
- Grafcet. Es el llamado Gráfico de Orden Etapa Transición. Ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones. Muchos de los autómatas que existen en el mercado permiten la programación en Grafcet, tanto en modo gráfico o como por lista de instrucciones. También puede ser utilizado para resolver problemas de automatización de forma teórica y posteriormente convertirlo a plano de contactos.

Figura 12. Lenguaje GRAFCET [32]



- Plano de funciones (FBD). El plano de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

Figura 13. Lenguaje FBD [32]



0.2.1.3 Sistemas de supervisión, control y adquisición de datos. La mejor máquina es la que te dice todo lo que le ocurre. Es el paciente ideal. De una forma u otra, cada vez que se ha realizado el control de un sistema, grande o pequeño, ha sido necesario tener información visual de cómo está funcionando. Así, a medida que los sistemas de control han ido evolucionando y se han hecho cada vez más complejos, ha aumentado también la complejidad de los elementos que proporcionan la información al usuario. De un simple indicador de aguja, que representa una variable del proceso (por ejemplo, la presión de aire en una instalación neumática), se ha llegado a grandes paneles sinópticos que muestran el estado de grandes instalaciones (por ejemplo, una refinería). Si se mira a la era moderna, las necesidades de ver en la distancia y controlar

una máquina aparecen en los primeros cuadros de control, donde multitud de luces indicaban las diferentes situaciones previstas de la máquina. Cualquier situación imprevista, o pasada por alto, podía significar varias horas de trabajo de electricista para llevar la señal olvidada al panel de control y podía ser que no hubiera espacio para colocar el indicador. La aparición de la informática permitió realizar este tipo de control de manera más sencilla. Ahora ya no sería necesario tener a verdaderos expertos en sistemas de automatización cada vez que hiciera falta cambiar el ajuste de un temporizador en un sistema de control. [3]

Los grandes cuadros de control empezaban a convertirse en monitores que podían mostrar la misma información. Pero cualquier cambio en la presentación era más sencillo de realizar. Bastaban unas modificaciones en el código de la aplicación para que en la pantalla apareciera, por ejemplo, un contador de piezas olvidado en el momento de realizar el diseño del ejemplo anterior. Vista la necesidad, varios fabricantes desarrollaron entonces paquetes de software capaces de comunicarse con los sistemas de control existentes y permitieron así una flexibilidad de uso no imaginada hasta el momento. Esta tendencia ha ido en aumento, de tal manera que hoy día las opciones existentes son numerosísimas. Algunos de los más conocidos:

Intellution	IFIX
Omron	SCS
Siemens	WinCC
Rockwell Automation	RS-View
Wonderware	InTouch
GE-Fanuc	Cimplicity

La evolución de los sistemas operativos ha incrementado también las posibilidades de estos sistemas, permitiendo las estructuras multipuesto gracias a los sistemas de red informáticos. [3]

- Introducción a los sistemas SCADA. Mediante la supervisión de un proceso se intenta asegurar el buen funcionamiento de dicho proceso, ayudando a que situaciones anómalas en el funcionamiento del proceso puedan ser corregidas en menor tiempo, puesto que da la facilidad de indicar qué punto es el que se encuentra en fallo. Los sistemas SCADA, son aplicaciones de tipo software, con acceso a planta mediante comunicación digital con los diferentes instrumentos y que ofrece una interfaz gráfica de alto nivel con el usuario.

Las tareas fundamentales de un SCADA, son:

Control remoto de dispositivos y ajustes de valores en las bases de datos del sistema, monitoreo de alarmas y despliegues de los procesos, recolección periódica, procesamiento y monitoreo de la información del proceso, generación de reportes y datos estadísticos del proceso, almacenamiento de datos históricos y tendencias de las variables del proceso.

- Configuración básica del sistema de control y supervisión. La configuración básica de un sistema SCADA, es la que se muestra en la Figura 14, la cual se compone de:

- Un panel de visualización y de control, que en este caso es la HMI (Human Machine Interface), en la cual se visualizan los valores y estados de las variables de proceso, así como de alarmas y se controlan los actuadores del proceso, así como de las variables de entrada del proceso, entre otros.

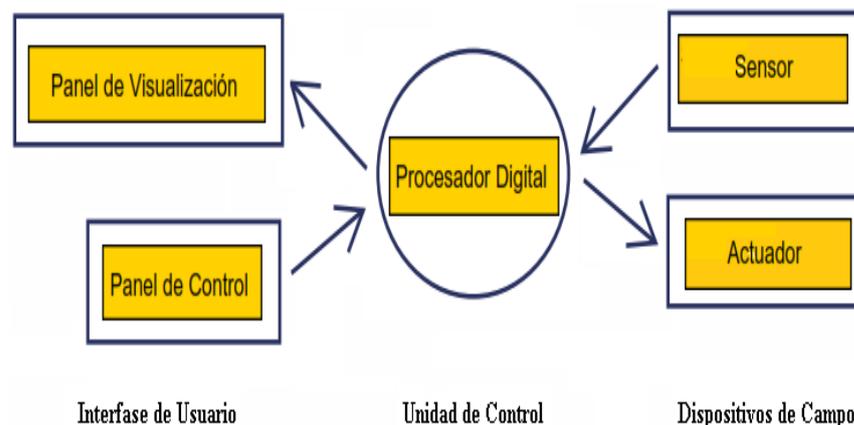
- Un procesador digital, que en este caso es el PLC (Control lógico Programable), el cual está encargado de la recolección de las señales y de sus procesamiento como tal.

- Un sensor, el cual está encargado de medir las variables de proceso y de enviar estos datos de medición al procesador digital.

- Un actuador, el cual está encargado de realizar las acciones que han sido encargadas por el procesador digital de acuerdo a las condiciones de funcionamiento del proceso.

- Un panel de visualización y el de control hacen parte de la interface de usuario, es decir, en donde tendrá acceso el operario al proceso; el procesador digital, hace parte la unidad de control, pues es este en ultimas quien es encargado de llevar a cabo las ordenes a los actuadores para que estos reaccionen, dependiendo de las lecturas que tenga por medio de los sensores y por último el sensor y los actuadores, que son los elementos que se encuentran en campo y que están directamente relacionados con el estado del proceso.

Figura 14. Esquema básico de un sistema de adquisición de datos y supervisión (Autores)



- Variables y tipos de variables. Los valores de proceso en un sistema SCADA, se transfieren en runtime por medio de variables. Los valores de proceso son datos que se guardan en la memoria de un sistema de automatización conectado. Representan el estado de una instalación en forma de temperaturas,

niveles de llenado o estados de conexión. Para procesar los valores de proceso en WinCC se definen variables externas.

Los sistemas SCADA trabajan con dos tipos de variables:

Variables externas
Variables internas

Estas variables pueden ser editadas desde el editor del sistema SCADA, como definir los valores límites, los valores iniciales, escalizarlas, definir el ciclo de adquisición de las mismas, entre otros.

- Variables externas. Son las variables externas a la HMI. Con una variable externa se accede a una dirección del controlador a través de una variable PLC. Para su direccionamiento existen las siguientes posibilidades:

Direccionamiento simbólico
Direccionamiento absoluto

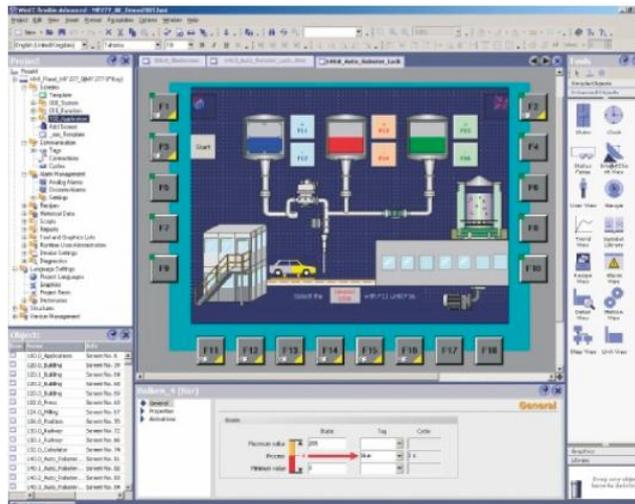
- Variables internas. Las variables internas deben tener definidos como mínimo el nombre y el tipo de datos. En lugar de una conexión con un controlador se selecciona la entrada "Variable interna".

- Entorno gráfico. El entorno grafico del sistema SCADA, se configura de acuerdo a la aplicación particular que se desea desarrollar. El entorno grafico es aquel que permite adaptar el entorno de trabajo a las necesidades del usuario.

En el entorno de trabajo del software editor, se encuentra todo lo que se necesita para desarrollar el entorno grafico del proceso, en este entorno de trabajo se encuentra:

- La ventana del proyecto, que muestra la estructura del proyecto (árbol del proyecto) y permite administrarlo.
- La caja de herramientas, que contiene diversos objetos y permite acceder a la librería de objetos.
- La ventana de objetos, en la que pueden seleccionarse objetos ya creados (por ejemplo copiándolos mediante arrastrar y soltar).
- El área de trabajo, en la que se pueden crear las imágenes y animaciones del proceso. (Ver Figura 15)
- La ventana de propiedades, para la parametrización de los objetos del área de trabajo.

Figura 15. Ejemplo del entorno de trabajo en el software editor (WinCC Flexible). [33]



A continuación se muestra un ejemplo del entorno grafico de un proceso determinado, para la operación del proceso como tal. (Ver Figura 16).

Figura 16. Ejemplo del entorno grafico de un Sistema SCADA [33]



En el entorno gráfico, se pueden mostrar graficas de tendencias de los procesos, tablas de datos, avisos, alarmas, recetas, fechas, horas, estados de los equipos que componen el proceso o de procesos independientes pero involucrados con el mismo, lecturas de sensores, posicionamiento, entre otros.

- Alarmas y eventos. En todo proceso es necesario tener un listado de alarmas y avisos con el objetivo de saber en qué momento y en qué lugar de la fábrica, se presenta una falla (aunque no siempre tienen que ser fallos, sino también pueden ser usados para dar información de los estados de algún elemento a consideración). Los avisos indican en el panel de operador eventos y estados que se presentan en la instalación, en el proceso, o bien en el panel de operador. Al ocurrir un estado, éste se indica. También se deben definir las clases de eventos que deberán ocurrir luego o en el momento en el que se presente una alarma o fallo.

Clases de alarma. Las alarmas están divididas en tres clases:

- Advertencia (acusable). En esta clase de alarma, se continúa con el proceso, sin necesidad de reconocer la advertencia o alarma, teniendo en cuenta que no es un fallo grave que pare el proceso.

- Alarma (acuse obligatorio). Las peticiones de movimiento se cancelan de acuerdo con la reacción a la alarma. Para continuar procesando la petición tras solucionar la causa del error, es necesario acusar las alarmas, de otra forma el proceso no continuara con su funcionamiento habitual.

- Error grave. Las peticiones de movimiento se cancelan de acuerdo con la reacción a alarma. Para continuar procesando tras solucionar la causa del error, es necesario reiniciar la CPU tras un error grave.

• Clases de eventos. Un aviso o alarma adopta diferentes estados en runtime. Cada aviso tiene un estado determinado. Los estados de aviso se componen de los eventos siguientes:

- Aparecido (A). La condición para lanzar un aviso se cumple. El aviso se visualiza, p. ej. "Presión de caldera excesiva".

- Desaparecido (D). La condición para lanzar un aviso ya no se cumple. El aviso ya no se visualiza porque la caldera se ha despresurizado.

- Acusar (AC).El usuario acusa o reconoce el aviso o alarma.

Avisos de acuse no obligado. La tabla siguiente muestra los estados de los avisos de acuse no obligado:

Tabla 2. Avisos de acuse no obligatorio (Sistema de información software Tia Portal V12)

Texto visualizado	Estado	Descripción
A	Aparecido	La condición de un aviso se cumple.
AD	Desaparecido	La condición de un aviso ya no se cumple.

Avisos de acuse obligado. La tabla siguiente muestra los estados de los avisos de acuse obligado:

Tabla 3. Avisos de acuse obligatorio (Sistema de información software Tia Portal V12)

Texto visualizado	Estado	Descripción
A	Aparecido	La condición de un aviso se cumple.
AD	Desaparecido, no acusado	La condición de un aviso ya no se cumple. El usuario no ha acusado el aviso.
ADAC	Desaparecido, después	La condición de un aviso ya no se cumple. El usuario ha acusado el aviso después de este

	acusado	momento.
AAC	Aparecido, acusado	La condición de un aviso se cumple. El usuario ha acusado el aviso.
AACD	Desaparecido, previamente acusado	La condición de un aviso ya no se cumple. El usuario ha acusado el aviso cuando la condición todavía se cumplía.

En caso necesario, el panel de operador visualiza cada entrada en vigor de estos estados, los archiva y genera un informe impreso.

- Programación de adquisición de datos. Con el asistente de proyectos se puede crear un proyecto básico con navegación e imágenes del sistema, sin necesidad de introducir muchos datos. En diversos cuadros de dialogo se guía al usuario por la navegación para seleccionar los objetos necesarios y luego se puede crear el proyecto pulsando un botón.

El software WinCC Flexible, contiene una serie de editores y herramientas para diversas tareas de configuración. Por ejemplo, es posible configurar con técnica de niveles en 32 niveles la pantalla. Para la configuración de imágenes, pueden usarse una serie de cómodas funciones, como por ejemplo, ampliar/reducir, rotar y alinear. Tareas complejas de configuración como la definición de trayectorias de movimientos, de objetos de imágenes o la creación de la jerarquía de imágenes y la guía del operador se simplifican gracias a la configuración gráfica.

Es muy fácil gestionar los gráficos, independientemente de cual sea su formato. Los gráficos suministrados y las imágenes propias se muestran y editan a través de un explorador de gráficos y se integran en las imágenes del proyecto mediante operaciones de arrastrar y soltar. Cuando se desea editar una imagen, se abre automáticamente el editor externo correspondiente. Al colocar una imagen en el área de trabajo mediante arrastrar y soltar, se crea en la imagen abierta una visualización de gráfico, o se puede rotular un botón o un pulsador de menú. [20]

WinCC flexible incluye un gran número de objetos básicos y ampliados que se pueden escalar y dinamizar, así como gráficos que el usuario puede utilizar en sus imágenes. Además, se pueden crear bloques de gráficos específicos a partir de objetos gráficos simples.

0.2.1.4 Guía GEMMA. En la automatización de una máquina o de un proceso industrial, es necesario prever todos los estados posibles, ya sean en Funcionamiento manual, semiautomático, Situaciones de falla, Paradas de emergencia, Puestas en marcha, entre otros. Además, el propio automatismo debe ser capaz para detectar defectos en la parte operativa y colaborar con el operario o técnico de mantenimiento para su puesta en marcha y reparación, entre otras.

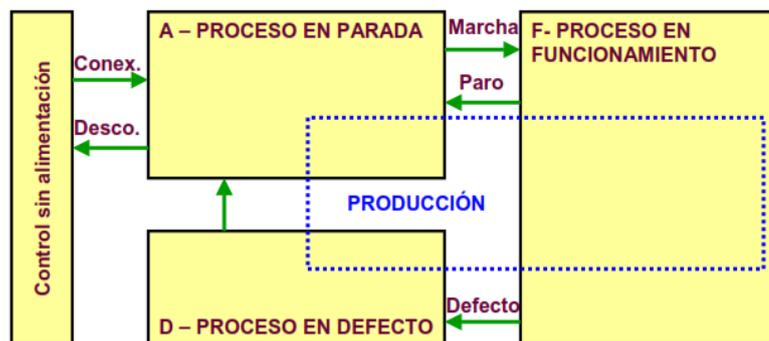
- Definición. La guía GEMMA es una guía gráfica que permite presentar, de una forma sencilla y comprensible, los diferentes modos de marcha (y de parada) de una instalación de producción así como las formas y condiciones para pasar de un modo a otro.

Es una guía para un estudio sistemático de todos los modos o estados en que se puede encontrar un proceso de producción automatizado, Cubre también el estudio de los saltos o transiciones entre modos. El objetivo fundamental de la Guía GEMMA es la seguridad.

- Modos de operación. Un automatismo consta de dos partes fundamentales: el sistema de producción y el control del mismo (ordenador, autómeta programable,...). El sistema de producción puede encontrarse en tres situaciones, en las cuales el sistema puede estar o no produciendo:

- Funcionando, por lo tanto está en producción
- Parado, o en proceso de parada
- En defecto, circunstancias en las cuales o bien el producto derivado no es aprovechable o lo es, si se manipula adecuadamente a posteriori.

Figura 17. Composición de la guía GEMMA [21]



De acuerdo a la Figura 17, la guía GEMMA, se compone en tres (3) grupos:

Proceso en Funcionamiento (Grupo F). Este grupo, a su vez se descompone en varios modos:

- [F1] Producción normal. Estado en que la máquina produce normalmente. Es el estado más importante y en el se deben realizar las tareas por las cuales la máquina ha sido construida.
- [F2] Marcha de preparación. Son las acciones necesarias para que la máquina entre en producción (precalentamiento, preparación de componentes,...).
- [F3] Marcha de cierre. Corresponde a la fase de vaciado y/o limpieza que en muchas máquinas debe llevarse a cabo antes de la parada o del cambio de algunas de las características del producto.
- [F4] Marchas de verificación sin orden. En este caso la máquina, normalmente por orden del operario, puede realizar cualquier movimiento o unos

determinados movimientos preestablecidos. Es el denominado control manual y se utiliza para funciones de mantenimiento y verificación.

- [F5] Marchas de verificación con orden. En este caso la máquina realiza el ciclo completo de funcionamiento en orden pero al ritmo fijado por el operador. Se utiliza también para tareas de mantenimiento y verificación. En este estado la máquina puede estar en producción. En general, se asocia al control semiautomático.

- [F6] Marchas de test. Sirve para realizar operaciones de ajuste y mantenimiento preventivo, por ejemplo: comprobar si la activación de los sensores se realiza en un tiempo máximo, curvas de comportamiento de algunos actuadores.

• Proceso en Parada o Puesta en Marcha (Grupo A). Este grupo, a su vez se descompone en varios modos:

- [A1] Paradas en el estado inicial. Se corresponde con el estado de reposo de la máquina. La máquina normalmente se representa en este estado en los planos de construcción y en los esquemas eléctricos.

- [A2] Parada solicitada al final del ciclo. Es un estado transitorio en que la máquina, que hasta el momento estaba produciendo normalmente, debe producir solo hasta acabar el ciclo y pasar a estar parada en el estado inicial.

- [A3] Parada solicitada en un estado determinado. Es un estado en que la máquina se detiene en un estado determinado que no coincide con el final de ciclo. Es un estado transitorio de evolución hacia A4.

- [A4] Parada obtenida. Es un estado de reposo de la máquina distinto al estado inicial.

- [A5] Preparación para la puesta en marcha después de un defecto. Es en este estado donde se procede a todas las operaciones, de: vaciado, limpieza, reposición de un determinado producto, necesarias para la puesta de nuevo en funcionamiento de la máquina después de un defecto.

- [A6] Puesta del sistema en el estado inicial. En este estado se realiza el retorno del sistema al estado inicial (reinicio). El retorno puede ser manual (coincidiendo con F4) o automático.

- [A7] Puesta del sistema en un estado determinado. Se retorna el sistema a una posición distinta de la inicial para su puesta en marcha, puede ser también manual o automático.

• Proceso en Defecto (Grupo D). Este grupo, a su vez se descompone en varios modos:

- [D1] Parada de emergencia. Es el estado, que se consigue después de una parada de emergencia, en donde deben tenerse en cuenta tanto las paradas como los procedimientos y precauciones necesarias para evitar o limitar las consecuencias debidas a defectos.

- [D2] Diagnóstico y/o tratamiento de fallos. Es en este estado que la máquina puede ser examinada después de un defecto y, con ayuda o sin del operador, indicar los motivos del fallo para su rearme.

- [D3] Producción a pesar de los defectos. Corresponde a aquellos casos en que se deba continuar produciendo a pesar de los defectos. Se incluye en estas condiciones casos en que, por ejemplo, sea necesario finalizar un reactivo no almacenable, en que se pueda substituir transitoriamente el trabajo de la máquina por la de un operario hasta la reparación de la avería.

• Implementación de la guía GEMMA. Para la implementación de la guía GEMMA, se debe determinar lo siguiente:

1. Los aspectos generales del proceso y generar el GRAFCET de producción de primer nivel (descriptivo).
2. Los elementos del proceso y seleccionar los detectores, indicadores y actuadores necesarios.
3. Representar el GRAFCET de producción de segundo nivel (tecnológico y operativo).
4. Estudiar los diferentes estados de GEMMA para determinar que estados son necesarios en el automatismo y realizar su descripción.
5. Definir sobre GEMMA los caminos de evolución entre los distintos estados.
6. Diseñar los elementos que componen el pupitre del operador y su ubicación.
7. Definir sobre GEMMA las condiciones de evolución entre los distintos estados.
8. Preparar el GRAFCET completo de segundo nivel a partir del de producción representado antes y después de la GEMMA.
9. Escoger la tecnología de control: número de autómatas programables, tipo de entrada y salidas, reguladores industriales, bus de comunicación.
10. Representar el GRAFCET de tercer nivel concreto (a nivel de autómeta).
11. Instalación, implementación, puesta a punto y pruebas.

0.2.2 Antecedentes prácticos. En el año de 2010, Alfonso Zapata Guarín y Carlos Mario Chica, de la Universidad Tecnológica de Pereira, desarrollan un brazo robotizado para alimentación y descarga de un sistema de producción de piezas de madera como proyecto de grado para optar al título de Tecnólogo Electricista. Para la solución de este problema utilizan un autómeta programable Simatic-S7, el cual es la unidad central de mando del sistema de taladrado y del brazo robotizado y es el que se encarga de tomar las decisiones para ejecutar los procesos de la manera más eficiente y adecuada.

El sistema de taladrado de piezas está compuesto por tres cilindros neumáticos para sujetar la pieza, perforarla y expulsarla de la máquina. La posición inicial y final de cada cilindro es detectada por medio de sensores electrónicos construidos con base al integrado CNY70. El brazo robotizado se encarga de alimentar el sistema de producción y también de desplazar las piezas ya procesadas a otro lugar. El robot está conformado por un cilindro hidráulico y uno neumático; su posicionamiento es controlado por un encoder incremental el cual está acoplado al eje de un motor de inducción que hace girar el brazo horizontalmente desde su base y la velocidad de giro es controlado por un variador de velocidad.

En este sistema de brazo robotizado para alimentación y descarga de un sistema de producción de piezas de madera, no hay manipulación del operario más que para encenderlo o apagarlo, es decir, el usuario no interviene en el tipo de programación del mismo, pues está diseñado para que solo trabaje con la programación interna del PLC que se le ha dejado.

0.2.3 Objetivos. Este trabajo tiene como objetivo general: Diseñar y simular una máquina perforadora de piezas por medio de PLC (Programable Logic Controller) y un sistema SCADA y los objetivos específicos que se relacionan a continuación:

- Realizar el diseño mecánico de una máquina perforadora de piezas.
- Realizar el diseño eléctrico de una máquina perforadora de piezas.
- Realizar el mando y visualización del proceso de una máquina perforadora de piezas mediante la implementación de un sistema SCADA.
- Realizar el mando y visualización del proceso de una máquina perforadora de piezas mediante la implementación de un PLC.
- Aplicar conocimientos adquiridos a un proceso de producción.

0.2.4 Alcances. El diseño eléctrico y mecánico, además de mímicos en sistema de monitorización, cálculo de variables involucradas en el proceso de perforación, selección de equipamiento eléctrico, electrónico y mecánico, simulación y puesta en marcha del sistema de un correcto funcionamiento, son los alcances del trabajo como tal.

0.2.5 Limitaciones. El límite que se le asigna al diseño de la máquina perforadora de piezas es la simulación de la misma, puesto que con esta se puede demostrar si la fabricación de la maquina es viable o no.

0.2.6 Metodología empleada. La metodología para llevar a cabo el trabajo está basada en la guía GEMA y las normas que conciernen al diseño eléctrico y mecánico de sistemas automatizados. En el trabajo, se aplican las teorías contenidas en este documento para llevar a cabo el diseño tanto eléctrico como mecánico con sus respectivos cálculos y métodos de programación y aplicando las normas que le competen. A su vez, se lleva a cabo la revisión bibliográfica de documentos, libros y páginas web en donde hacen referencia a las acciones de perforado automático de piezas, las cuales se usan para la selección adecuada de los elementos y las tecnologías a utilizar y esto se realiza de acuerdo al diseño elaborado.

El diseño mecánico es realizado utilizando el software SolidWorks 2010, en donde se muestran las características del diseño en los planos del isométrico y las vistas con acotaciones detalladas.

Los cilindros neumáticos y válvulas electro neumáticas, se seleccionan marca FESTO, teniendo en cuenta las cargas que se deben mover y cumplir con los requerimientos que se tienen en el boceto preliminar.

Respecto al diseño eléctrico, este es realizado utilizando el software AutoCad 2010, en donde se muestran las características eléctricas del diseño en los diagramas planos de control y fuerza.

El modo de operación del sistema, se realiza por medio de un PLC marca Siemens CPU 315, la cual junto con módulos de entradas digitales y salidas digitales hace que las acciones que se requieren en el proceso de taladrado sean llevadas a cabo. Las acciones de cada uno de los componentes del diseño (salidas de proceso) y las lecturas que son requeridas (entradas de proceso) son realizadas desde el mímico de control creado, diseñado y simulado en el software WinCC Flexible SP3 2008, en donde se muestran alarmas, estados de los elementos, posición de los cilindros, entre otros.

Para realizar la simulación del diseño electro-neumático del prototipo didáctico para las operaciones de taladrado, se utiliza el programa Automation Studio, versión 3.0.5.

0.2.7 Aplicación. El proyecto de máquina perforadora de piezas tiene aplicación tanto en el campo industrial como en el campo educativo. A continuación se muestran como puede ser aplicada a dichos campos.

0.2.7.1 Industrial. La máquina perforadora de piezas puede ser aplicada al campo industrial puesto que es un proceso sencillo y muy común en las industrias en las que se deba perforar cualquier tipo de piezas, estos procesos pueden ser independientes de otros o formar parte de un proceso total en el que se requiere realizar esta secuencia. Esta máquina no necesariamente aplica a procesos de perforación, puede ser también que en vez de perforar se necesite comprimir, sellar, punzonar, doblar, entre otros.

0.2.7.2 Didáctica. La máquina perforadora de piezas puede ser aplicada al campo didáctico, puesto que es una forma de capacitar, experimentar y aplicar métodos de automatización de procesos aprendidos. De esta forma se puede llevar a una maqueta aplicaciones reales e industriales, en donde la persona que la vaya a usar de modo didáctico tenga la facilidad de programar y diseñar de acuerdo a unas condiciones de entrada dadas.

1 PLANTEAMIENTO DEL DISEÑO

1.1 PLANO DE SITUACIÓN

Se pretende realizar el diseño de una máquina perforadora de piezas la cual pueda ser utilizada por los estudiantes de la facultad de Tecnologías para que puedan aplicar conocimientos adquiridos durante la carrera realizar acciones de mejora a modelo presentado en el año 2010 por los estudiantes Alfonso Zapata Guarín y Carlos Mario Chica de Tecnología Eléctrica de la Universidad Tecnológica de Pereira en lo que tiene que ver con el proceso de alimentación perforación y expulsión de piezas.

1.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Para el diseño de la máquina perforadora de piezas se deben tener en cuenta algunas variables que intervienen en el proceso y que son necesarias para la correcta selección de los equipos tanto mecánicos como eléctricos que componen la máquina como tal. Dichas variables son fuerza, distancia, diámetro, peso, velocidad, corriente eléctrica, tensión de operación, potencia eléctrica.

1.3 GUÍA GEMMA

Teniendo en cuenta la Guía GEMMA se procede a aplicarla al proceso de perforación de piezas mediante sistema SCADA.

A continuación se muestran los pasos establecidos por la Guía GEMMA al proceso de perforación de piezas mediante sistema SCADA.

1. Aspectos generales. (Descripción del proceso). Estando el selector de modos en posición Automático, al estar activo el sensor SP1 y pulsar el botón de marcha, se activa primero el cilindro de alimentación (A), este se queda extraído, se activa el sensor SP2 y se desactiva el sensor SP1. Al desactivarse el sensor SP1 y estar activo el sensor SP3 y SP2, se activa el cilindro de perforación (B) paralelamente con el motor girando hacia la derecha (M+), cuando este cilindro queda totalmente extraído se desactiva el sensor SP3 y se activa el sensor SP4, este se devuelve, el motor deja de girar hacia la derecha y empieza a girar hacia la izquierda (M-), cuando el cilindro de perforación se retrae totalmente se activa el sensor SP3 y se desactiva el sensor SP4, el cilindro de alimentación (A) se devuelve, cuando el cilindro de alimentación se retrae totalmente se desactiva el sensor SP2 y se activa el sensor SP1, al activarse el sensor SP1 nuevamente y estar activo el sensor SP5, el cilindro de expulsión (C) se activa, sacando la pieza del sistema de perforación ya perforada, al extraerse totalmente se desactiva el sensor SP5 y se activa el sensor SP6, al activarse el sensor SP6 inmediatamente se devuelve el cilindro de expulsión (C) se desactiva el sensor SP6 y se activa nuevamente el sensor

SP5, el contador cuenta una unidad al terminar este ciclo de producción quedando todos los cilindros en sus posiciones iniciales. Si el botón de marcha aún se encuentra activo el sistema realiza nuevamente el ciclo, si de lo contrario, el botón de marcha no continúa pulsado, el sistema se quedará en condiciones iniciales esperando a que nuevamente lo active para un nuevo ciclo de producción.

En la Figura 18 y la Figura 19, se muestra el GRAFCET de producción de nivel 1 (Nivel Descriptivo) del sistema en modo Automático y manual respectivamente.

2. Selección de los elementos del proceso. Este paso se ha desarrollado en los ítems 1.3.1 (Diseño Mecánico) y 1.3.2 (Diseño Eléctrico), en donde de acuerdo a los cálculos realizados se han seleccionado los elementos que componen el sistema.

3. GRAFCET de producción de segundo nivel (tecnológico y operativo). En las Figuras 20 y 21, se muestra el GRAFCET de producción de segundo nivel (operativo), del sistema en modo automático y manual respectivamente.

4. Estudio de los diferentes estados de GEMMA. A continuación se muestra la aplicación de los modos o estados de funcionamiento en base a la Guía GEMMA.

Proceso en parada. A continuación se muestra la aplicación del proceso de parada de dicha guía al sistema de perforación.

A1: Parada en el estado inicial. Para que el proceso se encuentre en este modo de funcionamiento, es necesario que los tres cilindros (Alimentación, Perforación y Expulsión) se encuentren retraídos y que el motor no se encuentre activo en ningún sentido. Este es el modo en reposo del sistema.

A2: Parada pedida al final del ciclo. Cuando la máquina se encuentra realizando un ciclo normal de producción, para pasar el sistema a este modo de parada se debe quitar el enclavamiento del botón de Marcha pulsándolo nuevamente.

A3: Parada pedida a un estado determinado. Para que el sistema realice este modo de parada, es necesario pulsar el botón de Stop. Al pulsar este botón se para la acción que se estaba ejecutando y se renueva la acción cuando se vuelve a pulsar dicho botón.

A4: Parada obtenida. Para que el sistema realice este modo de parada, es necesario pulsar el botón de Stop. Al pulsarse dicho botón el sistema realizará la acción del estado en donde se ha decidido parar.

A5: Preparación para la puesta en marcha después del defecto. Después de ocurrir un defecto en el ciclo se generará una alarma y hasta que esta no haya sido reseteada el sistema no volverá al estado anterior en el que se encontraba.

A6: Puesta en marcha del sistema en estado inicial. Para que el sistema se encuentre en este modo, es necesario que se haya pulsado el Paro de emergencia, al ser pulsado el paro de emergencia el sistema volverá a las

posiciones iniciales y esperando a que sea pulsado nuevamente el botón de marcha para continuar normalmente con la producción.

A7: Puesta del sistema en un estado determinado. Este modo de funcionamiento se puede realizar estando en la maquina con el selector de modos en posición manual.

Proceso en Funcionamiento. A continuación se muestra la aplicación del proceso de funcionamiento de dicha guía al sistema de perforación.

F1: Producción Normal. Para que el proceso se encuentre en este modo de funcionamiento, es necesario que exista pieza en el depósito, que el selector de modos se encuentre en posición Automático y que haya sido pulsado el botón de Marcha. (Este es el estado predominante del sistema).

F2: Marcha de preparación. Para que el proceso se encuentre en este modo de funcionamiento, es necesario que los cilindros estén retraídos, que el selector de modos se encuentre en posición Automático, que exista pieza en el depósito y que tanto el botón de Parada de emergencia como el de stop no se encuentren pulsados.

F3: Marcha de cierre. Para este proceso no aplica este modo de funcionamiento.

F4: Marchas de verificación sin orden. Para que el proceso se encuentre en este modo de funcionamiento, es necesario que el selector de modos se encuentre en posición Manual. En este modo el operador elige la acción que desee realizar por medio de los botones en pantalla.

F5: Marcha de verificación con orden. Para este proceso no aplica este modo de funcionamiento.

F6: Marchas de prueba. Para que el proceso se encuentre en este modo de funcionamiento, es necesario que el selector de modos se encuentre en posición Manual. En este modo el operador elige la acción que desee realizar por medio de los botones en pantalla y de acuerdo al funcionamiento se podrán ajustar los elementos componentes del sistema.

Proceso en Defecto. A continuación se muestra la aplicación del proceso en defecto de dicha guía al sistema de perforación.

D1: Parada de emergencia. Al ser pulsado el Paro de emergencia, el sistema regresara a las condiciones normales o de reposo.

D2: Diagnostico y/o tratamiento de fallos. El sistema luego de haberse generado un defecto o fallo mostrara una señal de alarma en pantalla indicando que se encuentra en defecto, para luego de ser solucionada, ser reseteada y continuar con el funcionamiento en el que se encontraba.

D3: Producción a pesar de los defectos. En el sistema no se aplica este modo de funcionamiento, debido a que cualquiera de los elementos que componen la maquina son de vital importancia para el funcionamiento habitual de la misma.

5. Caminos de evolución entre los distintos estados. El sistema de perforación de piezas propuesto, es un sistema secuencial en el que las salidas en cada instante no dependen sólo de las entradas en aquel instante sino que también

dependen de los estados anteriores y de su evolución, es decir, que antes de que la etapa posterior se realice efectivamente, la anterior debe haberlo hecho de igual forma.

6. Diseño de los elementos que componen el pupitre del operador y su ubicación. En la Figura 38, se muestra el diseño del mímico con el que mantendrá interactuando el operador del sistema. En este se encuentran las indicaciones, botones, alarmas, eventos y acciones para la respectiva supervisión del funcionamiento del sistema.

7. Definición de las condiciones de evolución entre los distintos estados. Las condiciones del sistema de perforación de piezas para pasar entre estados, están basadas en las señales de los sensores que son las que indican el posicionamiento de cada uno de los cilindros y del estado de los pulsadores y/o botones que hacen parte del proceso.

8. Preparación del GRAFCET completo de segundo nivel a partir del de producción representado antes y después de la GEMMA. En la Figura 22 y Figura 23, se muestra el GRAFCET de producción de tercer nivel del sistema en modo automático y manual respectivamente, el cual es diseñado a partir del GRAFCET de nivel 2.

9. Elección de la tecnología de control (número de autómatas programables, tipo de entradas y salidas, entre otros). Este paso se ha desarrollado en los ítems 1.3.1 (Diseño Mecánico) y 1.3.2 (Diseño Eléctrico), en donde de acuerdo a los cálculos realizados y necesidades presentadas, se han seleccionado los elementos que componen el sistema.

10. Representación del GRAFCET de tercer nivel concreto (a nivel de autómatas). Este paso se muestra en la Figura 32 hasta la Figura 37 en donde se puede observar el programa a nivel de autómatas (incluido el GRAFCET) y elaborado para el funcionamiento del sistema de perforación de piezas adecuadamente.

11. Instalación, implementación, puesta a punto y pruebas. Para el sistema de perforación de piezas propuesto en este documento, no aplica el paso de la instalación, pues el alcance del mismo es diseñar y simular una máquina perforadora de piezas por medio de PLC (Programable Logic Controller) y un sistema SCADA. La implementación, la puesta a punto y las pruebas si aplican desde el punto de la simulación, pues el software de edición y el de programación del control del sistema lo permiten. En el ítem 1.7 (Simulación) se pueden observar las simulaciones realizadas al sistema, en la que también se muestran las alarmas, eventos, acciones e indicaciones de cada uno de los elementos que componen el proceso de perforación.

Figura 18. GRAFCET de primer nivel (Descriptivo), del proceso en modo automático (Autores)

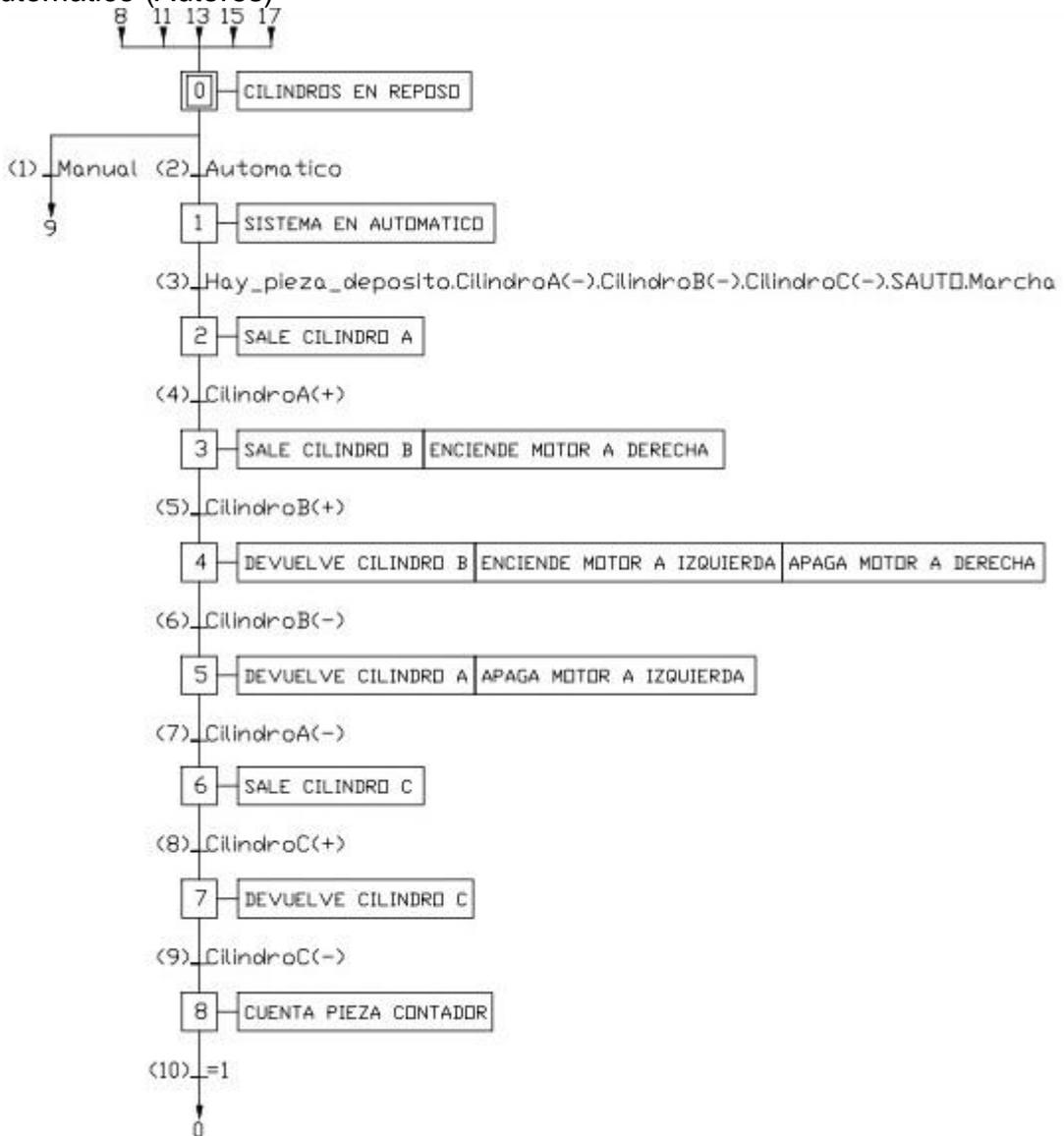


Figura 19. GRAFCET de primer nivel (Descriptivo), del proceso en modo manual (Autores)

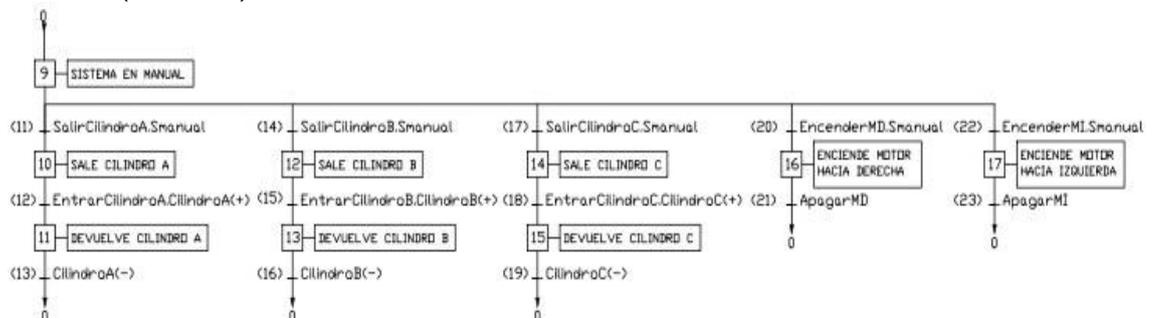


Figura 20. GRAFCET de segundo nivel (Operativo), del proceso en modo automático (Autores)

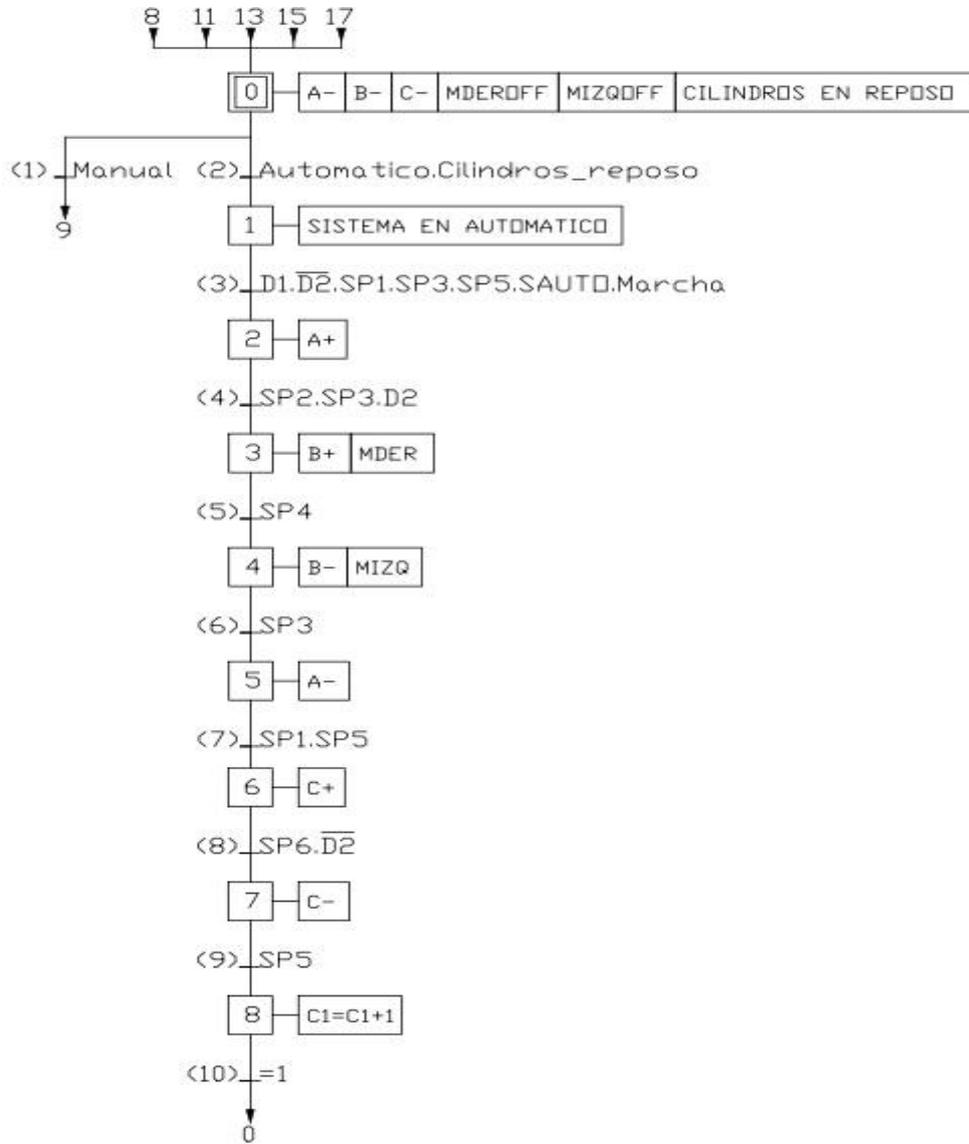


Figura 21. GRAFCET de segundo nivel (Operativo), del proceso en modo Manual (Autores)

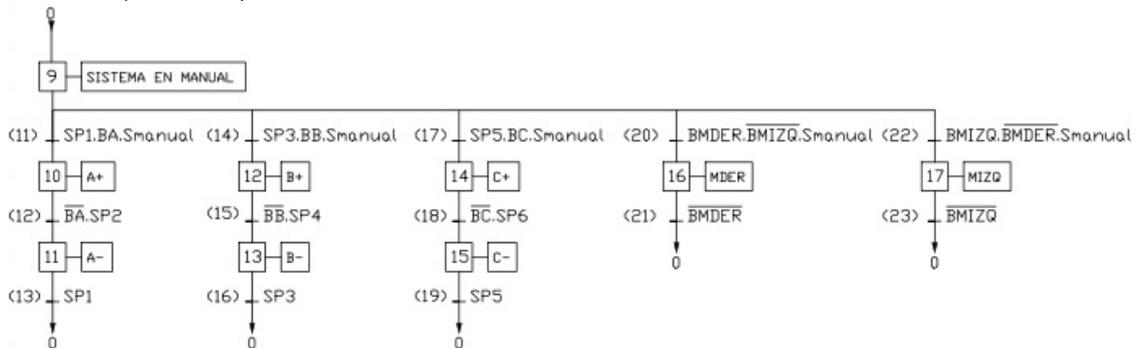


Figura 22. GRAFCET completo de segundo nivel a partir del de producción representado antes y después de la GEMMA, del proceso en modo Automático (Autores)

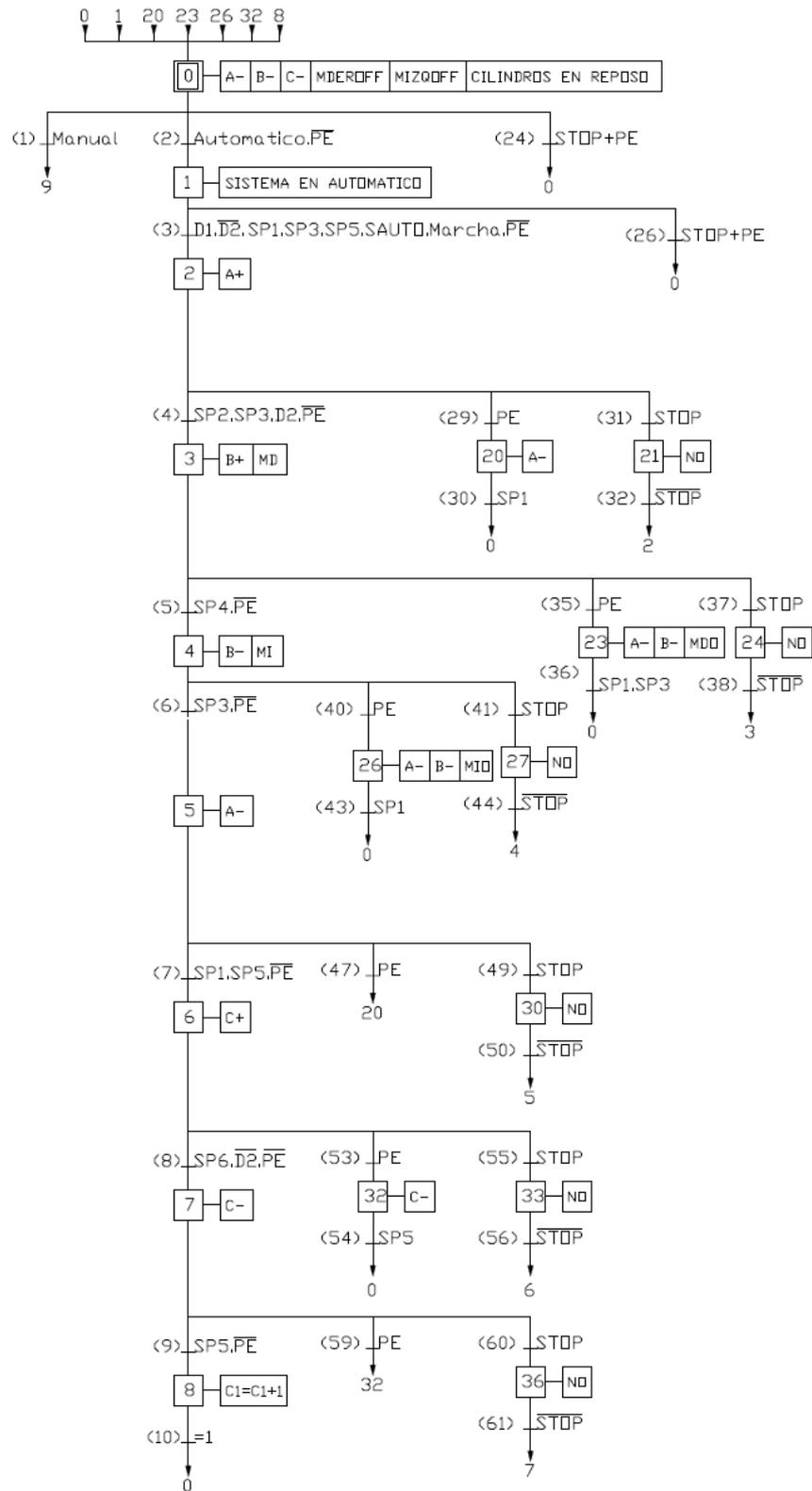
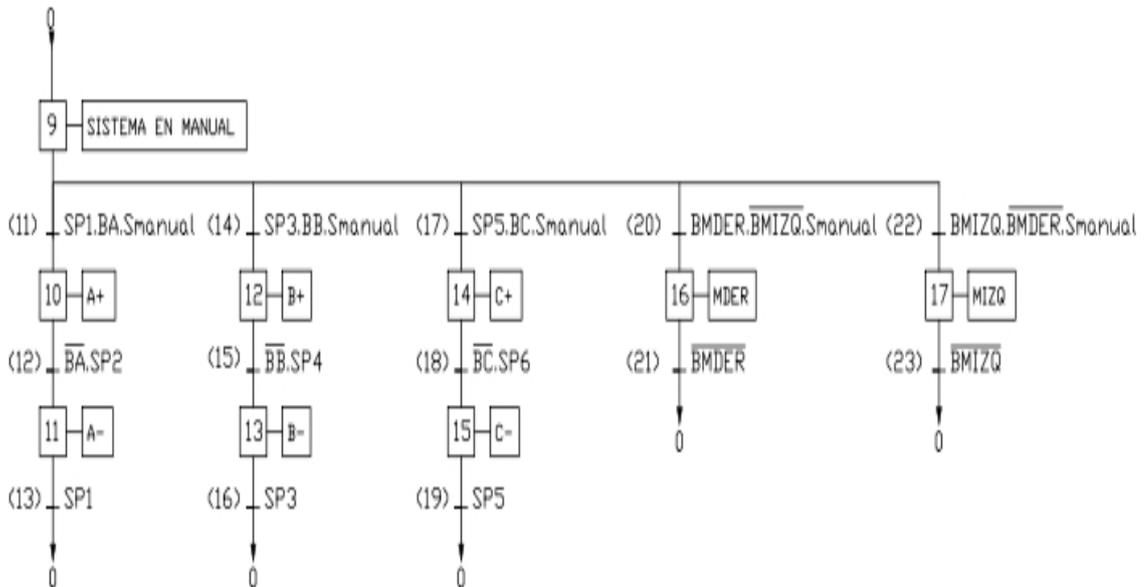


Figura 23. GRAFCET completo de segundo nivel a partir del de producción representado antes y después de la GEMMA, del proceso en modo Manual (Autores)



1.4 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

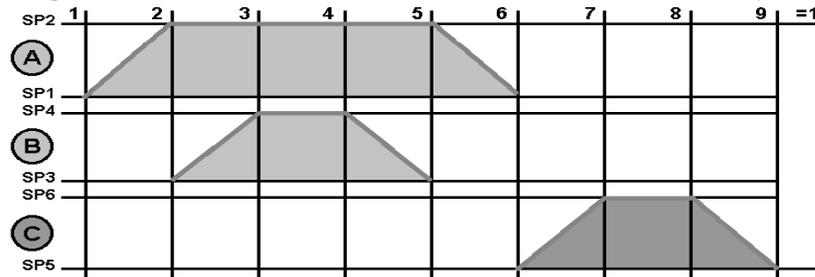
Para el cálculo y posterior selección de componentes de la máquina perforadora de piezas es necesario tener claro cuál es el funcionamiento que deberá tener dicha máquina y de acuerdo a esto un boceto previo del diseño final.

1.3.1 Diseño mecánico. El diseño mecánico ha sido realizado teniendo como base las normas NTC1777, NTC1960, NTC2527 e IEC6061. La simbología, cotas, vistas, rótulos, entre otros, han sido creadas y/o usadas basadas en normas.

1.3.1.2 Diagrama de movimiento de cilindros neumáticos. El diagrama de movimiento de los cilindros neumáticos que se muestra en la Figura 24, es la secuencia de activación de cada uno de los cilindros del sistema. La secuencia es la siguiente:

Se activa primero el cilindro de alimentación (A), este se queda extraído. Luego se activa el cilindro de perforación (B) paralelamente con el motor girando hacia la derecha (M+), cuando este cilindro queda totalmente extraído, este se devuelve, el motor deja de girar hacia la derecha y empieza a girar hacia la izquierda (M-), cuando el cilindro de perforación se retrae totalmente, el cilindro de alimentación (A) se devuelve, cuando el cilindro de alimentación se retrae totalmente, el cilindro de expulsión (C) se activa, sacando la pieza del sistema de perforación ya perforada, al extraerse totalmente inmediatamente se devuelve, quedando todos los cilindros en sus posiciones iniciales.

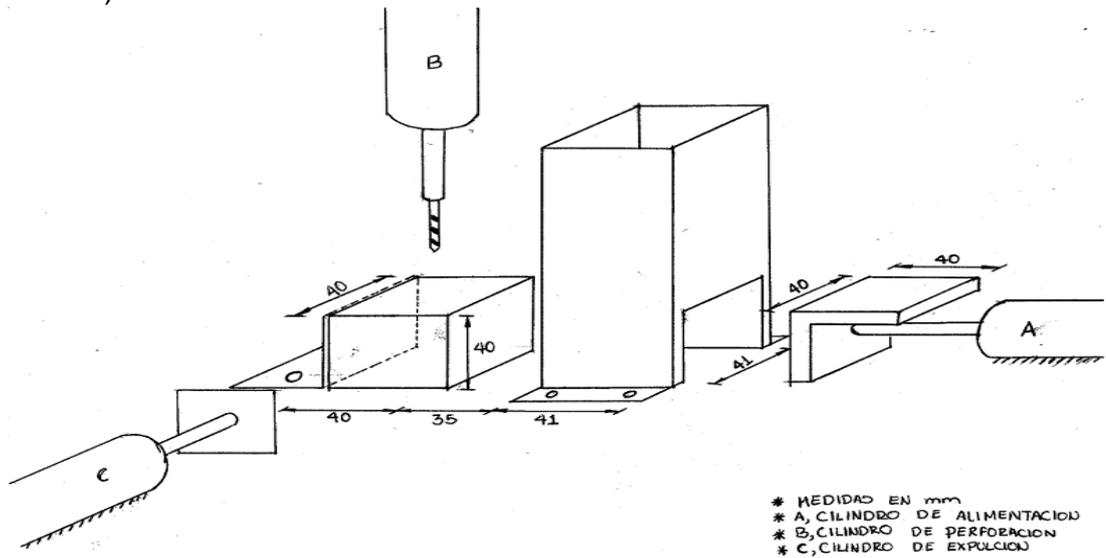
Figura 24. Diagrama de movimiento de actuadores neumáticos (Autores)



1.3.1.1 Boceto preliminar para el diseño final del sistema de taladrado. Toda idea de diseño debe estar acompañada por un boceto preliminar, el cual deberá contener si no son todas, las condiciones de entrada del diseño más importantes, para de allí empezar a pensar en un diseño final funcional que cumpla con todos los requerimientos del proceso determinado.

La Figura 25 muestra el boceto preliminar, para el sistema de perforado de piezas. Esto teniendo en cuenta el diagrama de movimientos que se requieren para el funcionamiento del sistema. (Ver Figura 24)

Figura 25. Boceto preliminar para el diseño de máquina perforadora de piezas (Autores)

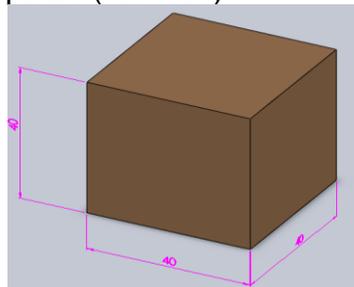


A continuación se muestran los cálculos previos a la selección de componentes que hacen parte de la máquina perforadora de piezas.

1.3.1.3 Cálculos previos a la selección de actuadores neumáticos. Teniendo pleno conocimiento de los movimientos que deberán realizar los actuadores neumáticos, se procede a realizar el cálculo de fuerzas para la selección de dichos cilindros, además de válvulas. Tomando como referencia el diagrama de movimientos visto anteriormente. (Ver Figura 24).

Fuerza que ejerce el peso de la madera. Las dimensiones de la pieza de madera son: (alto x ancho x profundo) (40x40x40) mm, y se muestran en la Figura 26.

Figura 26. Dimensiones de pieza (Autores)



$$F = m \cdot g \quad (1)$$

F: fuerza [N]

M: masa [Kg]

G: gravedad [m/s²]

Para calcular el peso de la pieza de madera, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

ρ = densidad

M: masa [Kg]

V: volumen que ocupa la madera

De ecuación 2 se despeja m, quedando la siguiente ecuación:

$$m = \rho \cdot v \quad (3)$$

El valor de la densidad de la madera de cedrillo, se extrae de la tabla (ver Anexo 18) con un contenido de humedad del 12%.

$$\rho_m = 1025 \frac{kg}{m^3} \quad (4)$$

Despejando V de la ecuación 3, se tiene que:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (5)$$

Reemplazando el valor del volumen en ecuación 5 y convirtiendo el valor en unidades de metros cúbicos [m³]

$$V = (4 \times 4 \times 4) \text{cm}^3 \cdot \frac{1 \text{m}^3}{(100 \text{cm})^3}$$

$$V = 0,064 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

Puesto que el cilindro tendrá una pieza de igual tamaño en su saliente, se debe multiplicar el valor del volumen de la pieza por dos (2). Entonces se tiene que:

$$V_m = 2 \times (0,064 \times 10^{-3} \text{m}^3)$$

$$V_m = 0,128 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

Reemplazando el valor del volumen y la ecuación 4 en ecuación 3, se tiene que:

$$m = 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,128 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

$$m = 0,1312 \text{kg}$$

Teniendo en cuenta la masa de la madera, se procede a calcular la fuerza ejercida, y para ello se utiliza la ecuación 1.

$$F = (0,1312 \text{kg}) \cdot \left(\frac{9,81 \text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$F = 1,2870 \text{N}$$

Teniendo en cuenta las fuerzas que deben superar los cilindros, se procede a calcular el diámetro del pistón del cilindro.

$$P = \frac{F}{A}$$

(6)

P: presión de trabajo de los actuadores, la cual es de 90 PSI (6 bar) (ver Anexo 23)

F: Fuerza que se debe vencer

A: Área del cilindro

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

(7)

A: Área del pistón del cilindro

D: Diámetro del pistón

Reemplazando la ecuación 6 en la ecuación 5, se tiene que:

$$P = \frac{4F}{\pi \cdot D^2}$$

(8)

De la ecuación 8, se despeja D y se tiene que:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot P}}$$

(9)

Para calcular el valor del diámetro, se hace necesario convertir la presión de trabajo de los cilindros, la cual se ha dicho que tiene un valor de 90 PSI (6 bar) en unidades de libras sobre pulgada cuadrada [lb/In²], por lo tanto se tiene que:

$$P = 90 \frac{lb}{In^2}, \text{ que en pascuales es igual a } 620528,15$$

Teniendo el valor de la presión de trabajo y reemplazando el valor calculado de fuerza en la ecuación 9, se procede a calcular el diámetro.

$$D = 1,6254mm$$

Este es el diámetro mínimo que deberá tener el cilindro, necesario para mover la pieza. Se debe tener en cuenta que el diámetro calculado no es comercial; debido a esto se selecciona un pistón con diámetro de 12mm.

En la figura 18, se muestran las distancias que deberán recorrer los cilindros. De acuerdo a esto, y teniendo el valor del diámetro seleccionado, se selecciona el cilindro del manual de cilindros normalizados FESTO (ver Anexo 20)

Selección de cilindro para alimentación. El cilindro seleccionado es de referencia DSNU-12-100-P-A, el cual tiene un diámetro de pistón de 12mm y es magnético, una carrera de 100mm, con anillos elásticos en ambos lados. (Ver Anexo 24)

Este cilindro se utilizara en el sistema, para realizar la función de alimentación de las piezas a la posición de perforación.

Selección de cilindro para expulsión de pieza del sistema. La referencia del cilindro seleccionado para la acción de alimentar, también servirá para el cilindro que llevara a cabo la función de expulsar la pieza. Por lo tanto el sistema contara con dos (2) cilindros de referencia DSNU-12-100-P-A.

Para verificar si el vástago es capaz de mover la pieza sin sufrir pandeo, se calcula el pandeo del vástago.

$$F_p = \frac{\pi^2 E.I}{L_p^2} \tag{10}$$

F_p: Carga de pandeo

E: Modulo de elasticidad del acero

I: Momento de inercia

L_p: Longitud de pandeo

El valor de la elasticidad del acero se encuentra en la tabla de valores de elasticidad (ver Anexo 21), entonces se tiene que:

$$E = 2,1 \times 10^{11} \frac{N}{m^2} \tag{11}$$

Se debe calcular el momento de inercia:

$$I = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \quad (12)$$

I: Momento de inercia

D: Diámetro del vástago

El valor del diámetro de vástago se selecciona de tabla (ver Anexo 25), el cual viene por diseño de 6mm. Entonces, reemplazando el valor del diámetro del vástago en la ecuación 12, se tiene que:

$$I = 6,3617 \times 10^{-11} m^4$$

Para el cálculo de la longitud de pandeo, se tiene que:

$$L_p = 2 \cdot L \quad (13)$$

L: Longitud del vástago del cilindro

Por selección del cilindro, se tiene que la longitud del vástago es de 100mm, es decir 0,1 m; entonces reemplazando este valor en la ecuación 13, se obtiene que:

$$L_p = 2 \cdot (0,1m)$$

$$L_p = 0,2m$$

Entonces, teniendo el valor del momento de inercia, la longitud de pandeo y el módulo de elasticidad del acero, se reemplazan en la ecuación 10 y se obtiene el valor de la fuerza de pandeo.

$$F_p = 827,1703N$$

De la ecuación 6, se despeja la fuerza (F), y se tiene que:

$$F = P \cdot A \quad (14)$$

Para calcular la fuerza que realiza el cilindro, se reemplaza el valor de la presión de trabajo del cilindro y el valor del diámetro del pistón, de acuerdo a la selección del cilindro en la ecuación 14.

$$F = 620528,15 \frac{N}{m^2} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (0,1m)^2$$

$$F = 48,73N$$

Esta es la fuerza que realiza el cilindro seleccionado, como este valor es mayor a la fuerza de pandeo calculada, significa que el vástago soportara la fuerza de pandeo y no sufrirá deformación. Por lo tanto, se puede decir que el cilindro seleccionado cumple con los requisitos del diseño de la máquina perforadora de piezas.

Selección de cilindro para perforar pieza en el sistema. Para la selección del cilindro que llevara a cabo la función de movilizar el motor que perforara la pieza, será de referencia diferente a los anteriormente seleccionados. Esto,

debido a que éste deberá tener características apropiadas para el acoplamiento del motor eléctrico.

Para la selección de este cilindro, se deberá tener en cuenta la fuerza que deberá ejercer el vástago para mover el motor en posición vertical.

De acuerdo al motor eléctrico seleccionado, el cual tiene una masa de 390g, es decir 0,39kg, se calcula la fuerza ejercida por el peso del motor (ver Anexo 19) .

Reemplazando el valor de la masa del motor en la ecuación 1, se tiene que:

$$F_{motor} = 0,39kg \left(9,81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$F_{motor} = 3,82N$$

Utilizando la ecuación 9, se calcula el diámetro del pistón para este cilindro.

Reemplazando el valor de la fuerza ejercida por el motor y la presión de trabajo en la ecuación 9, se calcula el diámetro del pistón para este cilindro:

$$D = 2,88mm$$

El diámetro mínimo del pistón que es necesario para mover una carga de 0,39kg (masa del motor eléctrico seleccionado), tiene un valor de 2,88mm. Como este valor de diámetro de pistón no es comercial, se selecciona uno de 12mm. En la Figura 25, se muestran las distancias que deberá recorrer el cilindro para realizar la acción de perforar.

De acuerdo a esto, y teniendo el valor del diámetro calculado, se selecciona el cilindro del manual de cilindros normalizados FESTO (ver Anexo 22) de referencia DGC-12-125-P-A, cuyas características es ser un actuador lineal con un diámetro de pistón magnético de 12mm, carrera de 125mm y con amortiguación elástica.

1.3.1.4 Cálculos previos a la selección de válvulas neumáticas. Teniendo ya las referencias de los actuadores a utilizar y con éstas sus características de operación, se procede a seleccionar las referencias de las electroválvulas que accionarán los actuadores neumáticos.

Primero se debe calcular el volumen del cilindro en un ciclo completo.

$$V = AxL \tag{15}$$

V: Volumen

A: área

L: longitud

Reemplazando ecuación 7 en ecuación 15, se tiene:

$$V = \left[\left(\frac{\pi}{4} D^2 \right) + \left(\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \right) \right] x L \quad (16)$$

Reemplazando los datos de cilindro se tiene que:

$$V = 0,012457 Lt$$

Teniendo en cuenta perforar cuatro piezas (4) en un (1) minuto, se calcula el consumo de aire:

$$Consumo_{Aire} = \frac{n_{Ciclos}}{\text{min}} \cdot V_{Aire} \quad (17)$$

$$Consumo_{Aire} = 0,0622 \frac{Lt}{\text{min}}$$

Selección de válvulas para cilindros de alimentación y expulsión. Debido a que el caudal nominal en el cilindro A y C es tan bajo, se selecciona en la guía de productos FESTO, una válvula que funcione con el caudal calculado.

De acuerdo a la guía FESTO (Ver Anexo 26), se selecciona la válvula con la siguiente referencia: VUVG-S-10A-M52-M- -H-Q3-U-1-P3-R-L.

Selección de válvula para cilindro de perforación (B)

$$V = 2x \left(\frac{\pi}{4} D^2 \right) x L \quad (18)$$

Reemplazando los datos del cilindro de perforación seleccionado anteriormente, se tiene que:

$$V = 28274,33 mm^3$$

Ahora, reemplazando el volumen del cilindro de perforación en la ecuación 17, se tiene que:

$$Consumo_{Aire} = 0,1131 \frac{Lt}{\text{min}}$$

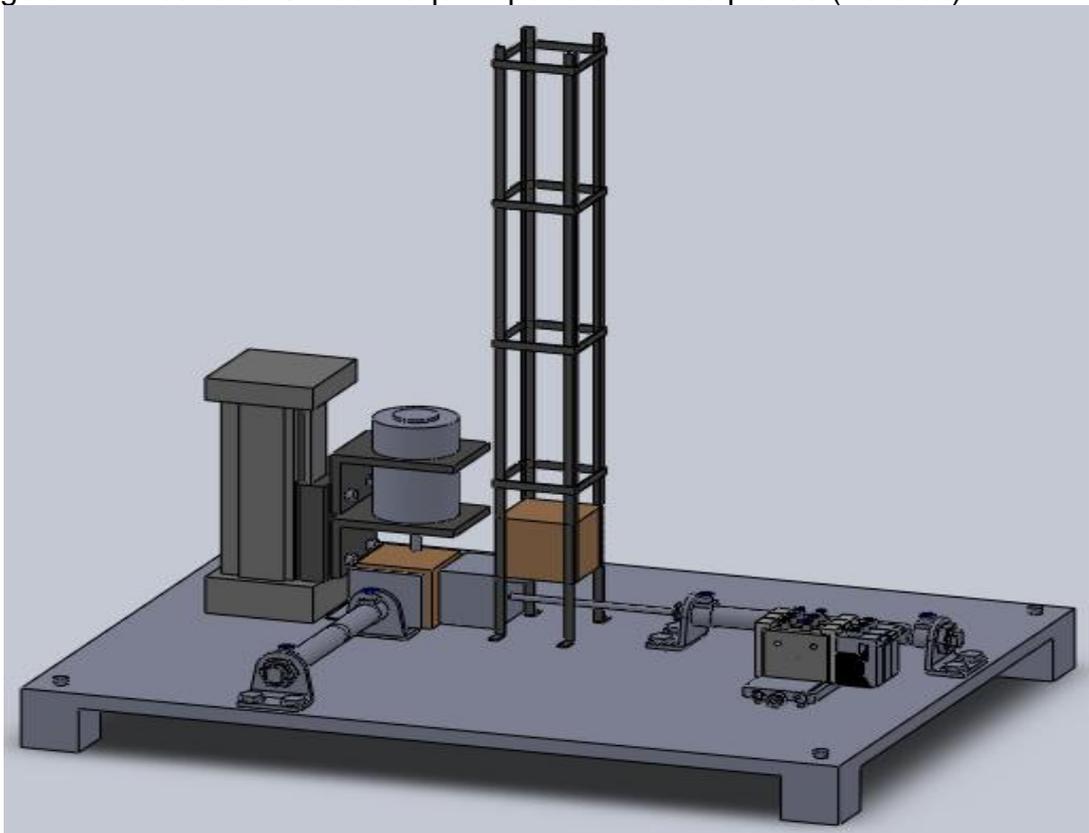
De acuerdo con el resultado obtenido se selecciona la válvula del catálogo de Festo con referencia VUVG-S-10A-M52-M- -H-Q3-U-1-P3-R-L. Esta válvula es utilizada en caudales nominales relativamente bajos (90-780 L/min)

Selección de válvula reguladora de caudal. Para la selección de la referencia de las válvulas reguladoras de caudal, se utiliza el catálogo de Festo, el cual indica la válvula reguladora de acuerdo al diámetro de la tubería neumática a emplear y el tipo de rosca que tiene el cilindro seleccionado previamente. Para el caso del sistema de perforado, los cilindros seleccionados tienen una rosca M5 y la tubería a emplear es de 6 mm; por lo tanto, la referencia de la válvula en mención según dicho catalogo es GRLA-M5-QS-6-D.

Como el sistema de perforado, se compone de tres (3) cilindros neumáticos, todos con rosca M5 y se desea regular la velocidad de los cilindros en los dos (2) recorridos, se usaran un total de seis (6) válvulas de estas, dos (2) por cada cilindro.

1.3.1.5 Diseño mecánico final. Teniendo ya todas las referencias de los equipos y/o dispositivos electroneumáticos y eléctricos seleccionadas (ver ítems 1.3.1 de este documento), que harán parte del diseño para el sistema de taladrado, se procede a realizar dicho diseño con dimensiones, cotas, vistas, entre otras; y aplicando las normas de dibujo técnico, en el software SolidWork Versión 2010. (Ver Figura 27).

Figura 27. Diseño en 3D de máquina perforadora de piezas (Autores)



En la Figura 28 a la Figura 31 se muestran detalles del isométrico del sistema de perforado.

Figura 28, Isométrico del diseño mecánico final (Autores)

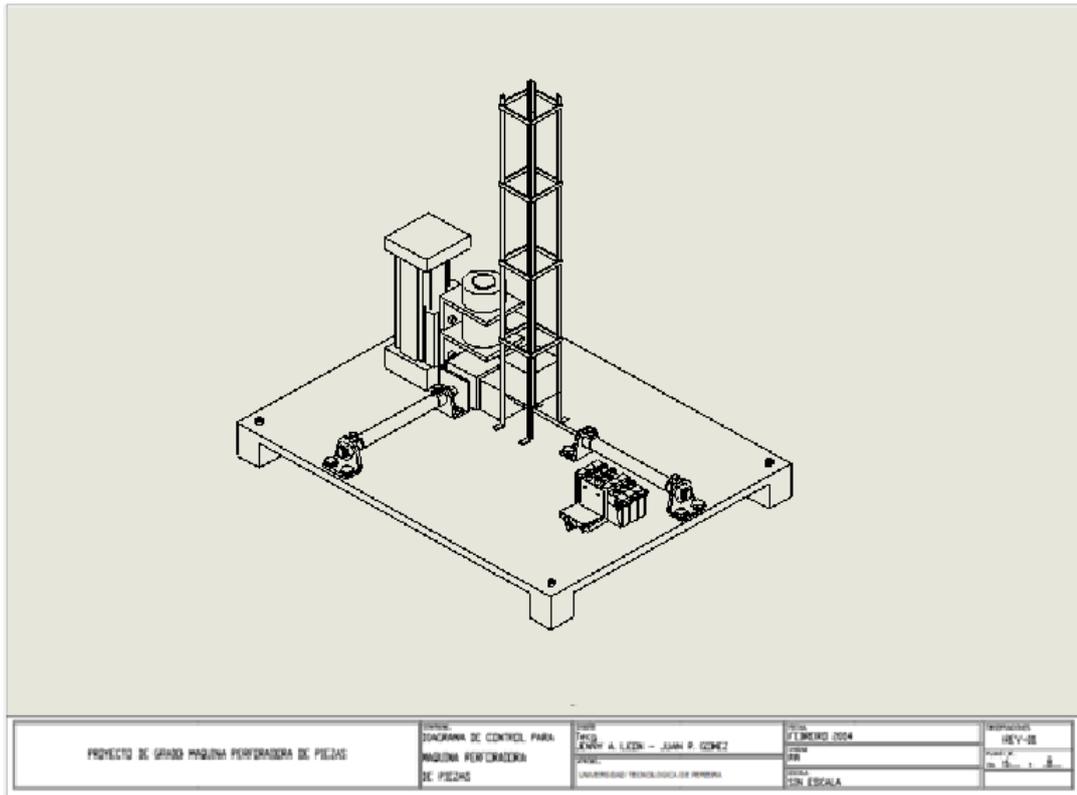


Figura 29. Vista frontal del diseño mecánico final (Autores)

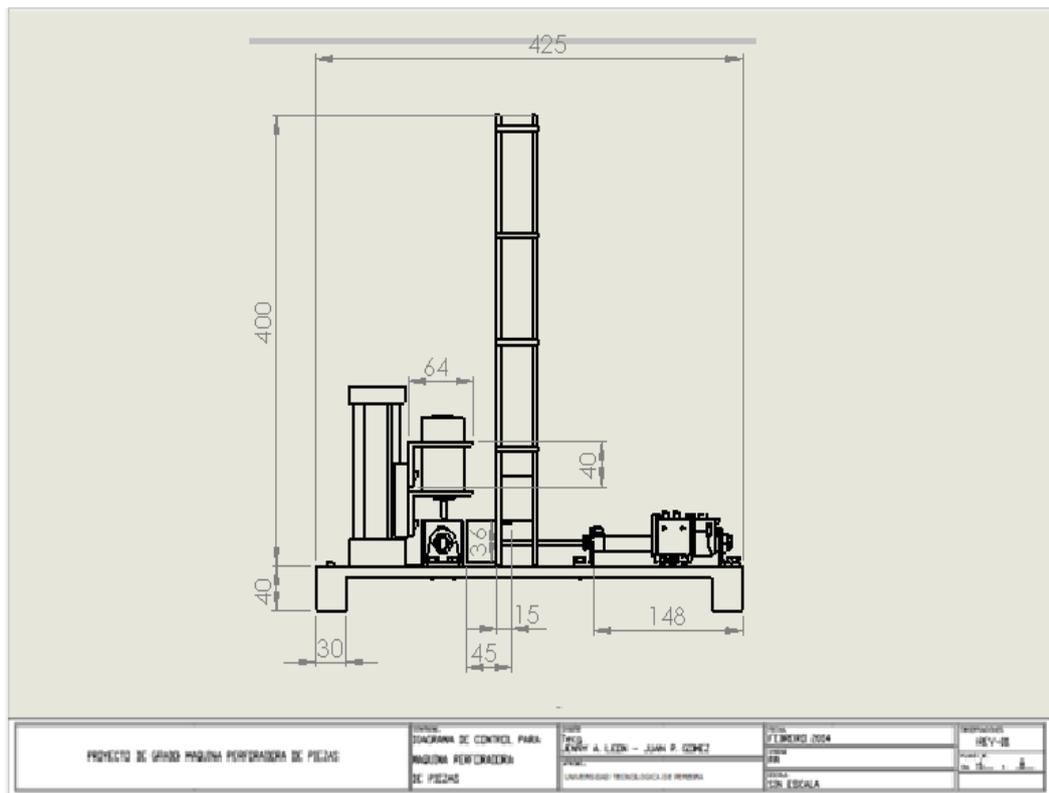


Figura 30. Vista superior del diseño mecánico final (Autores)

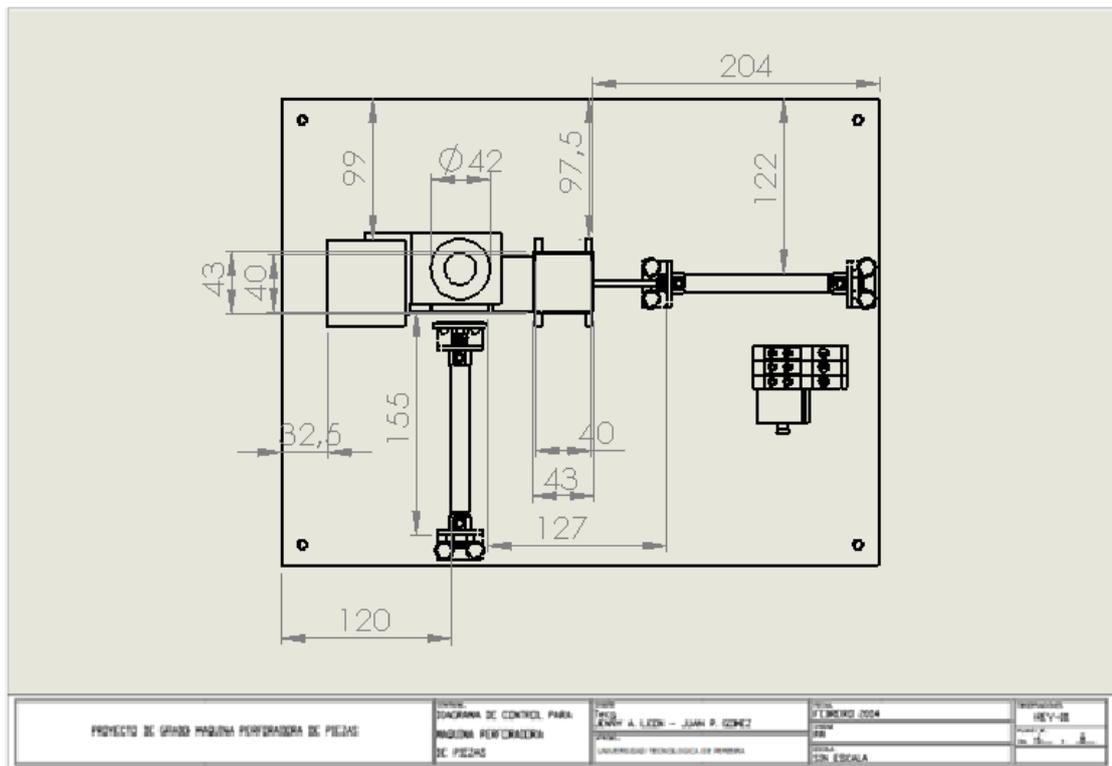
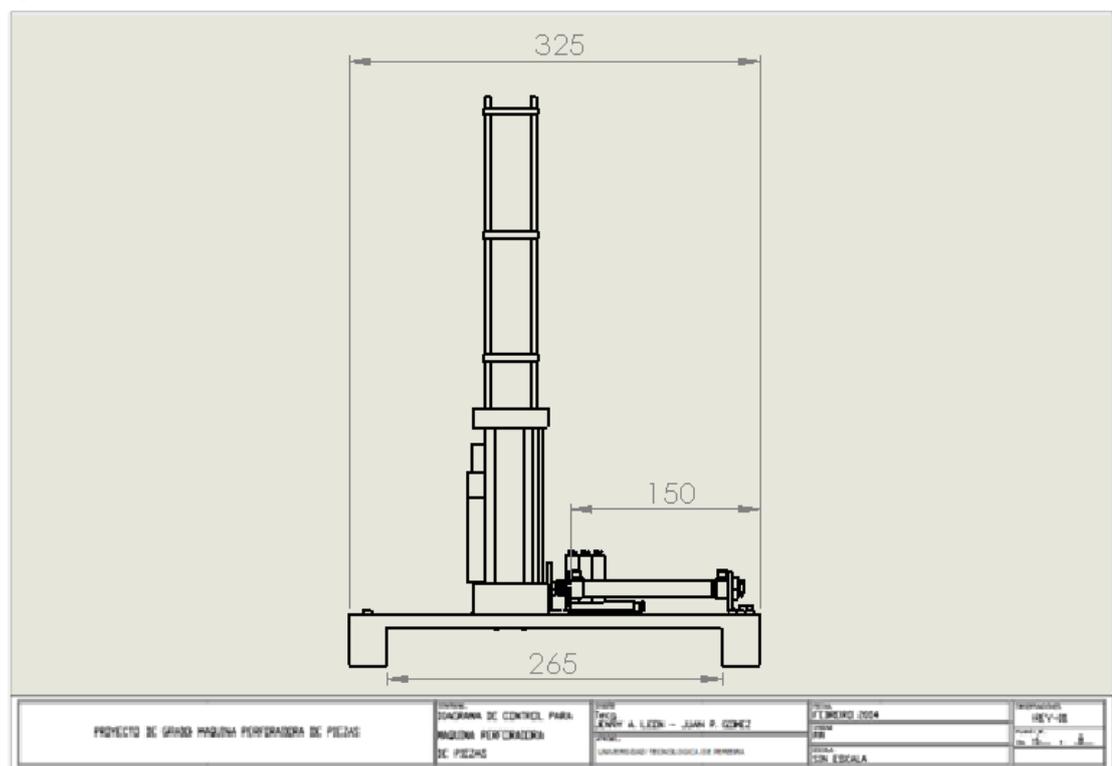


Figura 31. Vista lateral del diseño mecánico final (Autores)



1.3.2 Cálculo de componentes eléctricos. A continuación se muestra la selección de equipos que conforman la parte de automatización del proceso de taladrado, además de cálculos de los valores para las protecciones eléctricas de los equipos que hacen parte del diseño total de la máquina perforadora.

1.3.2.1 Selección de módulo de entradas digitales. La primera medida para la buena selección de un módulo de entradas, es tener el número total de elementos que serán parte de las entradas para el sistema determinado.

Para el caso del sistema de perforado, las entradas son las siguientes:

- Una entrada para la posición en la cual el sistema se encuentra en manual.
- Una entrada para la posición en la cual el sistema se encuentra en automático.
- Una entrada para el botón de paro de emergencia.
- Dos entradas para los sensores de proximidad capacitivos que hacen parte del cilindro de alimentación. (Una para la posición retraída y otra para la posición extraído).
- Dos entradas para los sensores de proximidad capacitivos que hacen parte del cilindro de perforación. (Una para la posición retraída y otra para la posición extraído).
- Dos entradas para los sensores de proximidad capacitivos que hacen parte del cilindro de expulsión. (Una para la posición retraída y otra para la posición extraído).
- Una entrada para el sensor que censa la existencia de pieza en la bodega.
- Una entrada para el sensor que censa la existencia de pieza en posición de perforar.

Como los requerimientos que se necesitan cumplir en el sistema de perforado son de estados todo o nada, es decir está o no esta, se necesitan entradas digitales. Debido a esto, el modulo que se requiere debe ser de entradas digitales.

En total se necesitan once (11) entradas digitales.

Los módulos de entradas digitales son comercialmente de múltiplos de dos (2), es decir, de 2, 4, 8, 16, 32, etc. Como el sistema tiene once (11) entradas digitales, es suficiente con un módulo de dieciséis (16) entradas digitales.

Por lo tanto, se selecciona un módulo de dieciséis (16) entradas digitales de referencia 6ES7321-7BH01-0AB0 (ver Anexo 14).

1.3.2.2 Selección del módulo de salidas digitales. Al igual que para la selección del módulo de entradas digitales, se debe hacer el conteo de elementos a los cuales se requieren activar, en el caso del sistema de perforado, las salidas serán:

- Una salida para activar la electroválvula del cilindro de alimentación.
- Una salida para activar la electroválvula del cilindro de perforación.
- Una salida para activar la electroválvula del cilindro de expulsión.

- Dos salidas para activar el movimiento del motor. Una para activar el relé que gira el motor hacia la derecha y otra para activar el relé que gira el motor hacia la izquierda.

En total, el sistema requiere cinco (5) salidas. Como el tipo de salida que se requiere es funciona o no funciona, entonces el tipo de salida es digital.

Al igual que los módulos de entradas digitales, los módulos de salidas digitales están dadas por múltiplos de dos (2). En este caso es suficiente con un módulo de ocho (8) salidas digitales.

Por lo tanto se selecciona el módulo de ocho (8) salidas digitales de referencia 6ES7322-1BF01-0AA0 (ver Anexo 15)

1.3.2.3 Selección CPU para el sistema de PLC. Para la selección de la CPU en los sistemas de PLC, se deben tener en cuenta los requerimientos que se deseen suplir, se selecciona de acuerdo a la capacidad de memoria, tiempos de respuesta o de procesamiento, cantidad de puertos de comunicación, tipo de puertos de comunicación, velocidad de los puertos de comunicación, tensión de alimentación, entre otros. Dicha selección depende más de la complejidad del sistema o de la aplicación que se desee controlar.

Para el caso del sistema de taladrado, se selecciona la CPU de referencia 6ES7315-2EH14-0AB0 (ver Anexo 16), la cual cumple con los requerimientos del sistema de taladrado, es robusta y además muy comercial.

1.3.2.4 Selección de fuente de alimentación para el PLC. Para la selección de la fuente de alimentación para todos los módulos que hacen parte del PLC, se deben verificar las corrientes de consumo de cada uno, teniendo al final la suma de todas las corrientes de consumo de los mismos. (Ver Anexo 14, Anexo 15 y Anexo 16) para verificar datos de corriente de consumo en las hojas de datos de cada módulo).

Entonces se tiene que la corriente total de consumo es de 4,15A.

Por lo tanto, se deberá seleccionar una fuente que sea capaz de suministrar un valor de corriente mayor al calculado anteriormente.

De acuerdo a lo anterior, se selecciona una fuente de referencia 6ES7307-1EA01-0AA0 (ver Anexo 13), La cual suministra una corriente de 5A, suficiente para cumplir con la requerida por el sistema de PLC.

1.3.2.5 Selección de fuente de alimentación AC/DC. Para la alimentación de los equipos que requieren de corriente continua, se debe seleccionar una fuente AC/DC.

Al igual que para la selección de la fuente de alimentación del sistema de PLC, se deben sumar las corrientes de consumo de cada uno de los elementos que

requieren alimentación DC, y tener su corriente total de consumo y así saber cuál será la corriente de salida de la fuente a seleccionar.

Entonces se tiene que la corriente total de consumo es de 7,15A

Por lo tanto, se deberá seleccionar una fuente que sea capaz de suministrar un valor de corriente mayor al calculado anteriormente.

De acuerdo a lo anterior, se selecciona una fuente de referencia 6EP1334-2BA01 (ver Anexo 17), La cual suministra una corriente de 10A, suficiente para cumplir con la requerida por los equipos.

1.2.3.6 Selección de HMI. Al igual que las CPUs, las HMIs se seleccionan de acuerdo a la aplicación, comodidades y necesidades que se tengan. Se seleccionan de acuerdo al número de tags, colores, prestaciones, dimensiones, capacidad de memoria, entre otros.

Para el caso del sistema de taladrado se selecciona la HMI de referencia 6AV6647-0AG11-3AX0 (ver Anexo 12).

1.2.3.7 Selección del motor eléctrico. La primera condición de diseño para la selección del motor eléctrico, es la tensión a la cual va a trabajar el sistema y sus prestaciones.

De acuerdo a lo anterior, se selecciona un motor de referencia GR42x25, 15W. Marca Unkermotoren (ver Anexo 19). Este motor tiene una tensión de operación de 24VDC y una corriente continua de 0.9 A.

1.2.3.8 Selección de sensores de proximidad capacitivos. Una de las condiciones de diseño para la selección del sensor capacitivo es la tensión de operación del módulo de entradas digitales del PLC, debido a que se seleccionó el módulo de entradas digitales de referencia 6ES7321-7BH01-0AB0 con una tensión de operación de 24 VDC, se selecciona el sensor de tal forma que trabaje a esta misma tensión.

Otra condición para esta selección es la lógica con la cual se realiza la programación del PLC, es decir, si el PLC necesita estar viendo un "1" lógico o un "0" lógico.

Para el caso del sistema de perforado en cuestión, se utilizara lógica positiva, es decir cuando el sensor detecte, enviara un "1" o "+24VDC" lógico al módulo de entradas, de otro modo, estará viendo un "0" lógico o (0 VDC). De acuerdo a esto el sensor tendrá que ser configuración PNP, para que en el estado del sensor en el cual no censa, el PLC, este leyendo un "0" lógico o lo que es igual "OVDC" y en el estado en el que el sensor censa, este vea un "1" lógico o lo que es igual "+24VDC" y el PLC lea el pulso por medio del módulo de entradas digitales.

De acuerdo a lo anterior se selecciona el sensor con referencia 178575 de Festo, (ver Anexo 27).

1.2.3.9 Cálculo de protecciones eléctricas de equipos. En toda instalación eléctrica es importante la protección de los equipos, puesto que se está garantizando que en caso de un fallo, este no se propague por el resto del sistema, disminuyendo así las perturbaciones a otros sistemas o instalaciones eléctricas, el daño del mismo equipo o zona en donde se presentó el fallo.

El sistema de perforado requiere de sus protección, puesto que los equipos son de control, y estos son más propensos a sufrir daños por sobre corrientes. Cortos, entre otros.

De acuerdo a esto, las protecciones eléctricas y fuentes de alimentación, fueron calculadas de modo tal que se puedan adicionar cargas al sistema, claro está, se debe garantizar que estas adiciones no sobrepasen los límites (disparo) para los cuales fueron fabricadas dichos equipos.

A continuación se muestran los procedimientos por medio de los cuales se calculan las protecciones de los equipos eléctricos que componen el sistema.

- Protección de fuente SITOP.

De acuerdo a la hoja de datos técnicos de la fuente (ver Anexo 17)

Corriente de entrada: 4.1 A

Corriente de salida: 10A

Como protecciones de 5A no son comerciales, se selecciona el valor de una protección comercial, en este caso 6A para proteger a la entrada.

De acuerdo a catálogos de SIEMENS, la referencia para esta protección es 5sx2106-7 (ver Anexo 30). Para la corriente de salida se escoge una protección de 10 A, puesto que esta es la corriente que entrega a un nivel de tensión de 24VDC.

De acuerdo a catálogos de SIEMENS, la referencia para esta protección es 5sx2110-7

- Protección de PLC.

Referencia: 6ES7307-1EA01-0AA0

Corriente de entrada: 2,3 A

Se elige el valor de la protección comercial, en este caso 3A. De acuerdo a catálogos de SIEMENS, la referencia para esta protección es 5sx2103-7

- Protección de HMI KTP1500.

Referencia: 6AV6647-0AG11-3AX0

Corriente nominal: 0,8A

Se elige el valor de la protección comercial, en este caso 1A. De acuerdo a catálogos de SIEMENS, la referencia para esta protección es 5sx2101-7

- Protección de motor DC

Referencia: GR42x25, 15W

Corriente nominal: 0,9A, y corriente de arranque: 4A.

Se elige el valor de la protección comercial, en este caso 4A. De acuerdo a catálogos de SIEMENS, la referencia para esta protección es 5sx2104-7

- Protección de la solenoide del sistema.

Referencia: solenoide para válvulas VUVG-S10

Corriente nominal: 41,6 mA.

Se elige el valor de la protección comercial, en este caso 1A. De acuerdo a catálogos de SIEMENS, la referencia para esta protección es 5sx2101-7

1.2.3.10 Diagramas eléctricos. Los diagramas eléctricos para el diseño del sistema de taladrado han sido creados basados en la norma IEC60617. (Ver Anexo 1 hasta Anexo 11)

1.5 PROGRAMACIÓN

La creación del programa se realiza en el *software* STEP 7 del fabricante SIEMENS con el que se ejecuta el programa en el PLC seleccionado. Para dicha programación, se tiene en cuenta la asignación de entradas, marcas y salidas en PLC para control de máquina perforadora de piezas, las condiciones de entrada y salida del proceso y la configuración de hardware pues estos son elementos importantes para la ejecución del control de cualquier sistema, en este caso para el sistema de taladrado de piezas. Los bloques de programa se encuentran programados en lenguajes permitidos por la norma IEC61131-3, como lo son el LADDER, GRAFCET, AWL, entre otros. El programa está diseñado cumpliendo con los pasos establecidos por la guía GEMMA.

1.6 DISEÑO DE SISTEMA SCADA

En cualquier sistema es importante la visualización, monitorización y/o control del mismo, es por eso que hoy en día los sistemas SCADAS y/o utilización de HMI (Interface-Hombre-Máquina) han tomado fuerza para llevar a cabo estas funciones. La creación del mímico de la *HMI* ha sido diseñado en el *software* WinCC Flexible. Dicho diseño se ha realizado pensando en la facilidad de manipulación y operación del proceso, indicando las posibles fallas del sistema, estado de componentes y del proceso.

1.7 SIMULACIÓN

Una de las maneras de verificar o acercarse a como funcionarían los sistemas realmente, es la ejecución de programas de simulación. Muchos de estos hacen parte del mismo paquete del programa con el que se editan los bloques de función de los diferentes lenguajes de programación, editores de mímicos para

sistemas SCADA y editores de circuitos, ya sean eléctricos, mecánicos, neumáticos, entre otros.

1.6.1 Simulación del circuito electro neumático. El circuito electro neumático del sistema de taladrado, se crea a partir del diagrama de movimientos previo al diseño final, teniendo como base la norma DIN/ISO1219 la cual trata la simbología neumática que se debe usar para la creación del boceto electro neumático y ha sido realizado en el software Automation Studio versión 3.5. (Ver Figura 39)

1.6.2 Simulación de bloques de programación para la ejecución del proceso de la máquina perforadora de piezas. En el ítem 4.2 de este documento se muestran los pantallazos de los pasos iniciales de la simulación que se realizó para mostrar el funcionamiento del sistema de perforación. En este caso se hizo con el programa de simulación que viene embebido en el paquete del STEP 7 versión 5.4, de nombre PLCSIM.

Este programa de simulación es el que simula el funcionamiento de los bloques creados para el control por medio del PLC.

1.6.3 Simulación de sistema en HMI. Así como el programa de edición del control por el PLC tiene un programa de simulación, el paquete de diseño de la HMI también lo contiene.

Aunque en este caso, los cambios de las variables desde el punto de la simulación, se realizaron desde el mismo programa de simulación del PLC (PLCSIM), puesto que desde el editor del STEP 7 se integró el proyecto de la HMI, realizado en el editor WinCC Flexible.

2 PROGRAMA

En este capítulo se muestra los bloques de programa elaborados en los diferentes lenguajes que la norma IEC 61131 permite, además la tabla de la asignación de variables.

2.1 ASIGNACIÓN DE ENTRADAS / SALIDAS, MARCAS.

La siguiente tabla muestra la asignación de las entradas, salidas, marcas y elementos en general que se eligieron teniendo en cuenta la norma IEC61131, para el programa en el PLC.

Tabla 4. Tabla Entradas/Salidas/Marcas PLC (Autores)

SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DE DATOS	COMENTARIO
ENTRADA			
SP1	E 0.0	BOOL	CILINDRO ALIMENTACION ADENTRO
SP2	E 0.1	BOOL	CILINDRO ALIMENTACION AFUERA
SP3	E 0.2	BOOL	CILINDRO PERFORACION ADENTRO
SP4	E 0.3	BOOL	CILINDRO PERFORACION AFUERA
SP5	E 0.4	BOOL	CILINDRO EXPULSION ADENTRO
SP6	E 0.5	BOOL	CILINDRO EXPULSION AFUERA
D1	E 0.6	BOOL	PIEZA EN BODEGA
D2	E 0.7	BOOL	PIEZA LISTA A PERFORAR
SALIDA			
ALIMENTADOR-A+	A 0.0	BOOL	SOLENOIDE L1 ACTIVA
PERFORACION-B+	A 0.1	BOOL	SOLENOIDE L2 ACTIVA
EXPULSION-C+	A 0.2	BOOL	SOLENOIDE L3 ACTIVA
MOTOR DER	A 0.3	BOOL	MOTOR ACTIVO A LA DERECHA
MOTOR IZQ	A 0.4	BOOL	MOTOR ACTIVO A LA IZQUIERDA
MARCA			
MARCHA	M 0.0	BOOL	BOTON_MARCHA
CILINDROS_EN_REPOSO	M 0.1	BOOL	CONDICIONES INICIALES
AUTOMATICO	M 0.2	BOOL	BOTON_AUTO
MANUAL	M 0.3	BOOL	BOTON_MANUAL
SISTEMA_AUTO	M 0.4	BOOL	CILINDROS EN AUTO

SISTEMA_MANUAL	M	0.5	BOOL	CILINDROS EN MANUAL
A_AFUERA	M	0.6	BOOL	BOTON_ALIMENTADOR_AF UERA
B_AFUERA	M	1.0	BOOL	BOTON_PERFORACION_AF UERA
C_AFUERA	M	1.2	BOOL	BOTON_EXPULSION_AFUE RA
M_DERECHA_ON	M	1.4	BOOL	BOTON_MOTOR_DERECHA
M_IZQUIERDA_ON	M	1.5	BOOL	BOTON_MOTOR_IZQUIERD A
CONTADOR_CONTANDO	M	100.2	BOOL	CONTADOR ACTIVO
COMPARACION_EN_1	M	100.3	BOOL	COMPARACION IGUAL A UNO
FIN_CICLO	M	101.0	BOOL	INDICA_FIN_PRODUCCE PIEZA
FLANCO_POSITIVO_SP5	M	101.2	BOOL	DETECTA FLANCO POSITIVO EN SP5
RESETEAR_CONTADOR	M	200.7	BOOL	RESETEA CONTADOR DE PIEZAS
PARO_EMERGENCIA	M	409.0	BOOL	PARO DE EMERGENCIA
B_MODO_MTTTO	M	409.1	BOOL	BOTON_MODO_MANTENIMI ENTO
SISTEMA_MTTTO	M	409.2	BOOL	INDICADOR_MODO_MANTE NIMIENTO
STOP	M	500.0	BOOL	STOP
VALOR_CONTADOR_BCD	MW	2	WORD	INDICA VALOR DE CONTADOR EN BCD
VALOR_CONTADOR_ENTERO	MW	16	INT	INDICA VALOR DE CONTADOR EN INT

Figura 32. Configuración de hardware de PLC (Autores)

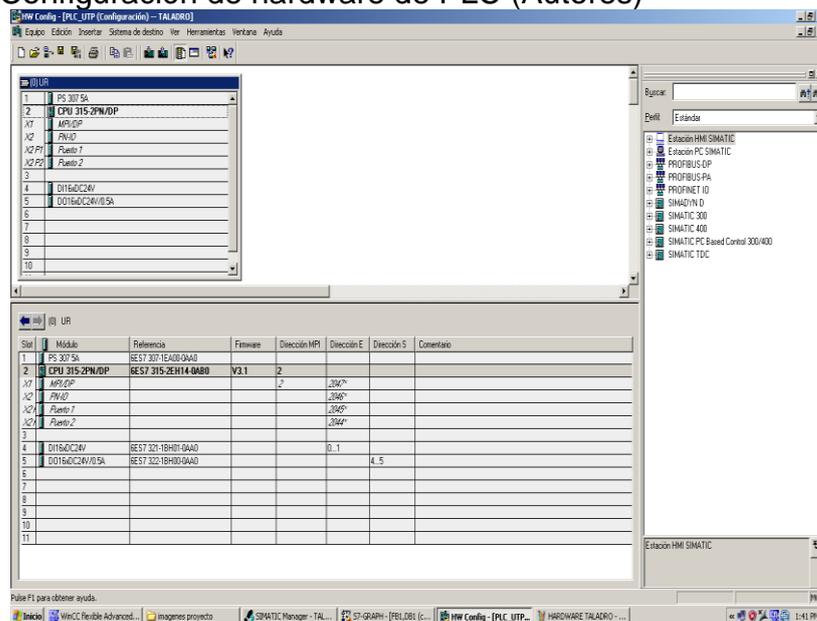


Figura 33. Configuración de hardware de PLC (continuación) (Autores)

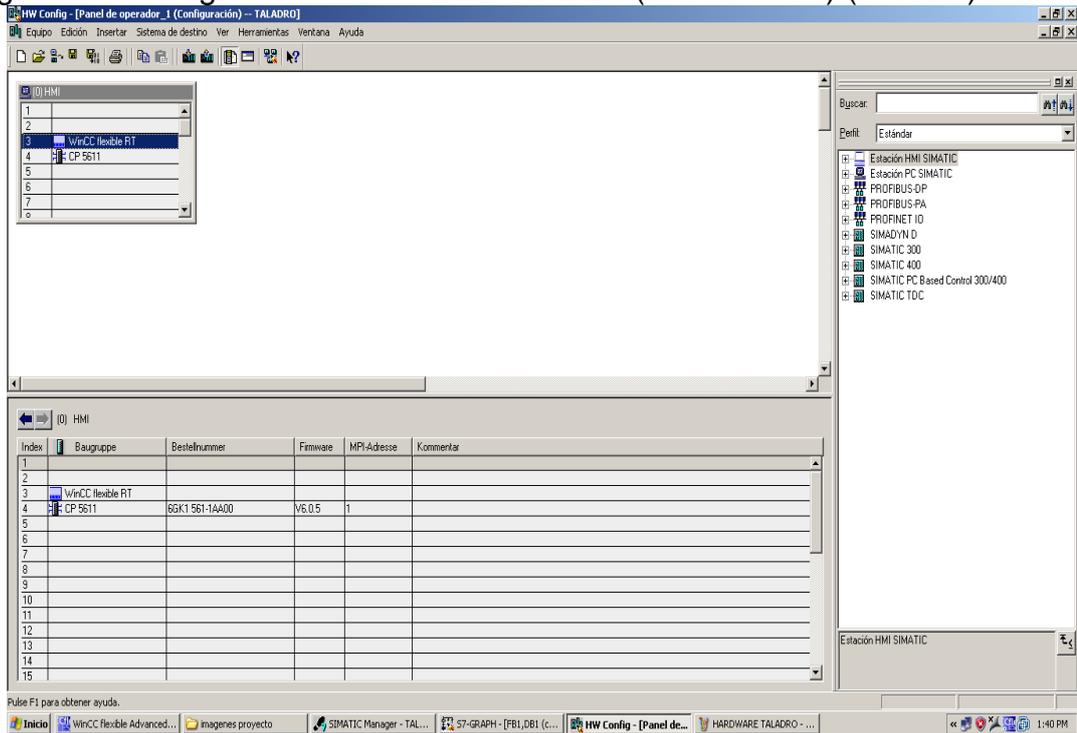


Figura 34. Bloque de programa principal de STEP 7 (OB1) (Autores)

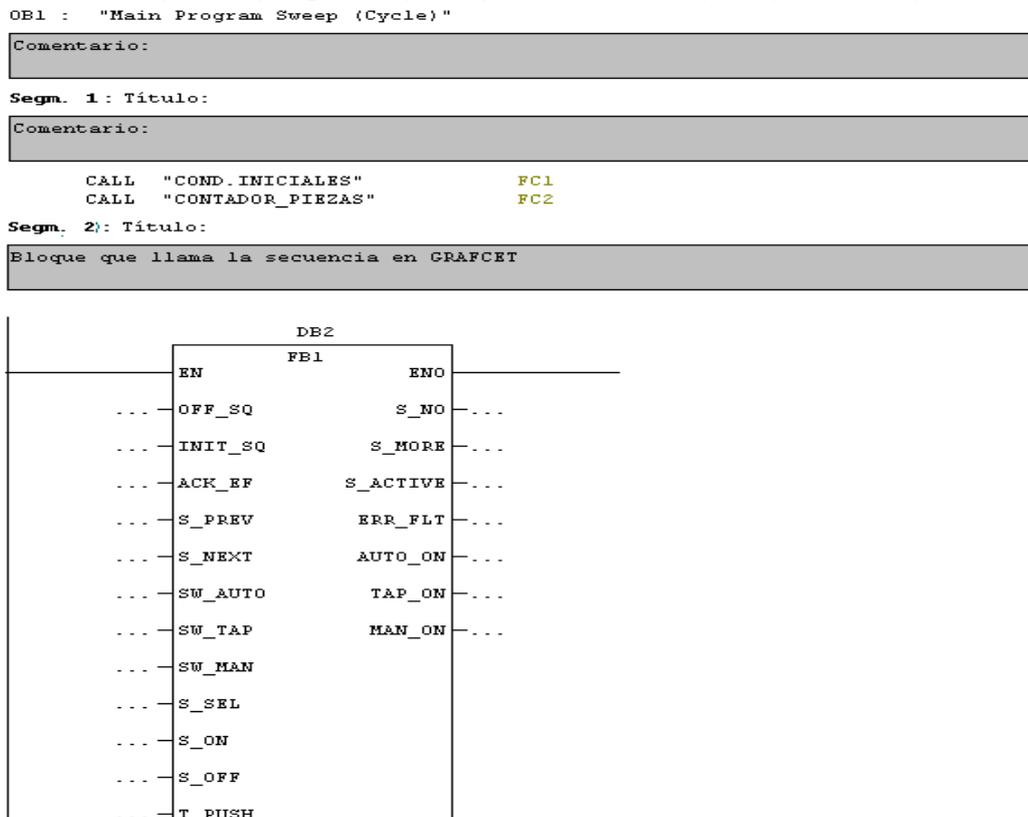


Figura 35. Bloque de función (FC1) (Autores)

FC1 : Título:

Comentario:

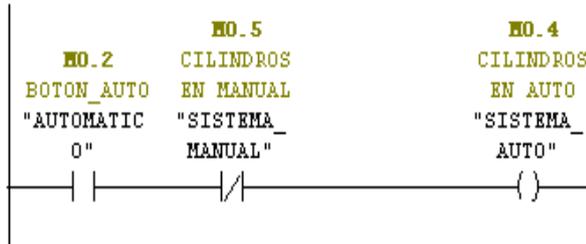
Segm. 1: CONDICIONES INICIALES

Bloque donde se establecen condiciones de seguridad en el sistema y optimas condiciones de inicio para el sistema en AUTO



Segm. 2 : CILINDROS EN AUTO

Bloque donde se activa el sistema en AUTOMATICO



Segm. 3 : CILINDROS EN MANUAL

Bloque donde se activa el sistema en MANUAL



Figura 36. Bloque de función (FC2) (Autores)

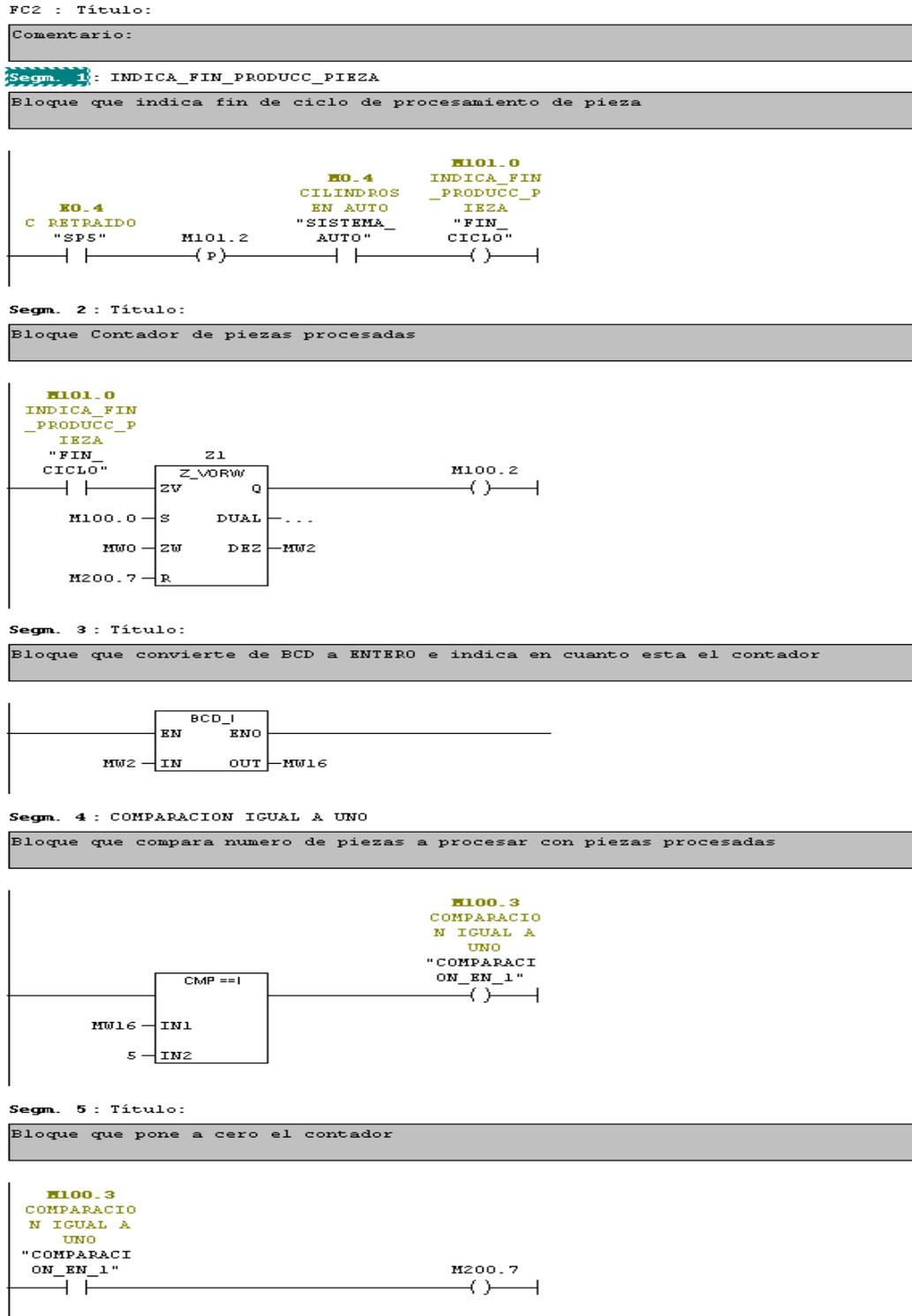
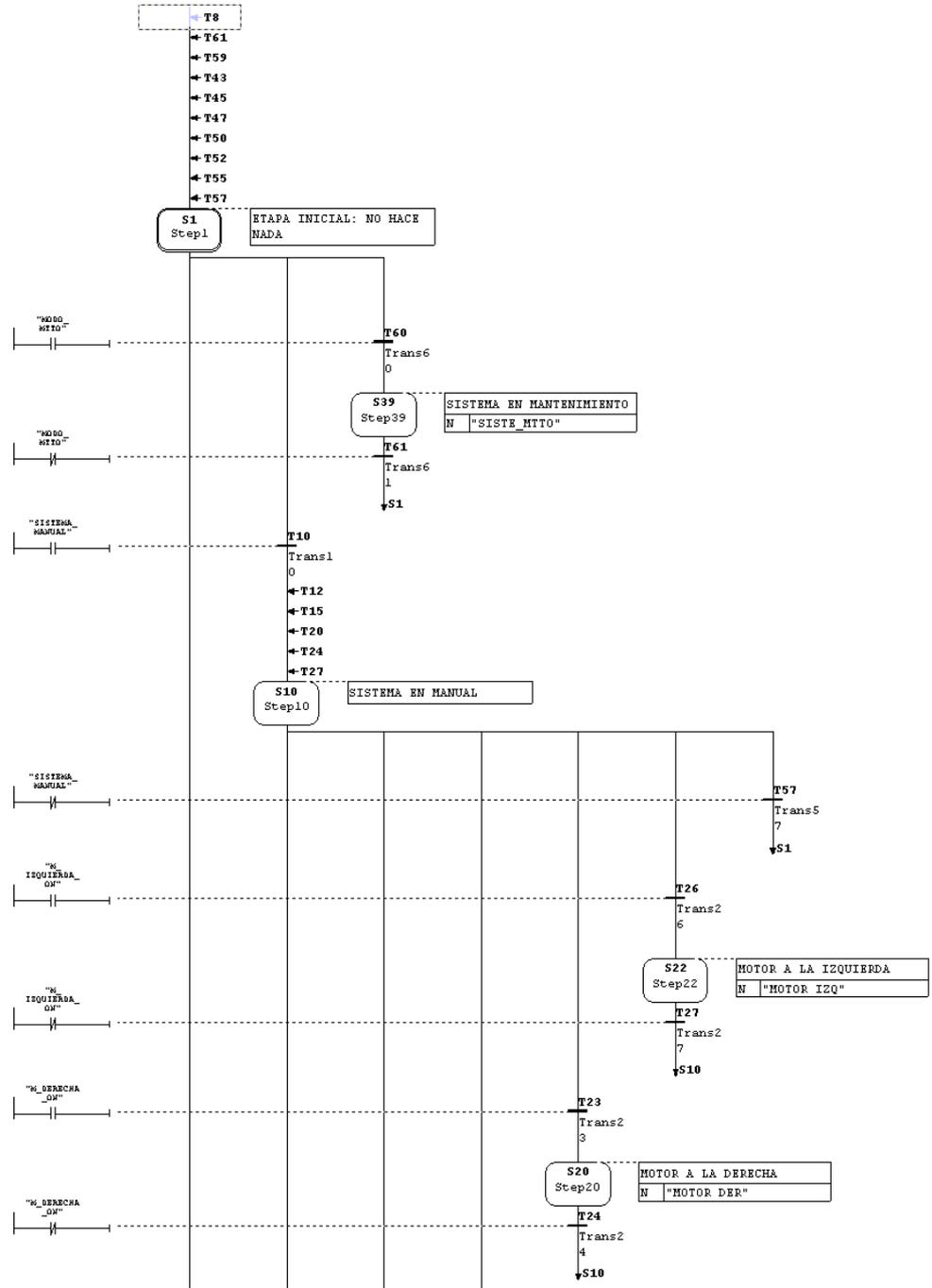
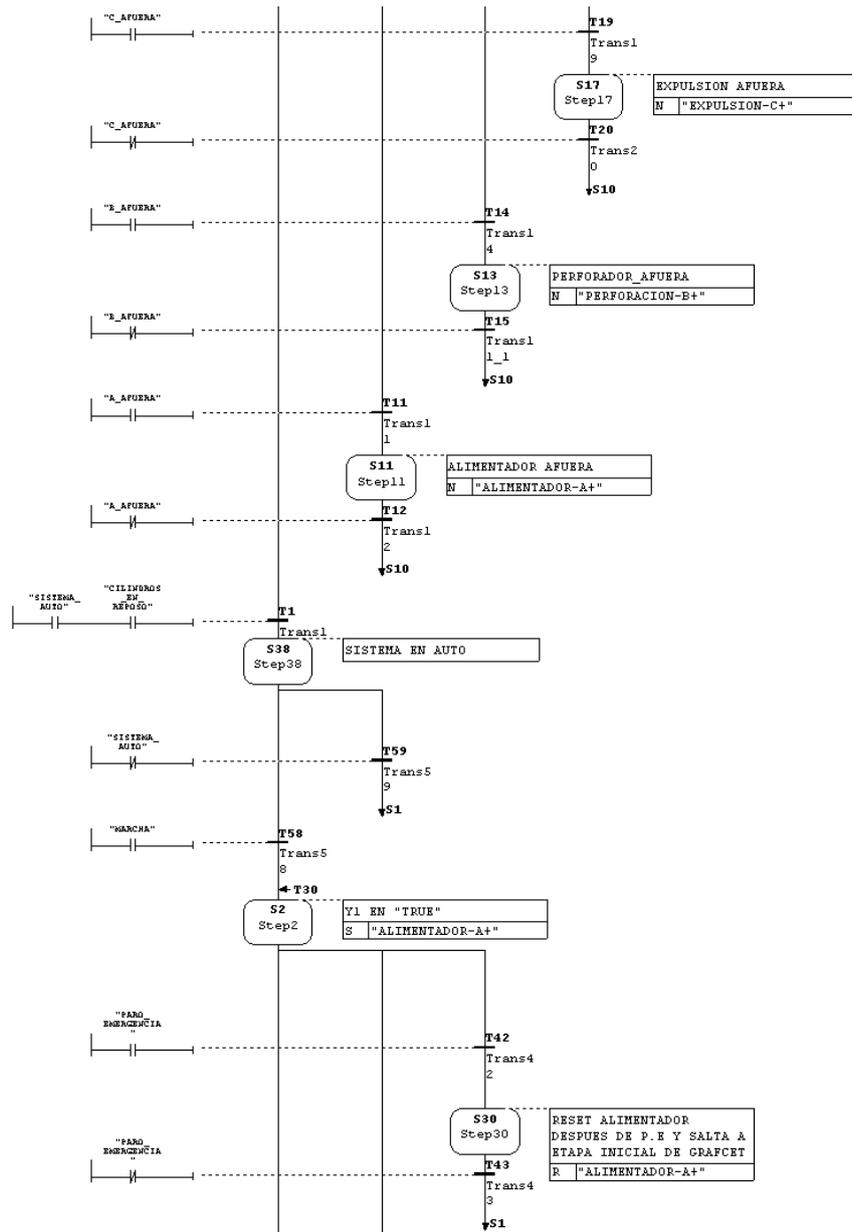
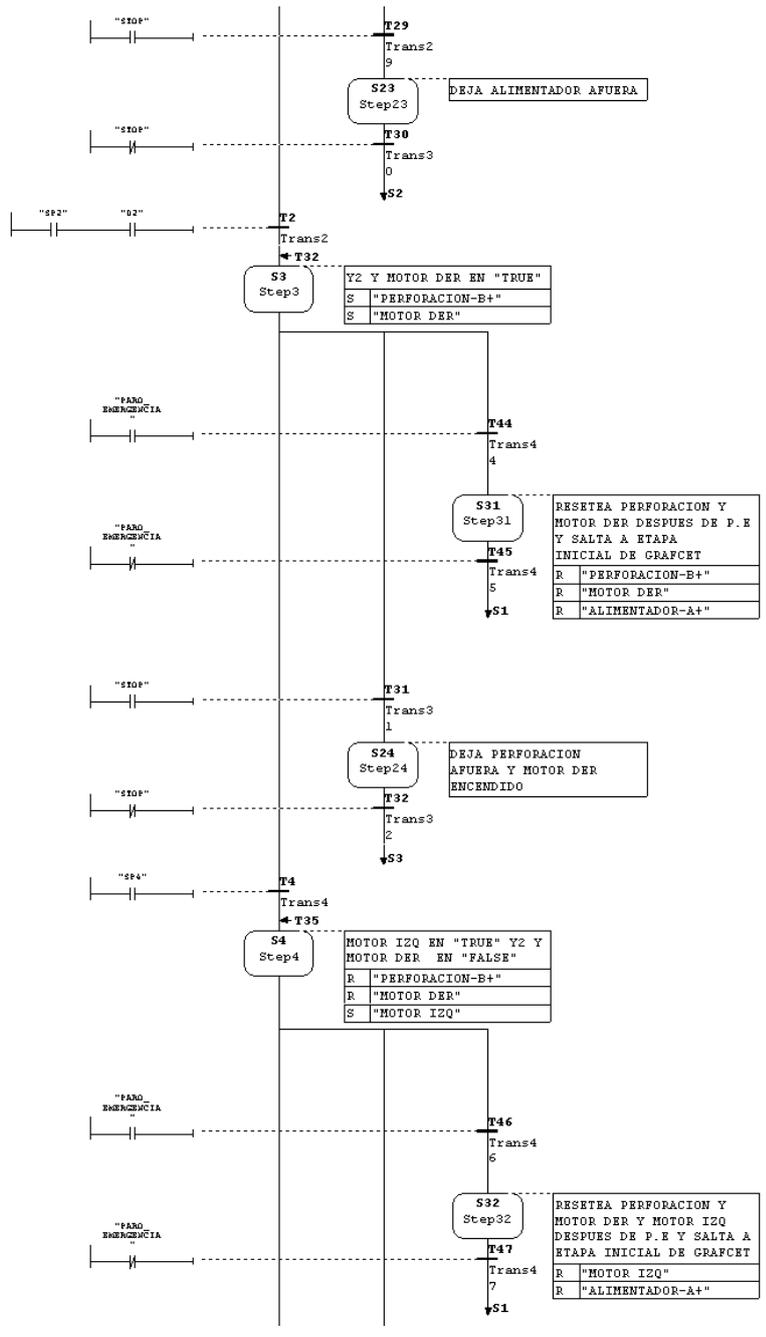


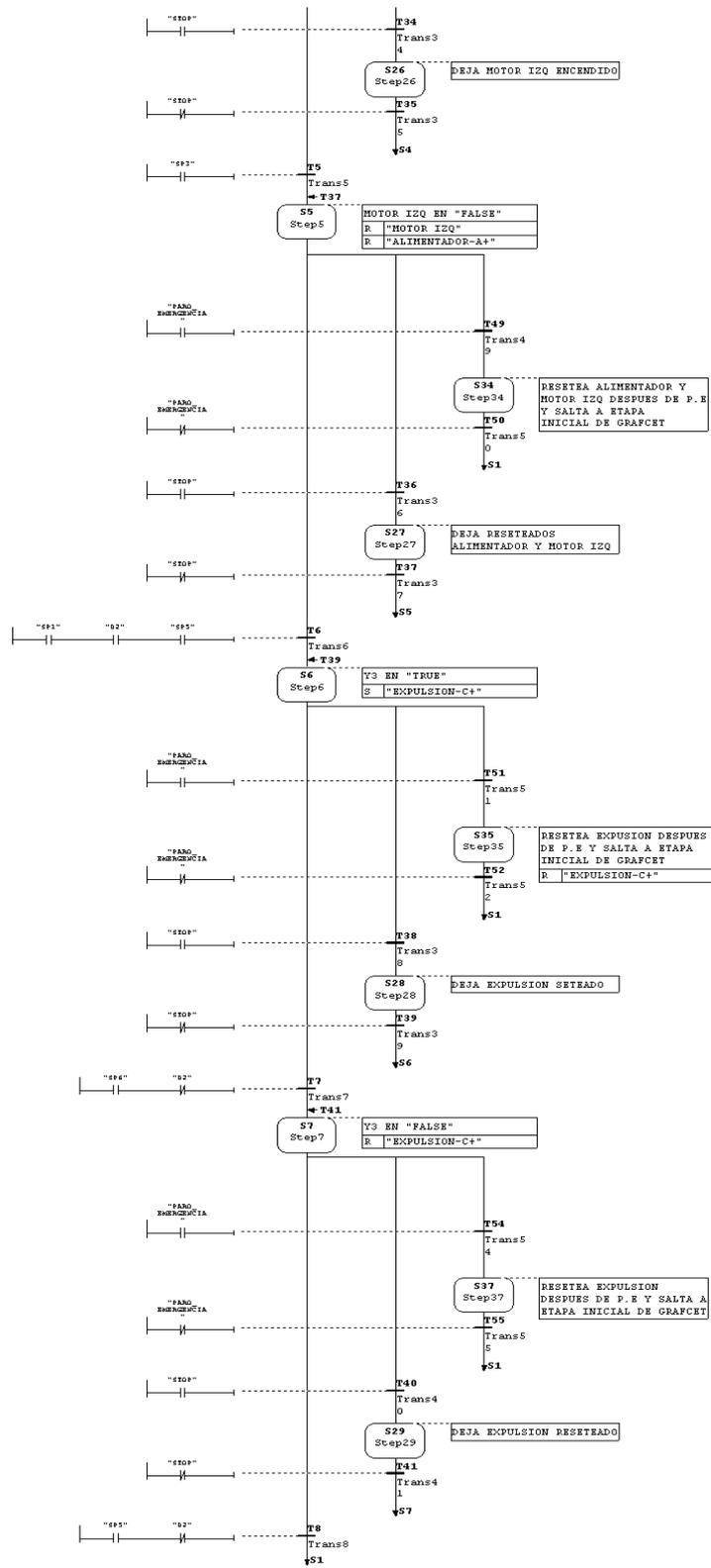
Figura 37. Bloque de función (FB1) (Autores)

Bloque GRAFCET que realiza la operación del sistema en AUTO y Manual





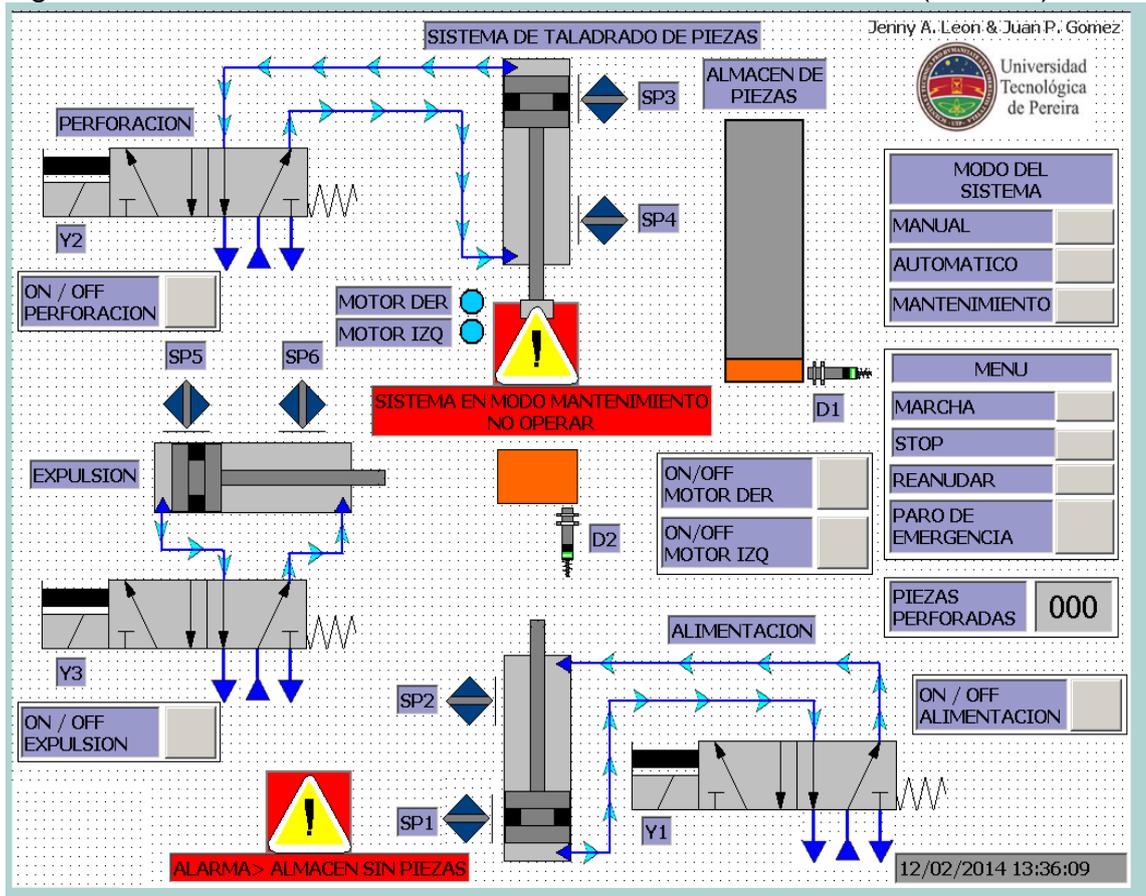




3 DISEÑO SCADA

En la Figura 38 se muestra el diseño del control basado en HMI, de donde se enviarían las ordenes a los actuadores y se leerían las posiciones de los mismos, entre otros.

Figura 38. Diseño de SCADA en editor de WinCC Flexible SP3 (Autores)



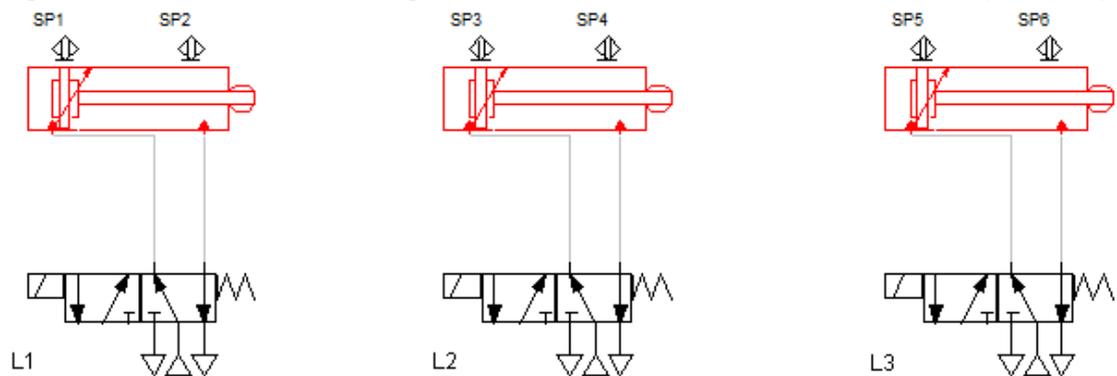
4 SIMULACIÓN

En este capítulo se muestra la simulación de la secuencia de taladrado

4.1 SIMULACIÓN DE CIRCUITO NEUMÁTICO

A continuación se muestra la simulación del diagrama neumático del proceso de taladrado.

Figura 39. Simulación de diagrama neumático en Automation Studio (Autores)



4.2 SIMULACIÓN PROGRAMA PLC

A continuación se muestra la simulación de los bloques de programa de PLC del proceso de taladrado.

Figura 40. Inicio de simulación (PLCSIM)

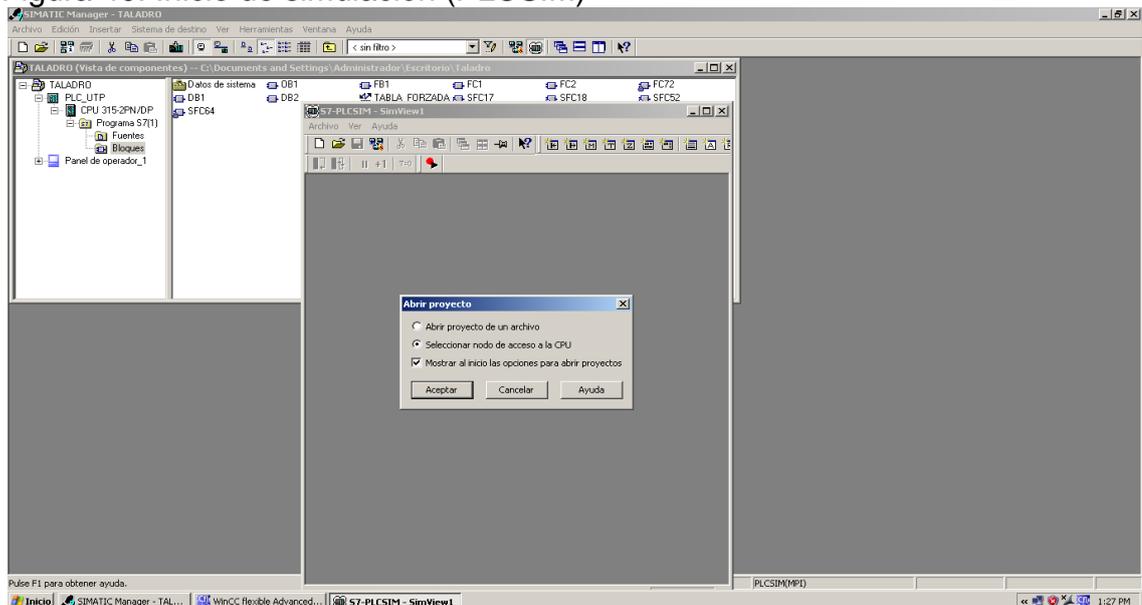


Figura 41. Inicio de simulación (PLCSIM) (continuación) (Autores)

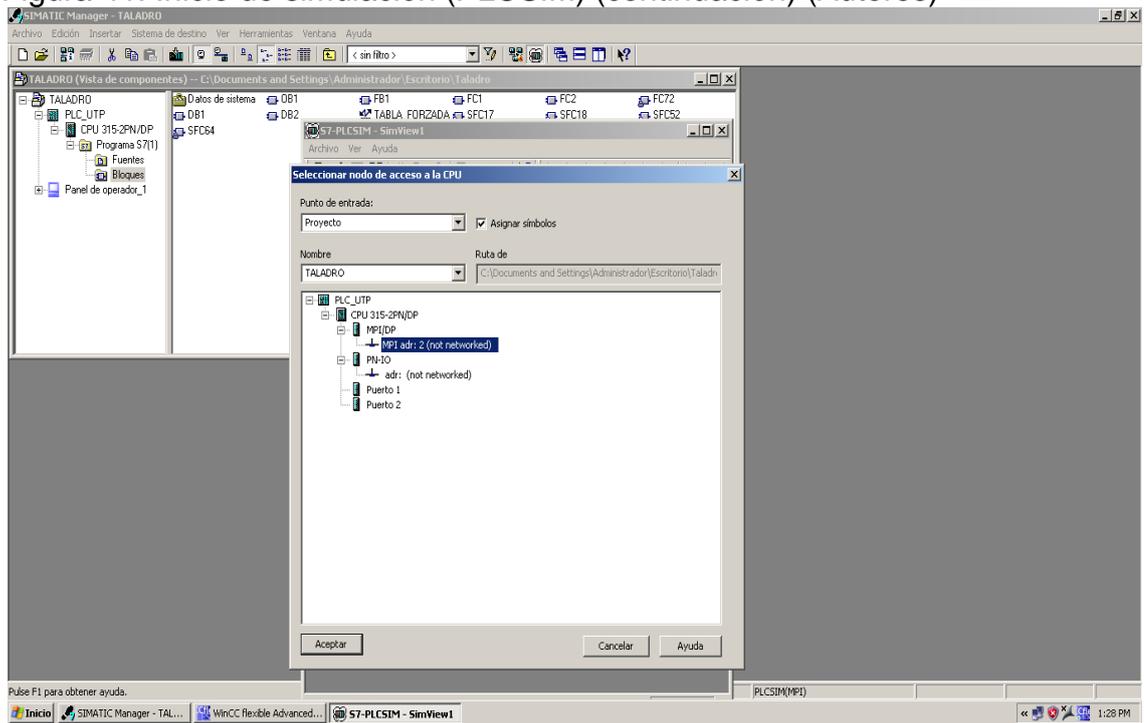


Figura 42. Simulación de entradas en PLCSIM (Autores)

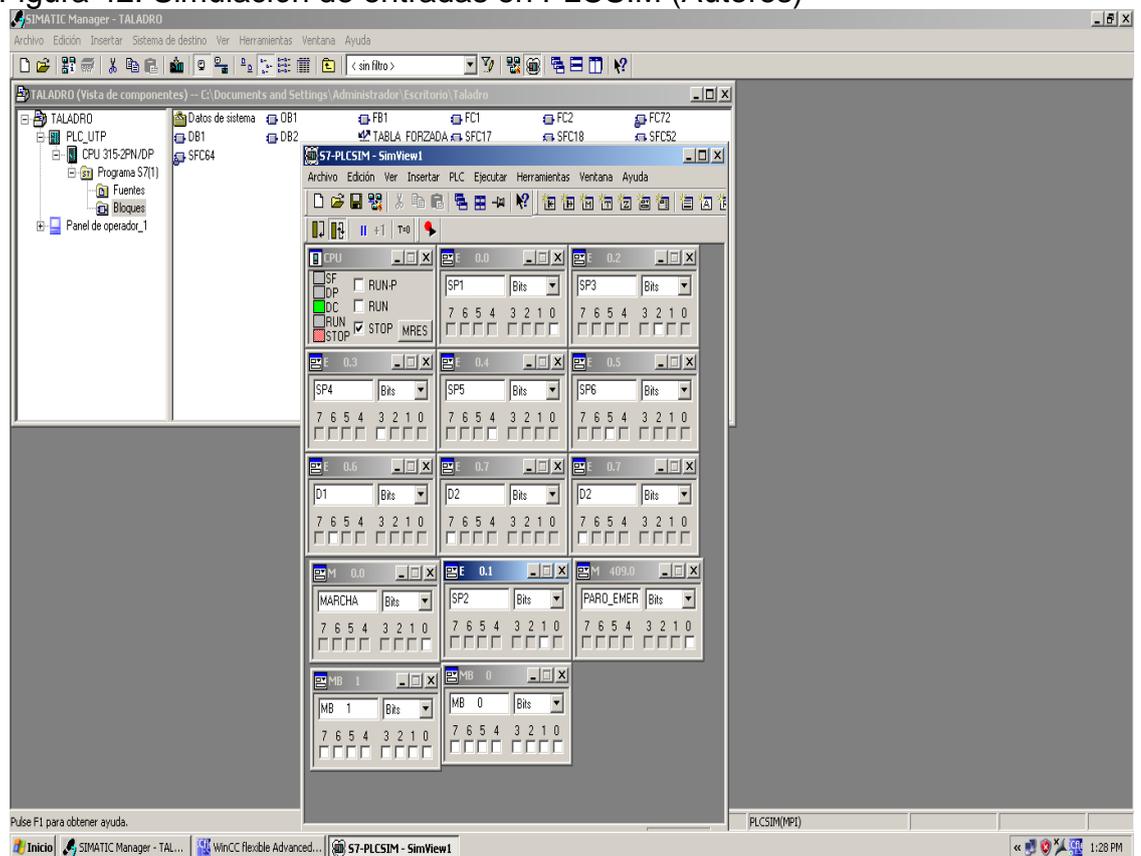


Figura 43. Descarga de datos de programa a simulador (Autores)

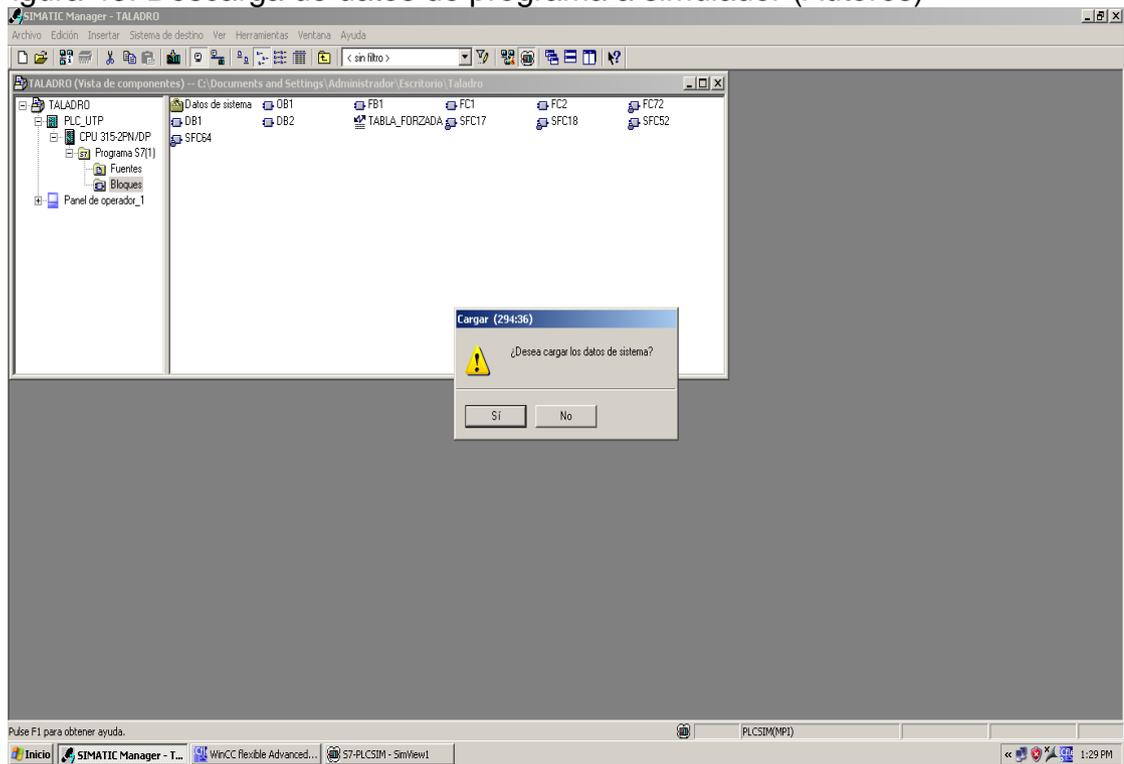


Figura 44. Puesta en marcha de programa en simulador (Autores)

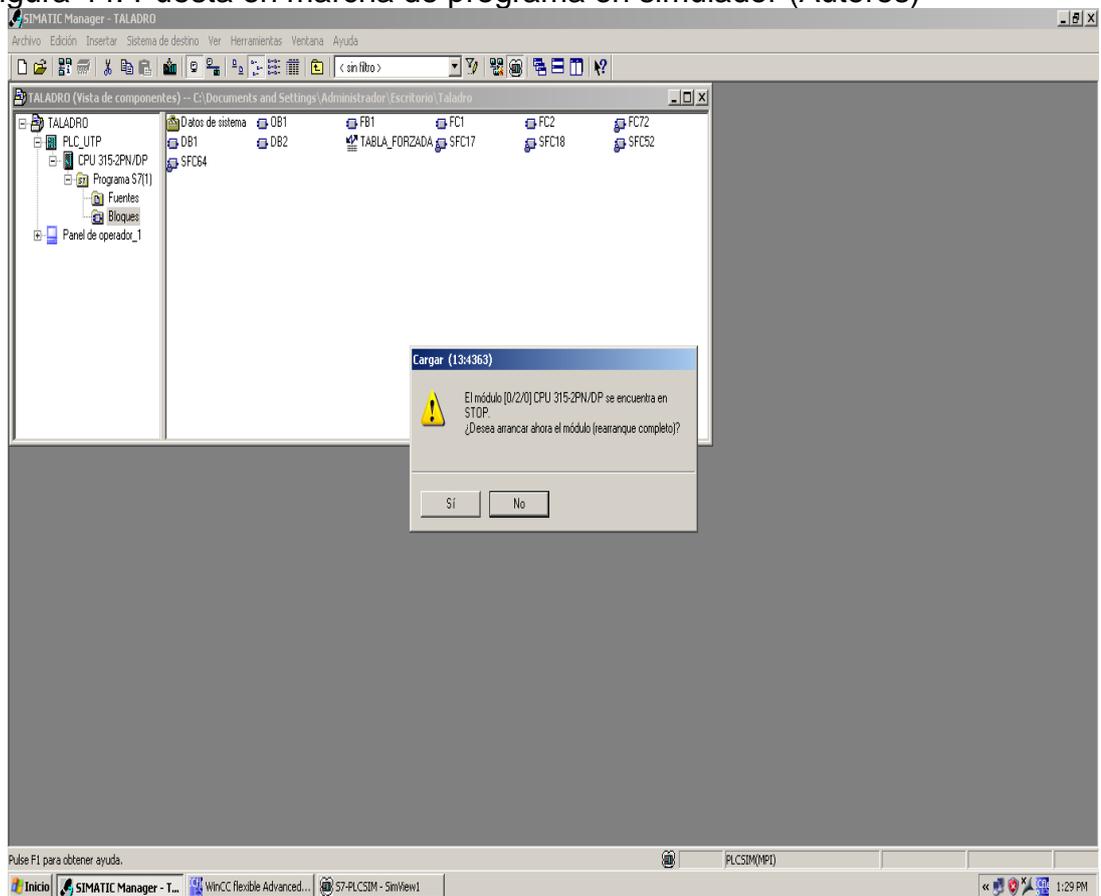


Figura 45. Bloque principal (OB1) simulado (Autores)

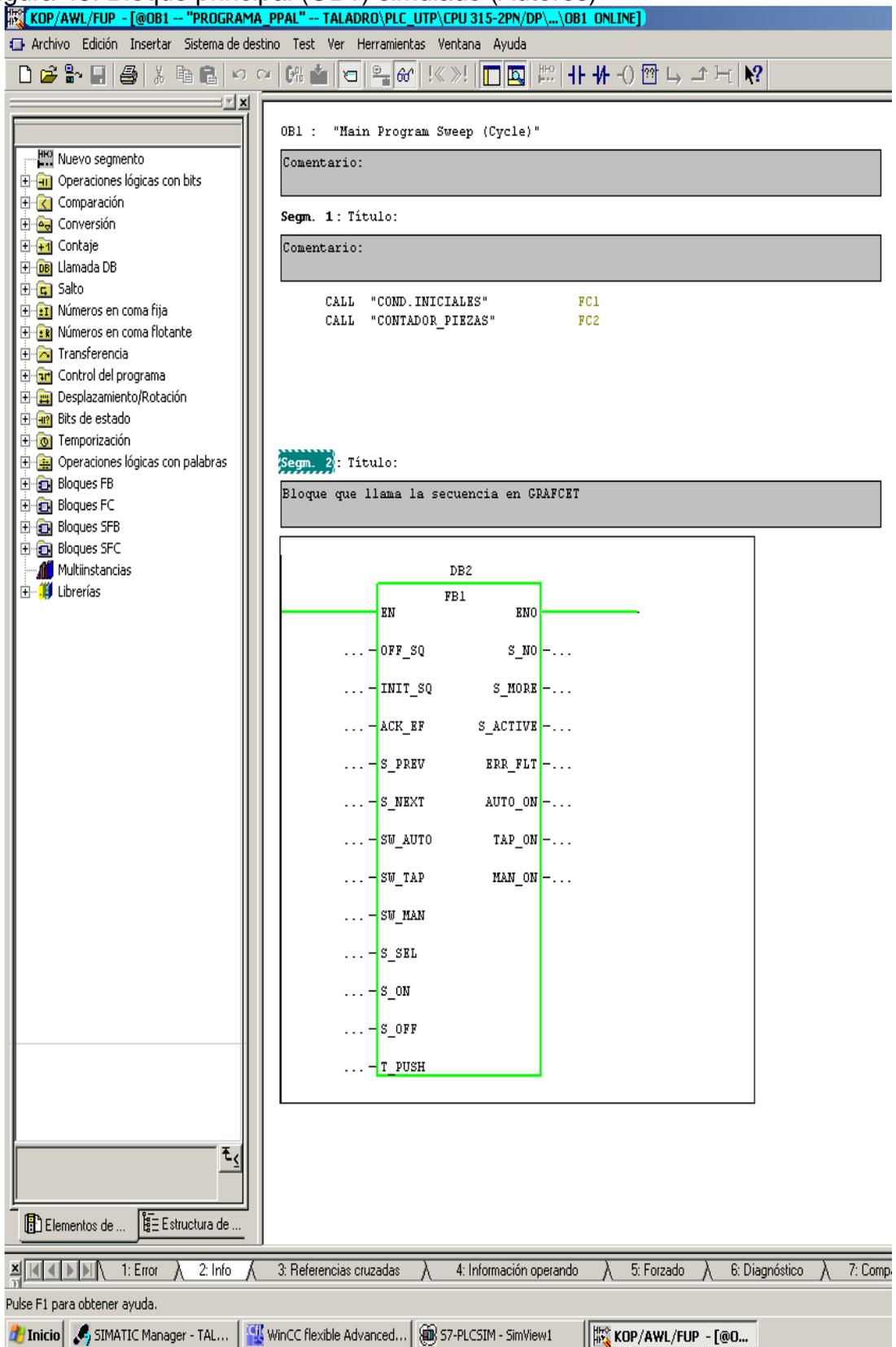


Figura 46. Bloque principal (FC1) simulado (Autores)

The screenshot displays the SIMATIC Manager interface for a simulated FC1 block. The left sidebar shows a library of logic blocks, including logical operations, comparisons, conversions, and control blocks. The main workspace is divided into three segments:

- Segm. 1: CONDICIONES INICIALES**

Bloque donde se establecen condiciones de seguridad en el sistema y optimas condiciones de inicio para el sistema en AUTO

Ladder logic diagram for Segment 1:

NO.0	NO.2	NO.4	NO.6	NO.7	NO.1
A RETRAIDO	B RETRAIDO	C RETRAIDO	PIEZA EN BODEGA	PIEZA LISTA A PERFORAR	CONDICIONES INICIALES
"SP1"	"SP3"	"SP5"	"D1"	"D2"	"CILINDROS EN REPOSO"
- Segm. 2: CILINDROS EN AUTO**

Bloque donde se activa el sistema en AUTOMATICO

Ladder logic diagram for Segment 2:

NO.2	NO.5	NO.4
BOTON_AUTO EN MANUAL	CILINDROS EN MANUAL	CILINDROS EN AUTO
"AUTOMATIC 0"	"SISTEMA_MANUAL"	"SISTEMA_AUTO"
- Segm. 3: CILINDROS EN MANUAL**

Bloque donde se activa el sistema en MANUAL

Ladder logic diagram for Segment 3:

NO.3	NO.4	NO.5
BOTON_MANU AL	CILINDROS EN AUTO	CILINDROS EN MANUAL
"MANUAL"	"SISTEMA_AUTO"	"SISTEMA_MANUAL"

The bottom status bar shows navigation options: 1: Error, 2: Info, 3: Referencias cruzadas, 4: Información operando, 5: Forzado, 6: Diagnóstico, 7: Comp. The taskbar at the very bottom includes 'Inicio', 'SIMATIC Manager - TAL...', 'WinCC flexible Advanced...', 'S7-PLCSIM - SimView1', and 'KOP/AWL/FUP - [@FC...'.

Figura 47. Bloque principal (FC2) simulado (Autores)

The screenshot displays the SIMATIC Manager software interface for a piece counter (FC2). The main workspace is divided into five segments of logic:

- Segment 1:** Titled "INDICA_FIN_PRODUCC_PIEZA". It contains a normally open contact labeled "M101.2" with the description "DETECTA FLANCO POSITIVO SPS" and a coil labeled "M101.0" with the description "INDICA_FIN_PRODUC_P IEZA".
- Segment 2:** Titled "Bloque Contador de piezas procesadas". It contains a coil labeled "M100.0" with the description "INDICA _PRODUCC_P IEZA". Below it is a reset coil labeled "M200.7" with the description "RESETEA CONTADOR DE PIEZAS".
- Segment 3:** Titled "Bloque que convierte de BCD a ENTERO e indica en cuanto esta el contador". It contains a normally open contact labeled "M100.0" with the description "INDICA VALOR DE CONTADOR EN BCD". Below it is a coil labeled "M16" with the description "INDICA VALOR DE CONTADOR".
- Segment 4:** Titled "COMPARACION IGUAL A UNO". It contains a normally open contact labeled "M100.3" with the description "COMPARACION IGUAL A UNO". Below it is a coil labeled "M16" with the description "INDICA VALOR DE CONTADOR EN INT".
- Segment 5:** Titled "RESETEA CONTADOR DE PIEZAS". It contains a normally open contact labeled "M100.3" with the description "COMPARACION IGUAL A UNO" and a coil labeled "M200.7" with the description "RESETEA CONTADOR DE PIEZAS".

The interface also shows a project tree on the left with various logic blocks like "Operaciones lógicas con bits", "Comparación", "Conversion", etc. The status bar at the bottom indicates the current step in the simulation: "1: Error", "2: Info", "3: Referencias cruzadas", "4: Información operando", "5: Forzado", "6: Diagnóstico", "7: Compa".

Figura 48. Bloque principal (FB1) simulado (Autores)

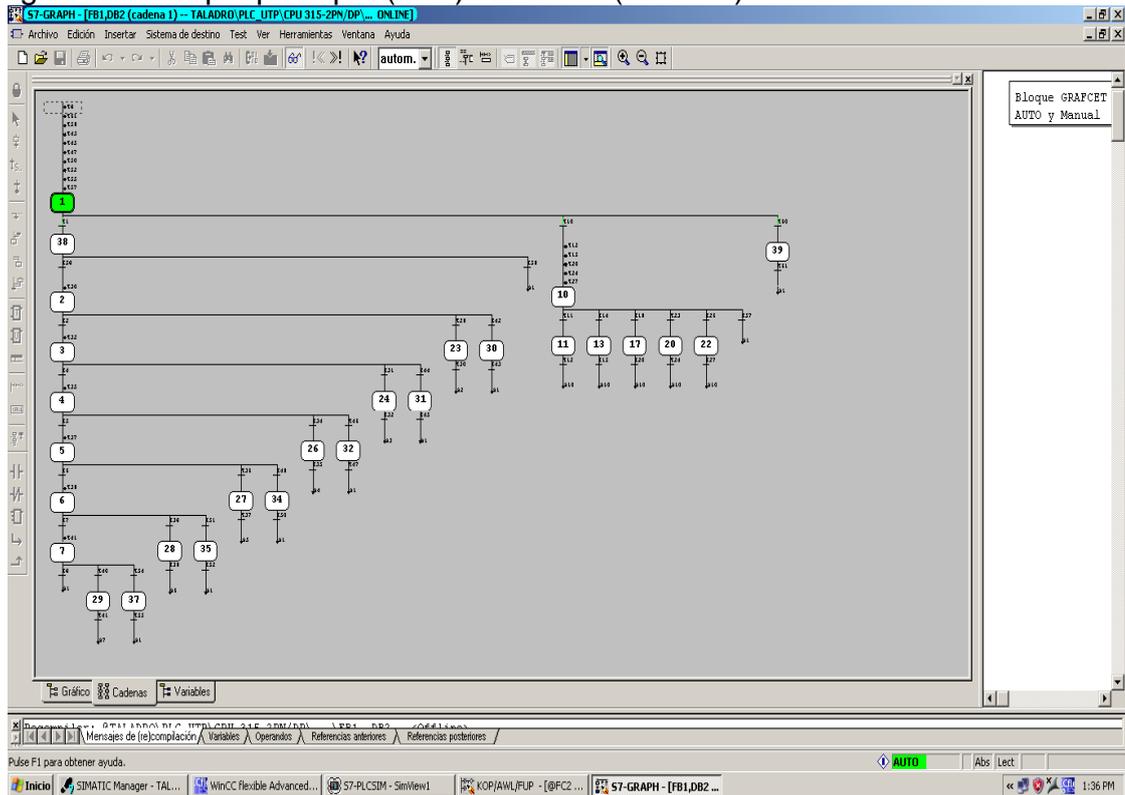


Figura 49. Bloque principal (FB1) simulado. (Sistema en MANUAL) (Autores)

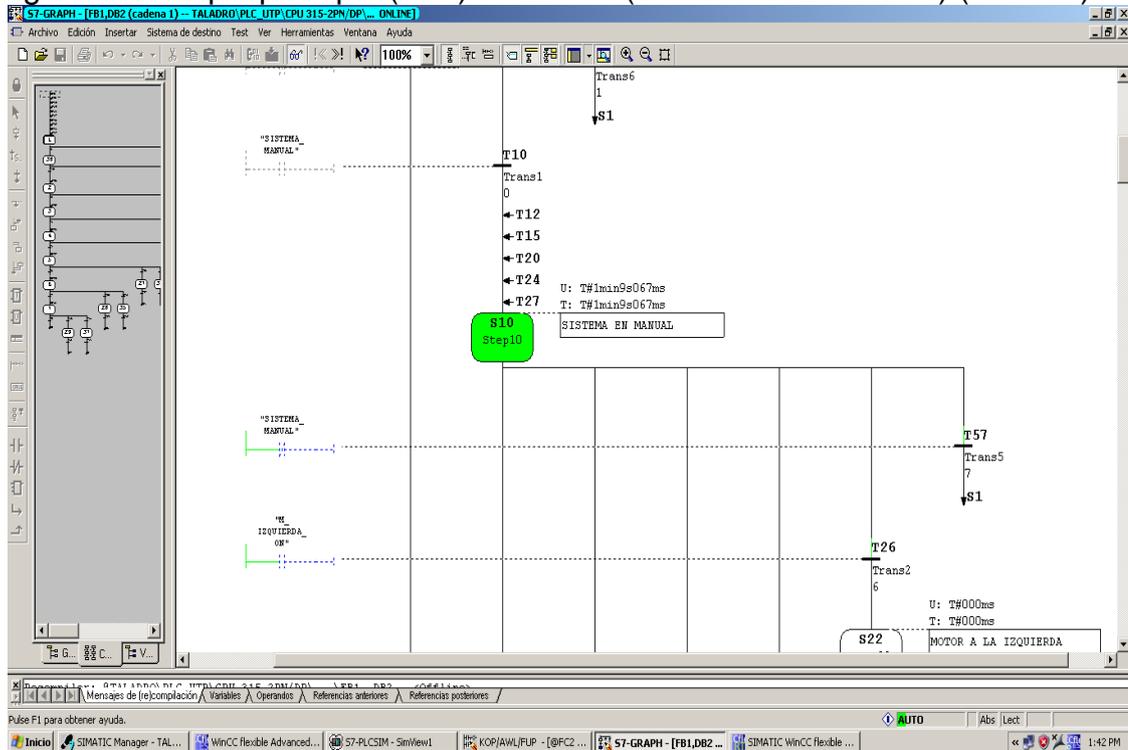


Figura 50. Bloque principal (FB1) simulado. (Sistema en AUTOMATICO) (Autores)

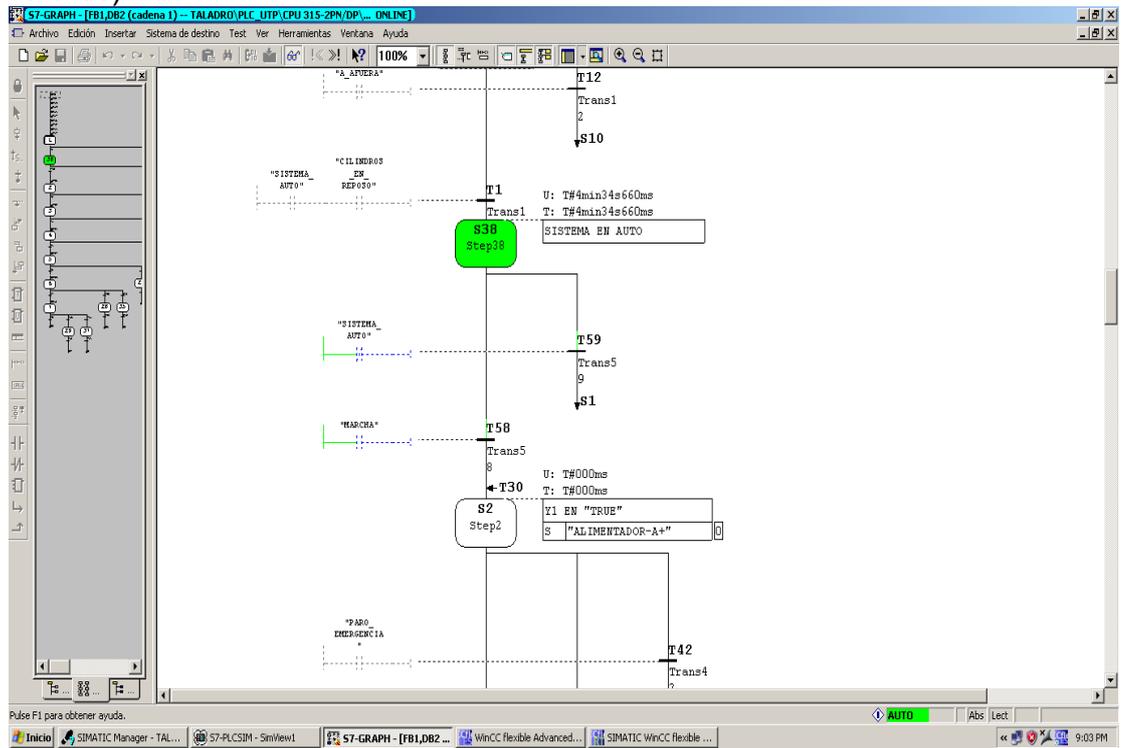


Figura 51. Bloque principal (FB1) simulado. (Sistema en MANTENIMIENTO) (Autores)

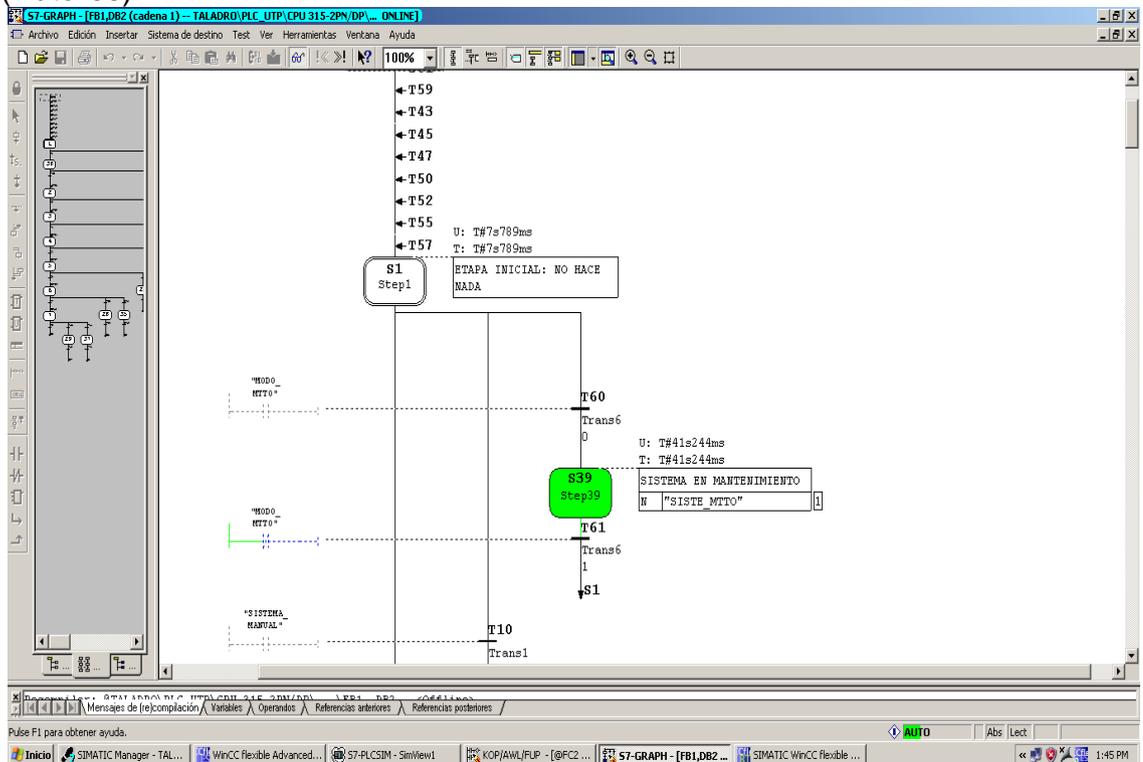
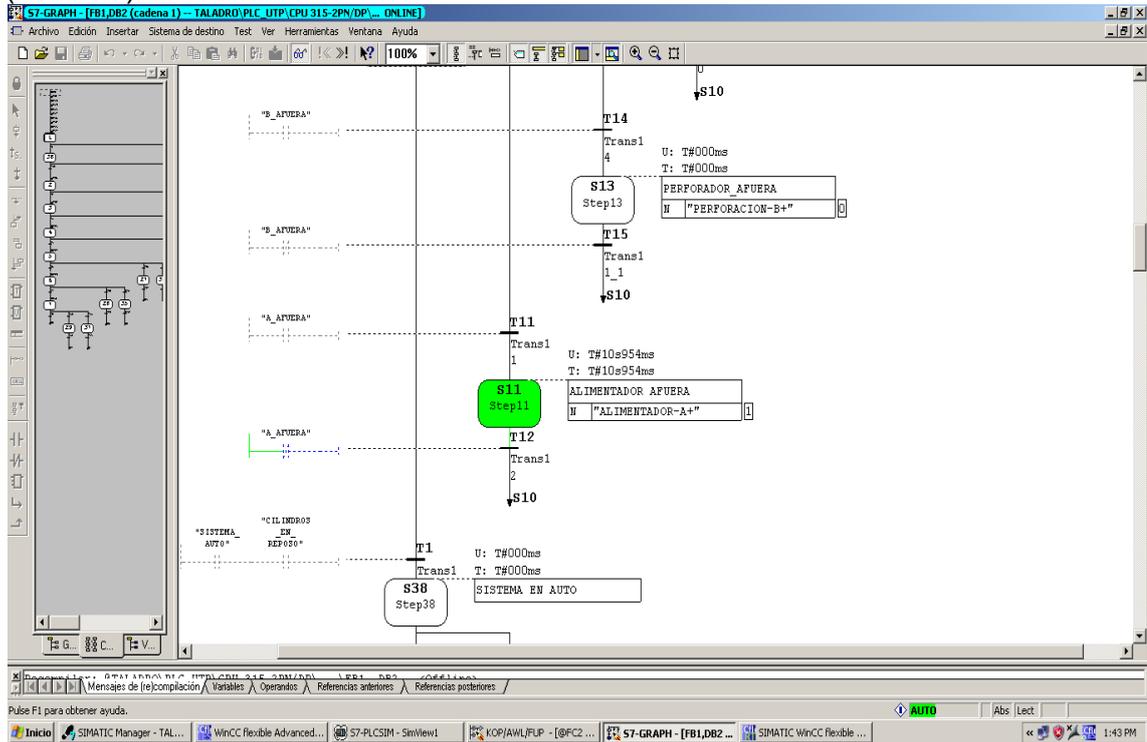


Figura 52. Bloque principal (FB1) simulado. (Cilindro de alimentación activado) (Autores)



4.3 SIMULACIÓN SISTEMA SCADA

Figura 53. Programa de HMI, listo para simular (Autores)

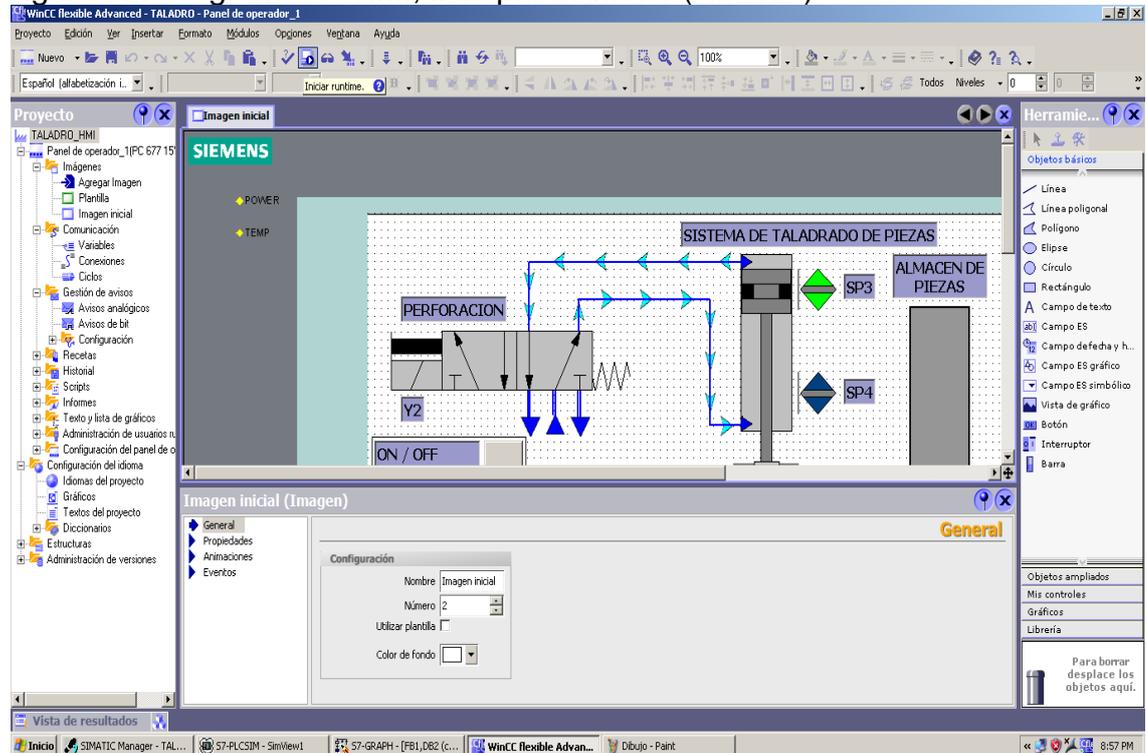


Figura 54. Programa de HMI, simulado (Autores)

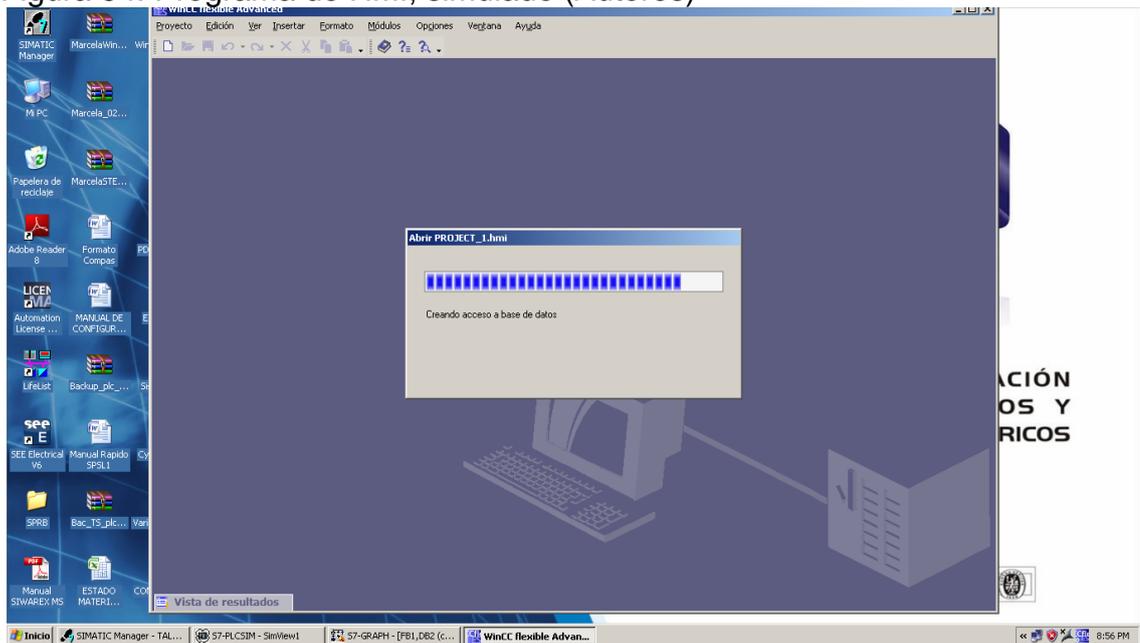


Figura 55. Programa de HMI simulado. (Condiciones iniciales del sistema) (Autores)

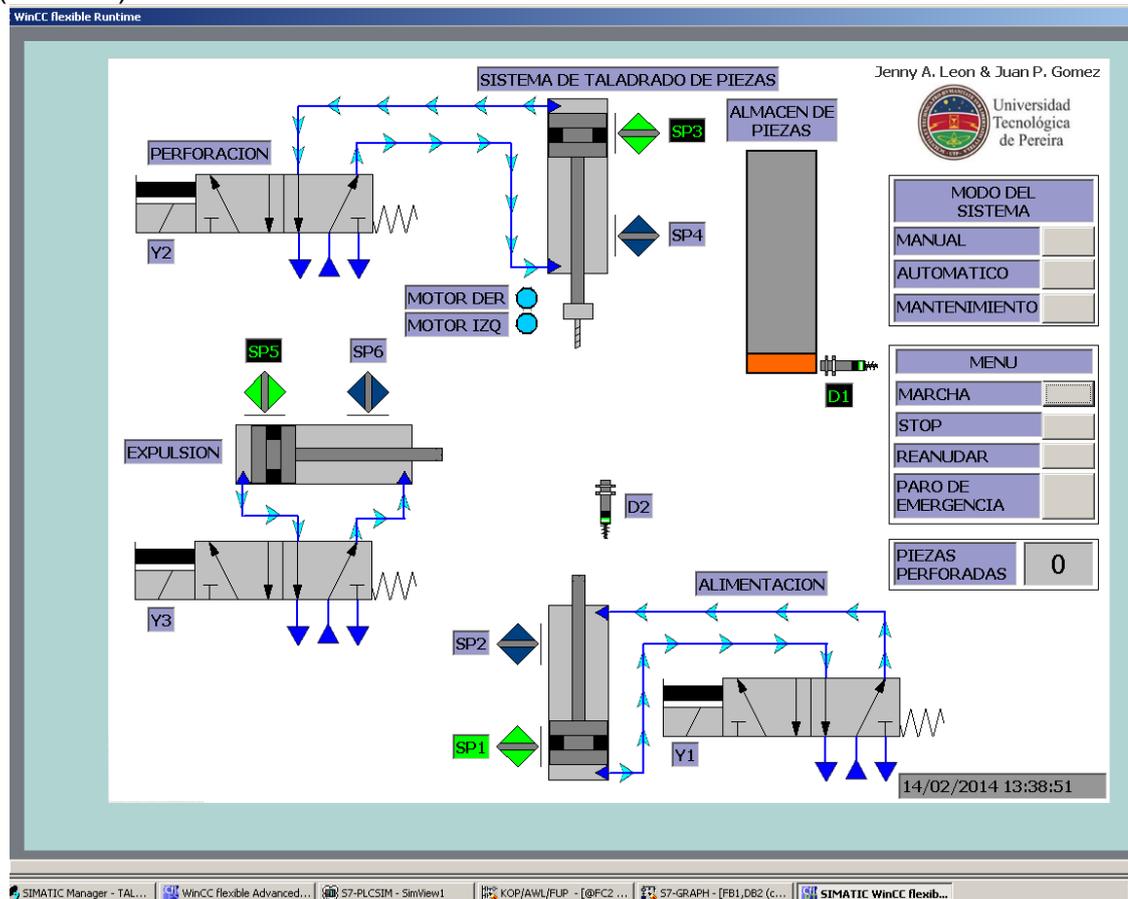


Figura 56. Programa de HMI simulado. (Sistema en MANUAL) (Autores)

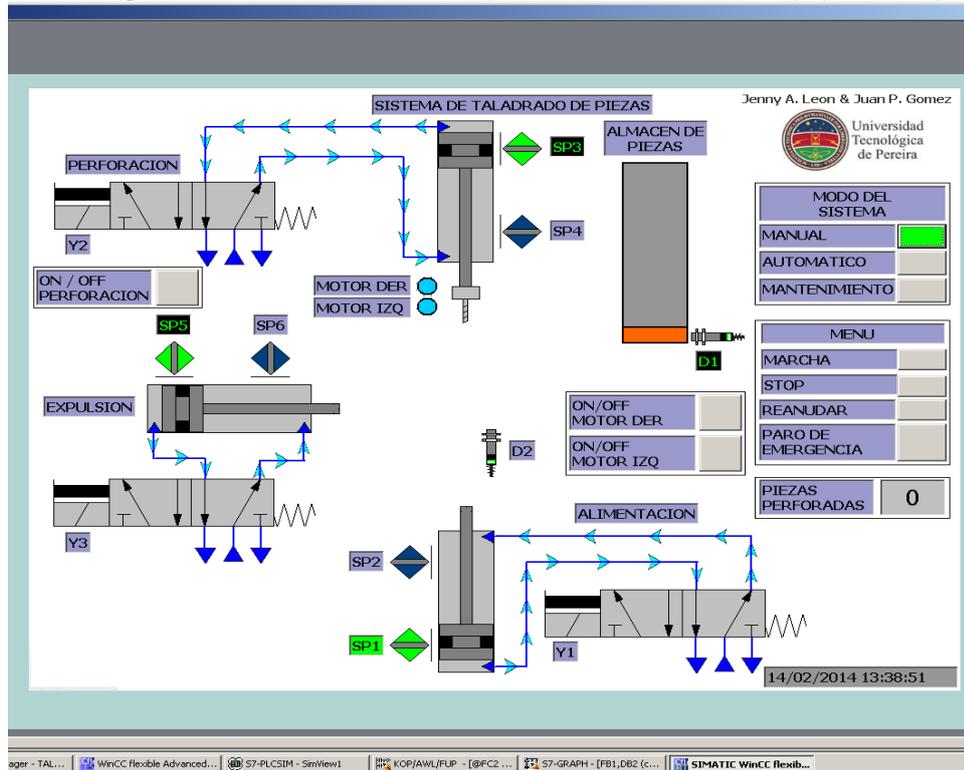


Figura 57. Programa de HMI simulado. (Sistema en AUTOMATICO) (Autores)

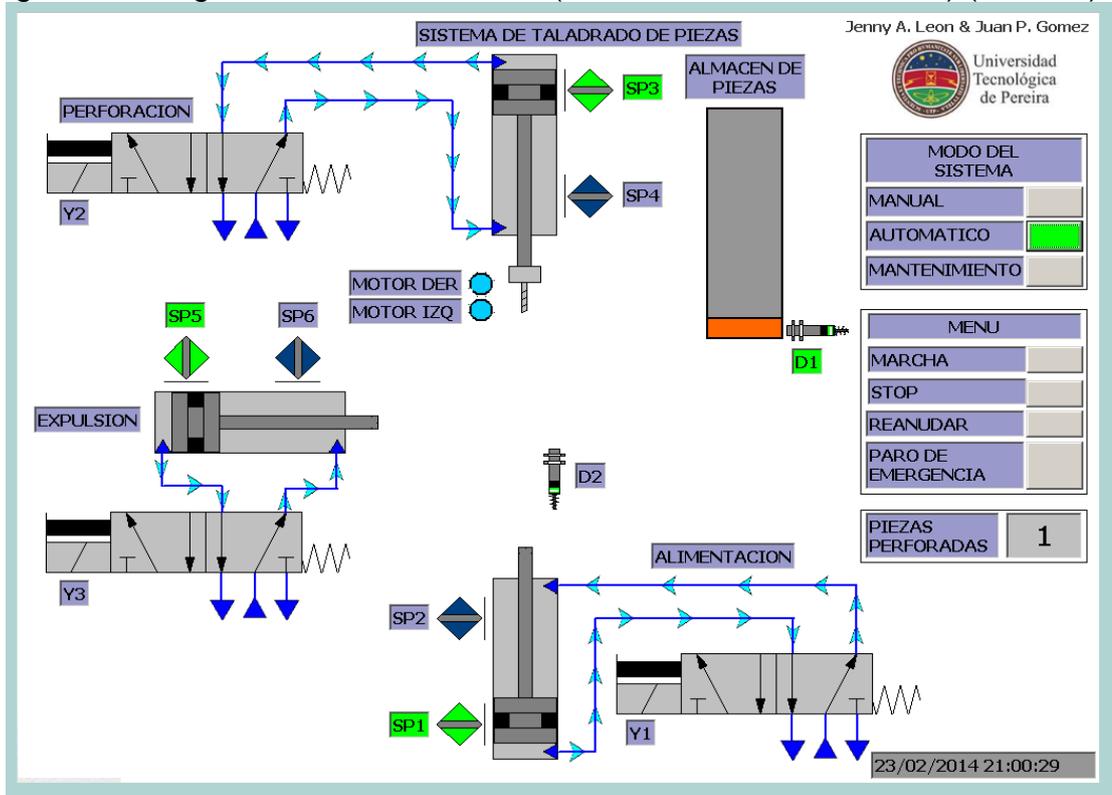


Figura 58. Programa de HMI simulado. (Sistema en MANTENIMIENTO)
(Autores)

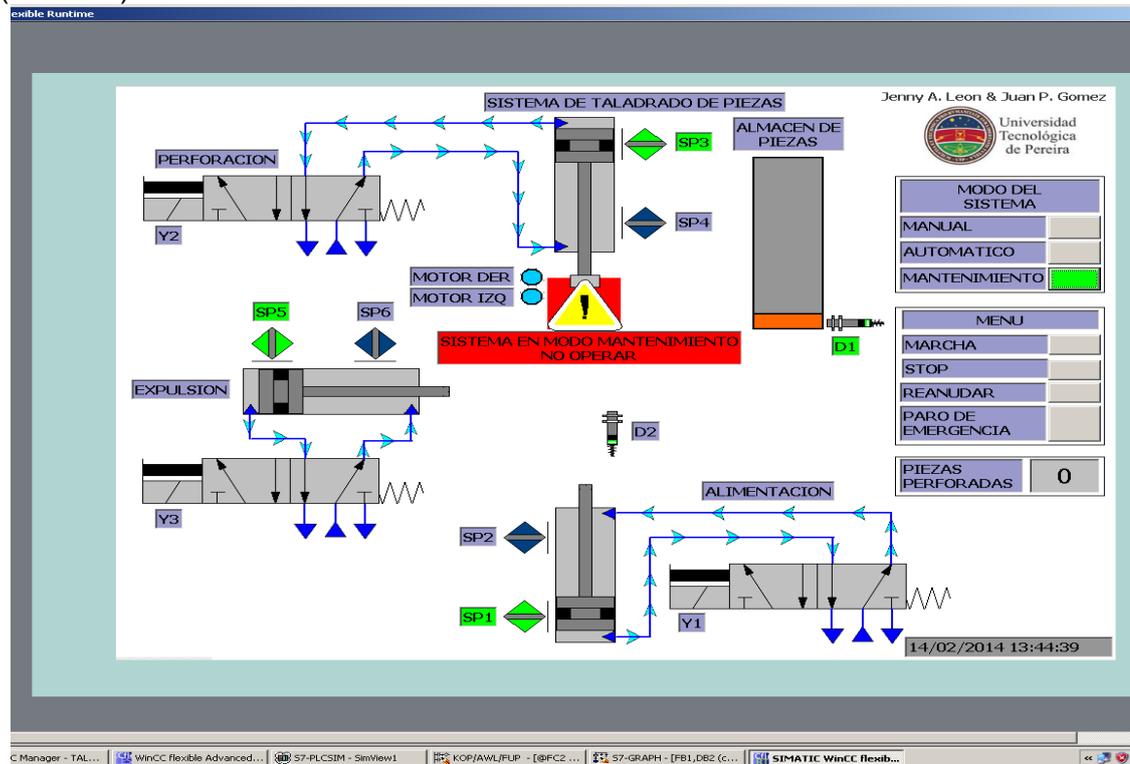


Figura 59. Programa de HMI simulado. (Cilindro de Alimentación activado en MANUAL)
(Autores)

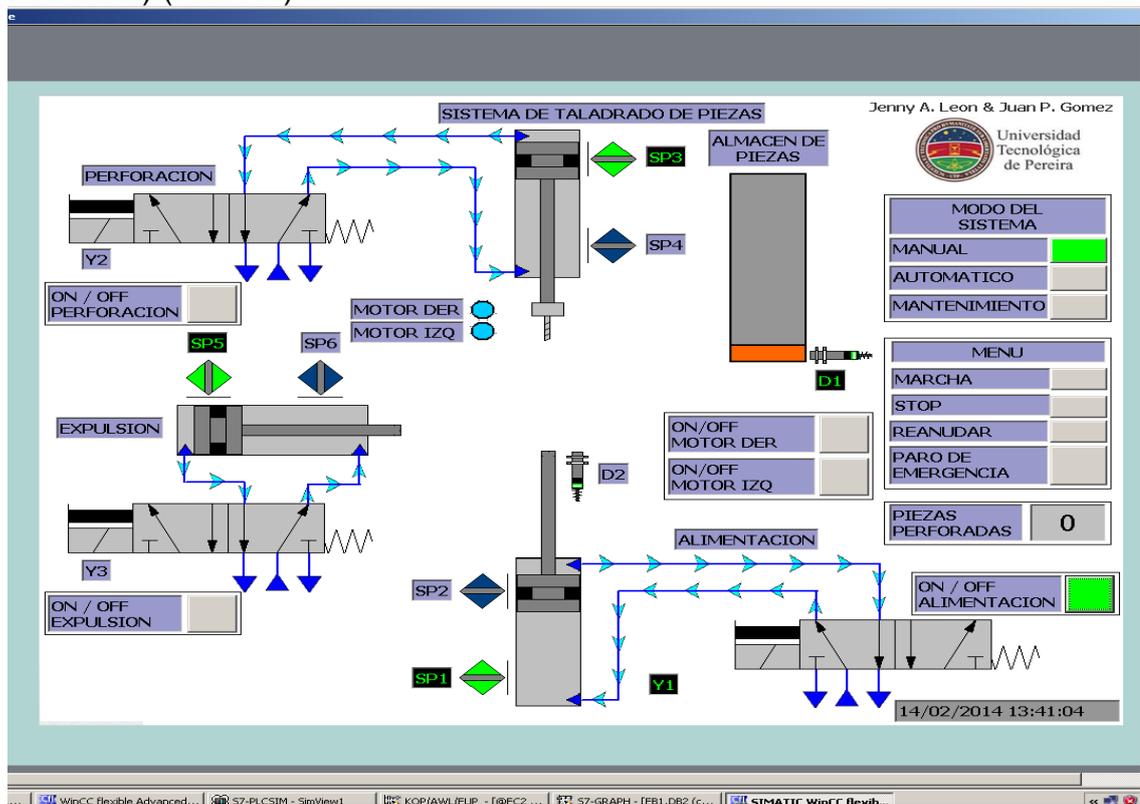
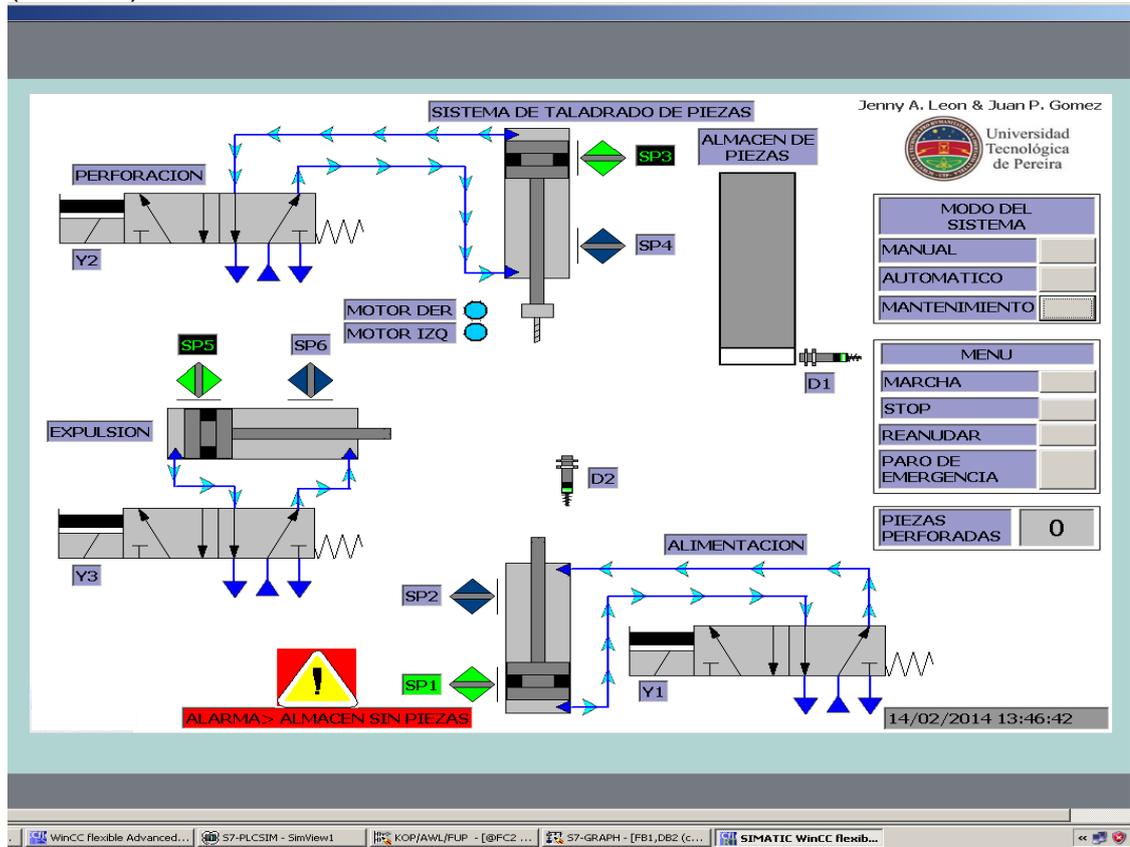


Figura 60. Programa de HMI simulado. (Alarma por almacén sin piezas)
(Autores)



5 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan los resultados, conclusiones y recomendaciones para el diseño y simulación de la máquina perforadora de piezas por medio de PLC y sistema SCADA.

5.1 RESULTADOS

- Este proyecto, queda a disposición de quienes quieran implementarlo en montaje real, o de quienes quieran adicionarle funcionalidades, ya sea en la parte de programación y control, visualización u operación.
- Se muestra el diseño mecánico de una máquina perforadora de piezas acorde a los requerimientos iniciales.
- Se muestra el diseño eléctrico de una máquina perforadora de piezas acorde a los requerimientos iniciales.
- Se muestra el diseño de los mímicos para el mando y visualización del proceso de una máquina perforadora de piezas mediante la implementación de un sistema SCADA.
- Se muestra el diseño de los bloques de programa para el mando y visualización del proceso de una máquina perforadora de piezas mediante la implementación de un PLC.

5.2 CONCLUSIONES

- Con la simulación del proceso se demostró que el diseño mecánico y eléctrico, el cálculo de variables, la selección de componentes, la elaboración del programa en el PLC y el diseño del mímico en la HMI se obtuvieron los resultados esperados, pues esta muestra el funcionamiento de la secuencia en el proceso de taladrado y la operación del proceso.
- Todo diseño debe iniciar con un boceto o bosquejo de los requerimientos básicos que se desean suplir, puesto que a partir de estos surgirán más necesidades y dará pie a la búsqueda del diseño final que acompañado de la aplicación de normas de diseño y estándares, tanto eléctrico como mecánico, sean universales, aplicables y en un único lenguaje entendible para todos en cualquier parte del mundo.
- Para la selección correcta de los diferentes elementos que hacen parte del diseño de una maquinaria o proceso como tal, se debe tener en cuenta una serie de cálculos, los cuales permiten dimensionar la máquina. Al tener la

selección final de los elementos que componen el proceso, se procede a realizar el diseño final tanto eléctrico como mecánico.

- Se optó por seleccionar las referencias de los equipos de automatización y de protección eléctrica de marca SIEMENS, debido a que esta compañía es una de las compañías líderes en esta rama en todo el mundo. Cabe aclarar, que se pudieron haber seleccionado con otras marcas, pues el método para seleccionar los equipos es el mismo, (capacidades, aplicaciones, tensiones de operación, corrientes de consumo, puertos, prestaciones, etc.).

- La referencia de la CPU, fue seleccionada pensando en el momento en que se deseen ampliar las funciones al sistema de perforado, ya sea adicionando otras máquinas o procesos a este; puesto que la referencia seleccionada para el sistema de perforado pudo haber sido con otra de gama más baja y hubiese ofrecido las mismas prestaciones que la seleccionada. De hecho los módulos de entradas y salidas digitales quedaron con reservas, para el caso en el que se adicionen nuevos elementos, ya sean sensores, cilindros, etc.

- Al igual que con el equipamiento de automatización y protecciones eléctricas, los equipos neumáticos, electroneumáticos, sensores de proximidad; fueron seleccionados de marca FESTO, debido a que esta marca es otra de las compañías pioneras en el mundo en este tipo de equipamientos; no queriendo decir que no se puedan utilizar otras marcas, puesto que los cálculos y procedimientos para llevar a cabo las selecciones son los mismos, (fuerzas, momentos, volúmenes, etc.).

- La mayor ventaja es que si hay que variar el proceso basta con cambiar el programa introducido en el autómatas (en la mayoría de los casos). Otra ventaja es que el autómatas también permite saber el estado del proceso, incluyendo la adquisición de datos para un posterior estudio.

5.3 RECOMENDACIONES

- Se considera de importancia el estudio de máquinas existentes, con el fin de llevar a cabo la construcción de dicha máquina, pues con el estudio de estas máquinas se puede establecer si los componentes seleccionados en el diseño cumplen con los requerimientos iniciales.

- Es importante que para la implementación real del sistema se utilicen los componentes de las marcas seleccionadas en este documento, puesto que estas marcas son reconocidas a nivel mundial y tienen una gran trayectoria en el campo industrial.

- Es importante considerar que las simulaciones en *software* de diseño no son 100% reales, lo cual significa que al momento de implementarse la máquina

perforadora de piezas existirá una probabilidad de desviación con los resultados teóricos, el cual permitirá realizar ajustes al sistema.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Balcells, Josep y Romeral, José Luis. Autómatas programables. México. Edit. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR S.A. de C.V., 1998. 327 p.
- [2] Electricidad electrónica, Autómatas programables, Capitulo Arquitectura interna del autómata. Edición INNOVA. España. Edit. INNOVACION Y CALIFICACION, SL., 2004, 520 p.
- [3] Rodríguez Penin, Antonio. Sistemas SCADA. 2da edición. Barcelona. Edit. Marcombo, 2007. 447 p.
- [4] Enriquez Harper, Gilberto. Manual de instalación y reparación de aparatos electrodomésticos. México. Edit. Limusa, 2004, 340 p.
- [5] Mandado, Enrique, Perfecto Mariño, Alfonso Lago. Instrumentación electrónica. Capítulo 1: introducción a la instrumentación electrónica. Barcelona. Edit. MARCOMBO, S.A, 1995. 227 p.
- [6] Hermosa Donate, Antonio. Principios de electricidad y electrónica tomo I. 2da Edición. Barcelona. Edit. MARCOMBO S.A, 2005. 301 p.
- [7] Sobrevila, Marcelo Antonio y Sobrevila, Alejandro Marcelo. Sensores eléctricos. Edit. ALSINA. 47 p.
- [8] Cardona Guio, Juan Pablo. Diseño de circuitos neumáticos. Bogotá. Edit. UNED Bogotá, 2009. 189 p.
- [9] W.deppert, K.stoll. Dispositivos neumáticos. Barcelona. Edit. Alfa omega, S.A 2004, 188 p.
- [10] Guía de aprendizaje: Aplicación de métodos en la solución de problemas de Automatización. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Versión 1-F2-6060-014 / 02-06
- [11] Pere Pronsa Asencio, Vilanova Arbós Ramón. Automatización de procesos mediante la guía GEMMA. Barcelona. Edit. Edicions UPC. 2005. 113 p.
- [12] SCADA, Wikipedia, Disponible en internet: <<http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>>
- [13] Sistemas de Interfaz Hombre-Máquina, HMI Una ventana abierta a los procesos, articulo de electro industria, disponible en internet: <<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=837>>

- [14] Raúl Cobo, El ABC de la automatización, disponible en internet: <<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>>
- [15] Siemens, Simatic S7-PLCSIM V5.3 incl. SP1, Manual de usuario, edición 01/2005, disponible en internet: <http://cache.automation.siemens.com/dnl/DQzMTUzMQAA_1139071_HB/Plcsim_s.pdf>
- [16] Antonio Bueno, Unidad didáctica: “simbología eléctrica”, disponible en internet: <<http://es.scribd.com/doc/159419974/91649390-IEC-60617-2-Simbolos-Electricos-pdf>>
- [17] automatismos industriales, disponible en internet: <http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/automatismos_industriales.htm>
- [18] IEC61131, Wikipedia, disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/IEC_61131-3>
- [19] ICONTEC, Compendio de dibujo técnico
- [20] Automation Studio, Wikipedia, disponible en internet: <http://en.wikipedia.org/wiki/Automation_Studio>
- [21] Guía GEMMA, disponible en internet: http://www.dea.icaei.upcomillas.es/jarm/Asignaturas/AutomatizacionIndustrial_3itei/transparencias/7gemma.pdf
- [22] Modos De Marcha Y Parada, La Guía GEMMA, disponible en internet: <http://www.isa.uniovi.es/~vsuarez//Download/GemmaTelemecanique.PDF>
- [23] Regulador P&D, disponible en internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo
- [24] Tipos de Señales, cantidades binarias y operaciones Digitales, disponible en internet: <http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/curso-de-plcs-avanzado/item/667-tipos-de-se%C3%B1ales-cantidades-binarias-y-operaciones-digitales.html>
- [25] Optoacoplador, disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Optoacoplador>
- [26] Perro guardián (electrónica), disponible en internet: [http://es.wikipedia.org/wiki/Perro_guardi%C3%A1n_\(electr%C3%B3nica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Perro_guardi%C3%A1n_(electr%C3%B3nica))
- [27] Microcontrolador, se encuentra disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>

[28] Panel sinóptico, se encuentra disponible en internet:
http://es.wikipedia.org/wiki/Cuadro_sin%C3%B3ptico

[29] Punzonado, disponible en internet:
<http://es.thefreedictionary.com/punzonado>

[30] Unidad didáctica, “Neumática e hidráulica”, disponible en internet:
http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_neumatica/neumatica_indice.html

[31] Unidad didáctica “Simbología neumática e hidráulica”, disponible en internet:
http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_simbologia_neuma/simbolos_neumatica_indice.html

[32] Referencias sobre normas vigentes, disponible en internet:
http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/lab_plc/paginas/normas.html

[33] Entorno de WinCC, disponible en internet:
http://elbloginforma2009.blogspot.com/2009_11_01_archive.html

7 ANEXOS

Anexo 1

Portada Diagramas eléctricos (Autores)

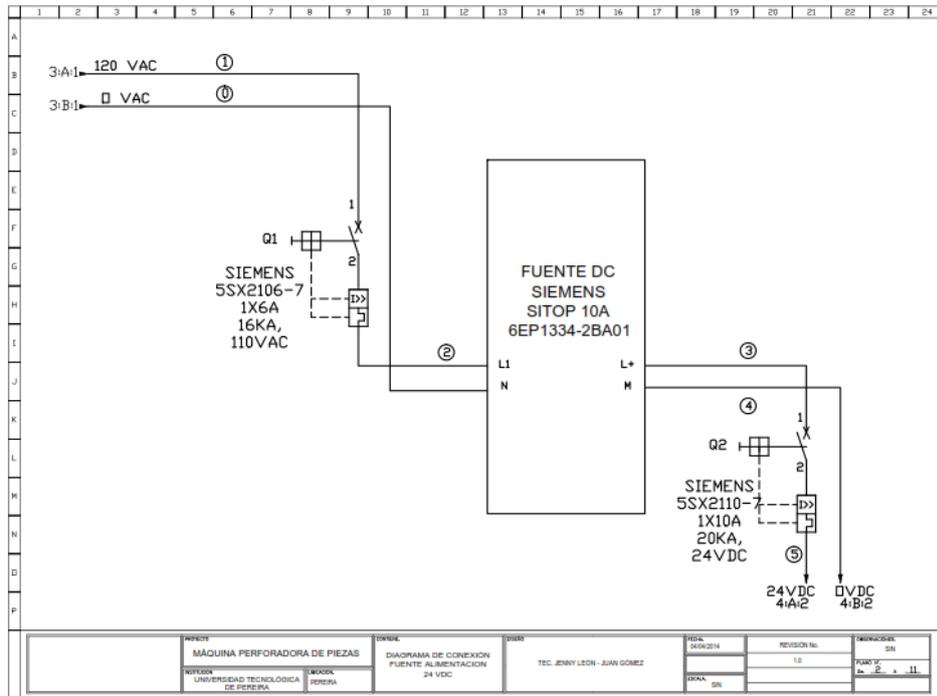
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">PROYECTO DE GRADO</p> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">MÁQUINA PERFORADORA DE PIEZAS</p> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">FACULTAD DE TECNOLOGÍAS</p> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA</p>																							
B																								
C																								
D																								
E																								
F																								
G																								
H																								
I																								
J																								
K																								
L																								
M																								
N																								
O																								
P																								

CONTROL DE REVISIONES			
FECHA	REVISION No.	ALCANCE	VALIDO
04/02/14	1	CONTROL SISTEMA	-----

PROYECTO MÁQUINA PERFORADORA DE PIEZAS	TÍTULO PORTADA DISEÑO MÁQUINA PERFORADORA DE PIEZAS PARA OPTAR A TÍTULO	AUTORES TEC. JENNY LEÓN - JUAN GÓMEZ	FECHA 04/02/14	REVISION No. 1.0	GRUPO DEL SN
ORGANIZACIÓN UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	LUGAR PEREIRA		FECHA SN	REVISION No. 1.0	FOLIO N.º SN / 11

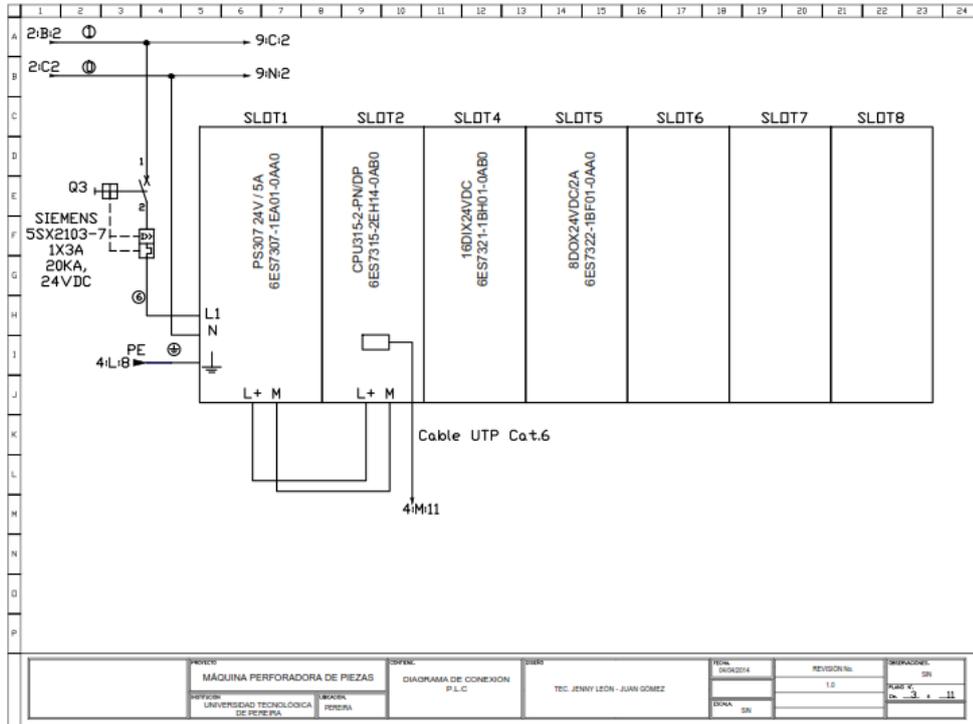
Anexo 2

Conexión fuente DC (Autores)



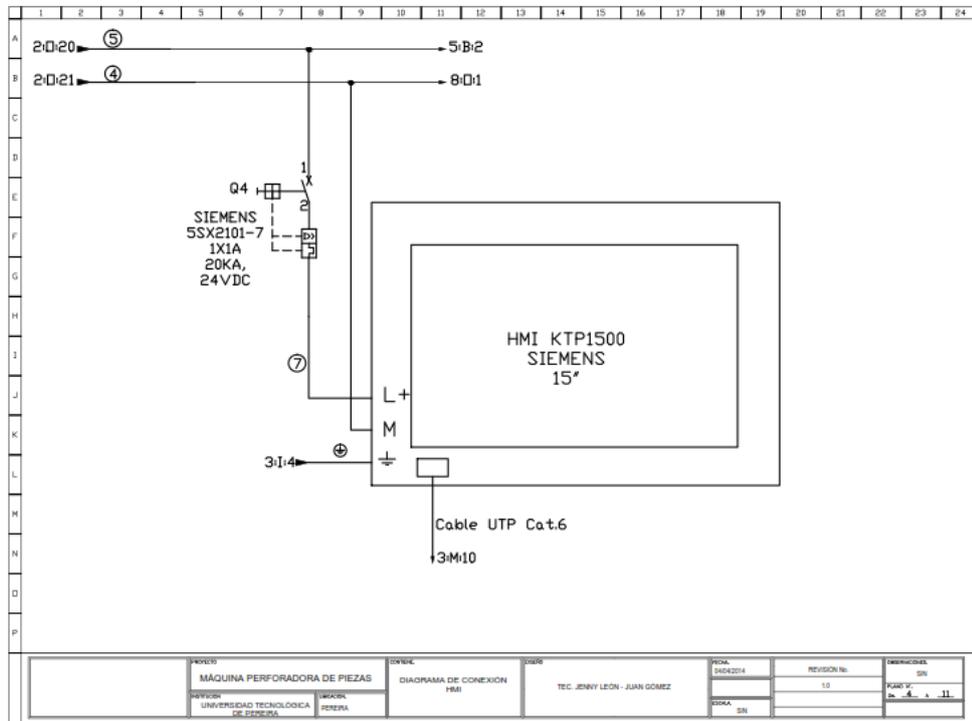
Anexo 3

Módulo del Controlador Lógico Programable (PLC) (Autores)



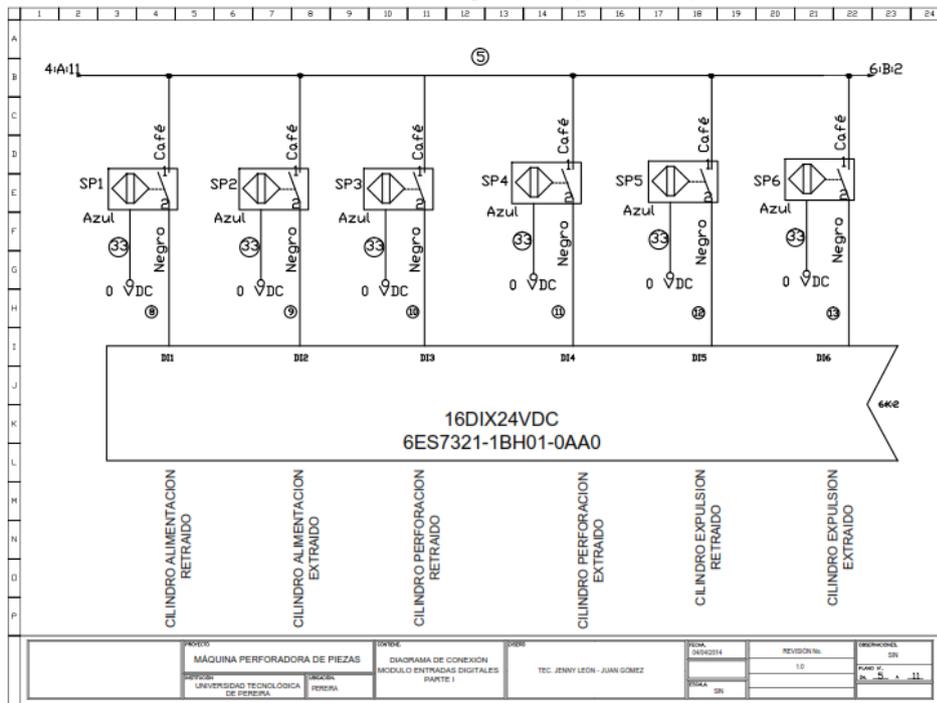
Anexo 4

Conexión de la Interfaz Hombre- Máquina (HMI) (Autores)



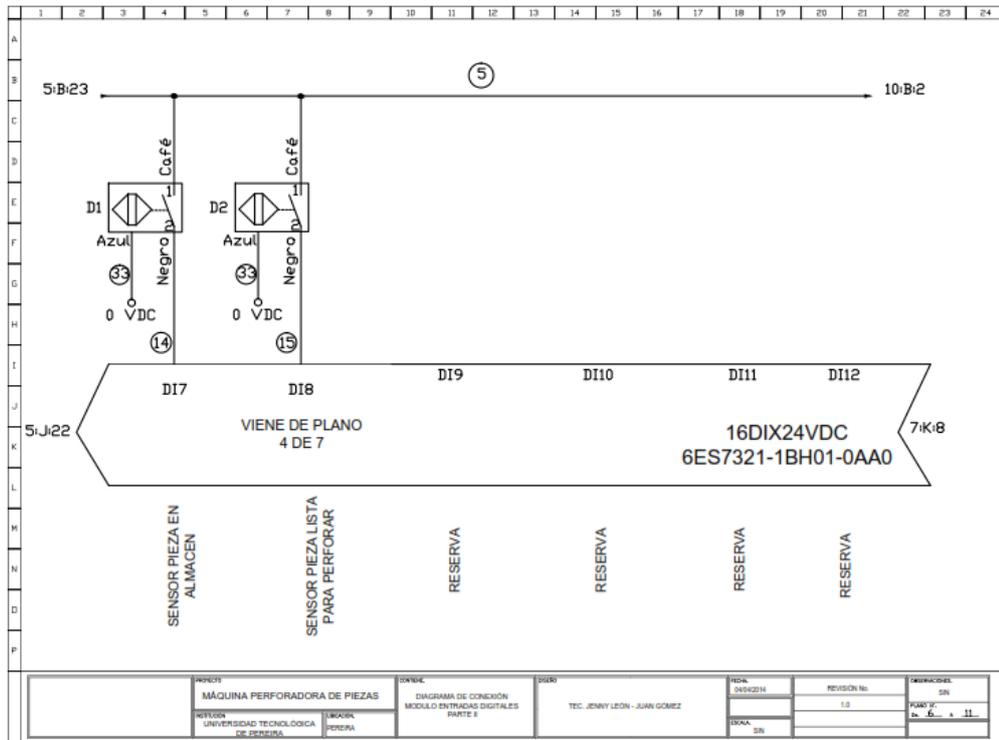
Anexo 5

Conexión de módulo de entradas digitales (Autores)



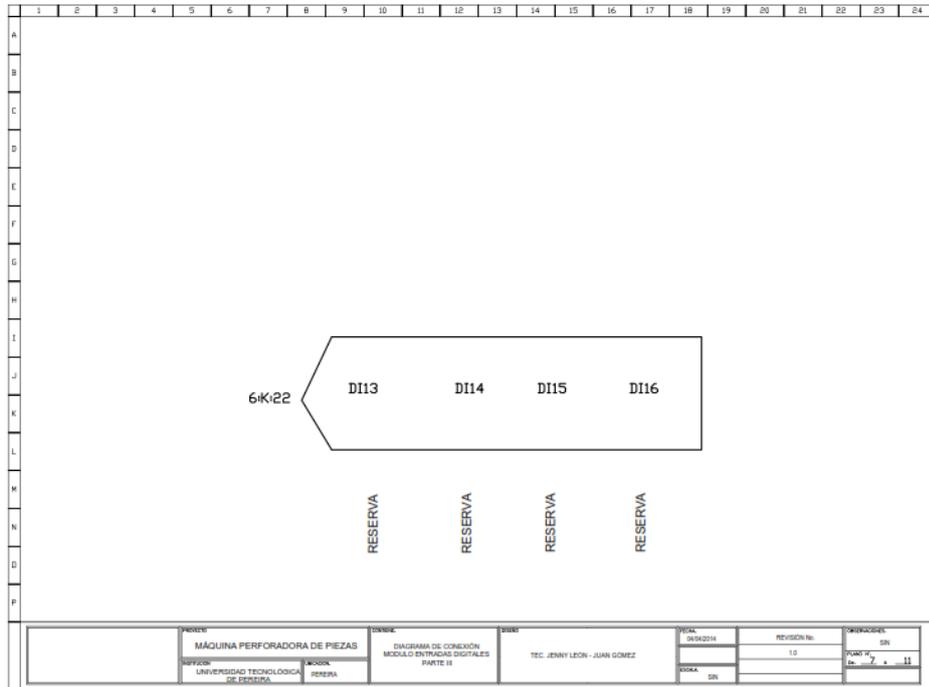
Anexo 6

Conexión de módulo de entradas digitales (continuación) (Autores)



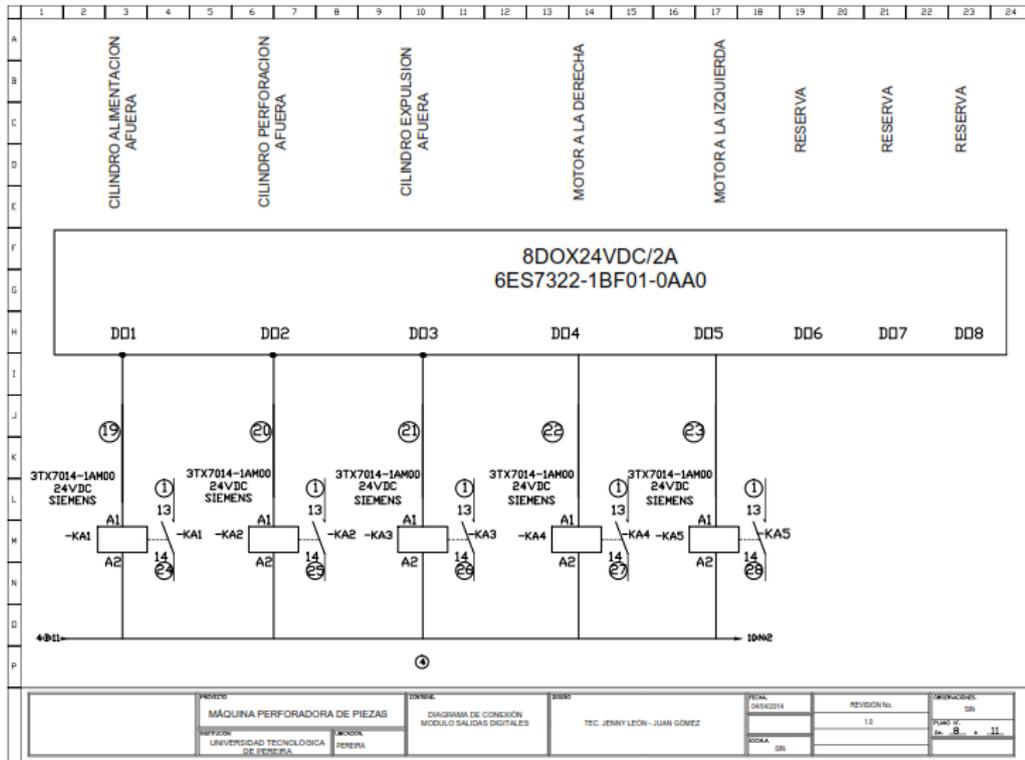
Anexo 7

Conexión de módulo de entradas digitales (continuación) (Autores)



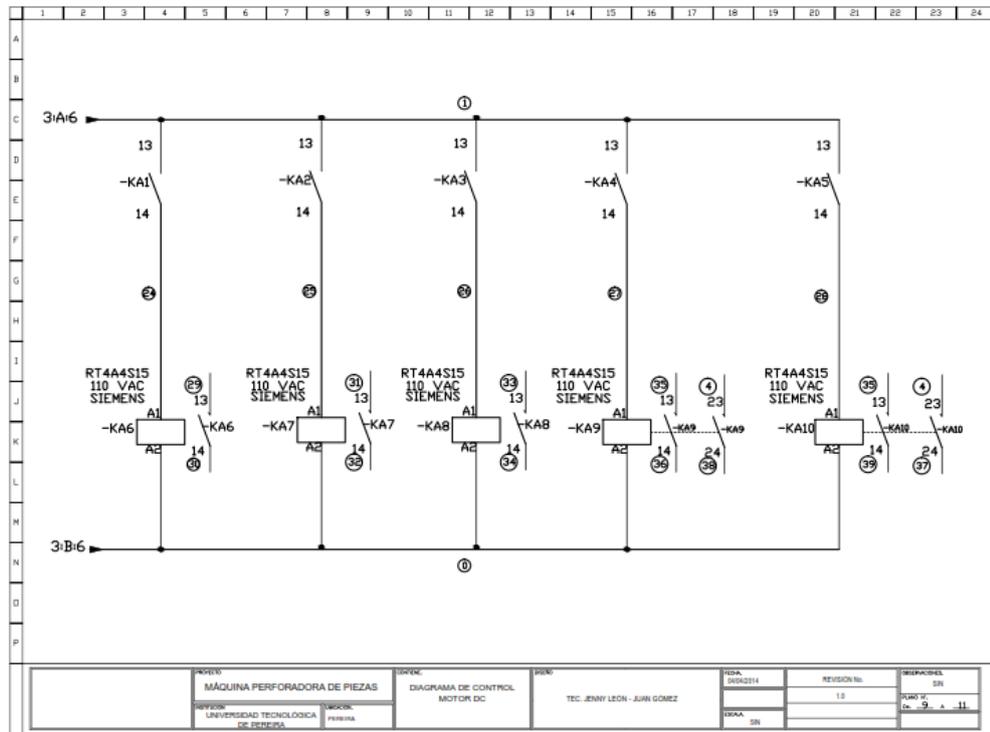
Anexo 8

Conexión de módulo de salidas digitales (Autores)



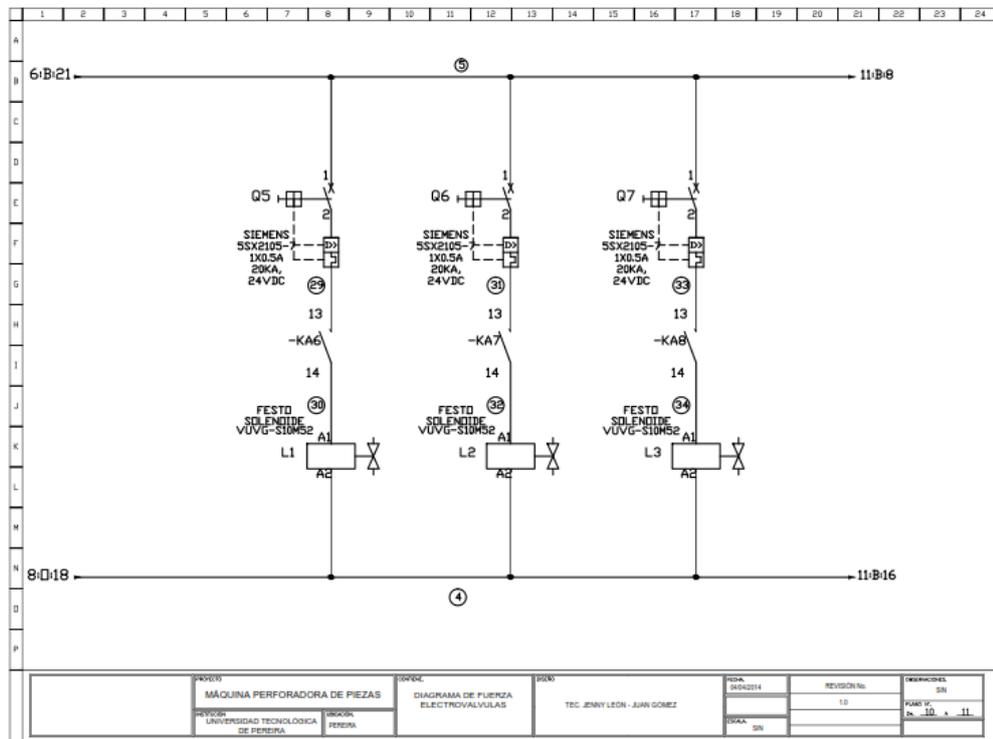
Anexo 9

Conexión de control del sistema (Autores)



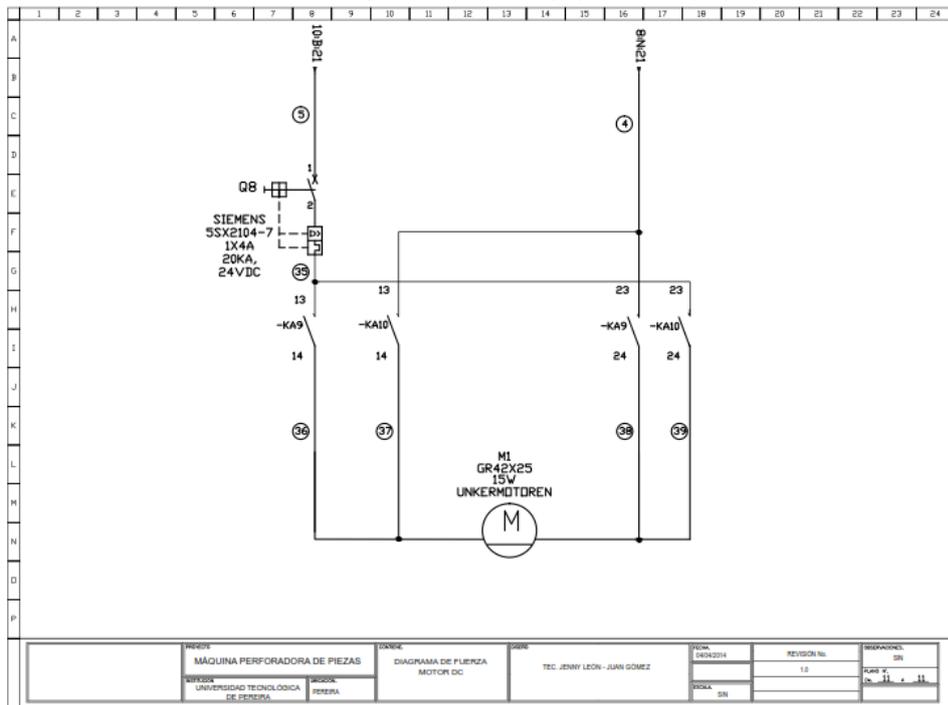
Anexo 10

Diagrama de fuerza de sistema (Autores)



Anexo 11

Diagrama de fuerza de sistema (continuación) (Autores)



Anexo 12

Hoja de datos Panel básico TP1500

SIEMENS

Product data sheet

6AV6647-0AG11-3AX0



SIMATIC HMI TP1500 BASIC COLOR PN,
BASIC PANEL, TOUCH OPERATION,
15" TFT DISPLAY, 256 COLORS,
PROFINET INTERFACE,
CONFIGURATION FROM WINCC FLEXIBLE 2008 SP2
COMPACT/ WINCC BASIC V10.5/ STEP7 BASIC V10.5,
CONTAINS OPEN SOURCE SW WHICH IS PROVIDED
FREE OF CHARGE FOR DETAILS SEE CD

Display	
Design of display	TFT
Screen diagonal	15 in
Display width	304.1 mm
Display height	228.1 mm
Number of colors	256
Resolution (pixels)	
Horizontal image resolution	1024
Vertical image resolution	768
Backlighting	
MTBF backlighting (at 25 °C)	50000 h
Dimmable backlight	No
Control elements	
Keyboard fonts	
Number of function keys	0
Keys with LED	No
System keys	No
Numeric/alphabetical input	
Numeric keyboard	Yes : Onscreen keyboard

Alphanumeric keyboard	Yes : Onscreen keyboard
Touch operation	
Design as touch screen	Yes
Installation type/mounting	
Mounting in portrait format possible	No
Mounting in landscape format possible	Yes
Supply voltage	
Type of supply voltage	DC
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	0.8 A
Inrush current A's	0.2 A ^{2-s}
Power	
Power consumption, typ.	20 W
Processor	
Processor type	
X86	No
ARM	Yes : RISC 32-bit
Memory	
Flash	Yes
RAM	Yes
Usable memory for user data	2 Mbyte
Type of output	
Acoustics	
Buzzer	Yes
Speaker	No
Time of day	
Clock	
Hardware clock (real-time clock)	No
Software clock	Yes
Battery-backed	No
Synchronizable	Yes
Interfaces	
Number of RS 485 interfaces	0
Number of USB interfaces	0
Number of SD card slots	0

Fuente: <http://datasheet.octopart.com/6AV6647-0AG11-3AX0-Siemens-datasheet-12170345.pdf>

Anexo 13

Hoja de datos Fuente de poder 120/230 VAC-24VDC

SIEMENS

Product data sheet

6ES7307-1EA01-0AA0



SIMATIC S7-300 STABILIZED POWER SUPPLY PS307
INPUT: 120/230 V AC OUTPUT: DC 24 V DC/5 A

Technical specifications

Product	PS 307
Power supply, type	24 V/5 A
Input	
Input	1-phase AC
Supply voltage / 1 / at AC / nominal value	120 V
Supply voltage / 2 / at AC / nominal value	230 V
Voltage range	
• Note	Automatic range selection
Input voltage / 1 / at AC	85 ... 132 V
Input voltage / 2 / at AC	170 ... 264 V
Wide-range input	No
Overvoltage resistance	2.3 × Vin rated, 1.3 ms
Mains buffering at Iout rated, min.	20 ms
Mains buffering	at Vin = 93/187 V
Rated line frequency	50 / 60 Hz
Rated line range	47 ... 63 Hz
Input current / at nominal level of the input voltage 120 V	2.3 A
Input current / at nominal level of the input voltage 230 V	1.2 A
Switch-on current limiting (+25 °C), max.	20 A
Duration of current limiting / at 25 °C / maximum	3 ms

PI, max.	1.2 A ² s
Built-in incoming fuse	T 3,15 A/250 V (not accessible)
Protection in the mains power input (IEC 898)	Recommended miniature circuit breaker: from 6 A characteristic C
Output	
Output	Controlled, isolated DC voltage
Rated voltage V _{out} DC	24 V
Total tolerance, static ±	3 %
Static mains compensation, approx.	0.1 %
Static load balancing, approx.	0.5 %
Residual ripple peak-peak, max.	50 mV
Residual ripple peak-peak, typ.	10 mV
Spikes peak-peak, max. (bandwidth: 20 MHz)	150 mV
Spikes peak-peak, typ. (bandwidth: 20 MHz)	20 mV
Product feature / output voltage adjustable	No
Output voltage setting	-
Status display	Green LED for 24 V OK
On/off behavior	No overshoot of V _{out} (soft start)
Startup delay, max.	2 s
Voltage rise, typ.	10 ms
Rated current value I _{out} rated	5 A
Current range	0 ... 5 A
delivered active power / typ.	120 W
short-term overload current / at short-circuit during run-up / typical	20 A
Duration of overloading ability for excess current / on short-circuiting during the start-up	100 ms
short-term overload current / at short-circuit during operation / typical	20 A
Duration of overloading ability for excess current / on short-circuiting during the operational phase	100 ms
Parallel switching for enhanced performance	Yes
Efficiency	
Efficiency at V _{out} rated, I _{out} rated, approx.	87 %
Power loss at V _{out} rated, I _{out} rated, approx.	18 W
Closed-loop control	
Dynamic mains compensation (V _{in} rated ±15 %), max.	0.1 %
Dynamic load smoothing (I _{out} : 50/100/50 %), U _{out} ± typ.	1 %
Load step setting time 50 to 100%, typ.	0.3 ms
Load step setting time 100 to 50%, typ.	0.3 ms
Protection and monitoring	
Output overvoltage protection	Additional control loop, shutdown at < 28.8 V, automatic restart
Current limitation	5.5 ... 6.5 A

Characteristic feature of the output / short-circuit protected	Yes
Short-circuit protection	Electronic shutdown, automatic restart
Enduring short circuit current / Effective level / maximum	7 A
Safety	
Primary/secondary isolation	Yes
Potential separation	Safety extra-low output voltage U _{out} acc. to EN 60950-1 and EN 50178
Protection class	Class I
stray current / maximum	3.5 mA
stray current / typical	0.5 mA
CE mark	Yes
UL/CSA approval	Yes
UL/cUL (CSA) approval	cULus-Listed (UL 508, CSA C22.2 No. 142), File E143289
Explosion protection	ATEX (EX) II 3G Ex nA II T4; cULus (ISA 12.12.01, CSA C22.2 No.213) Class I, Div. 2, Group ABCD, T4, File E330455
FM approval	Class I, Div. 2, Group ABCD, T4
CB approval	No
Marine approval	In S7-300 system
Degree of protection (EN 60529)	IP20
EMC	
Emitted interference	EN 55022 Class B
Supply harmonics limitation	EN 61000-3-2
Noise immunity	EN 61000-6-2
Operating data	
Ambient temperature / in operation	0 ... 60 °C
• Note	with natural convection
Ambient temperature / on transport	-40 ... +85 °C
Ambient temperature / in storage	-40 ... +85 °C
Humidity class according to EN 60721	Climate class 3K3, no condensation
Mechanics	
Connection technology	screw-type terminals
Connections / Supply input	L, N, PE: 1 screw terminal each for 0.5 ... 2.5 mm ² single-core/finely stranded
Connections / Output	L+, M: 3 screw terminals each for 0.5 ... 2.5 mm ²
Connections / Auxiliary	-
Width / of the housing	60 mm
Height / of the housing	125 mm
Depth / of the housing	120 mm
Installation width	60 mm
Mounting height	205 mm

Fuente: http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/500000-524999/513201-da-01-es-SIEMENS_SIMATIC_PS307_5A_HUTSCHIENETZT.pdf

Anexo 14

Hoja de datos Modulo de entradas digitales

SIEMENS

Product data sheet

6ES7321-7BH01-0AB0



SIMATIC S7-300, DIGITAL INPUT SM 321,
GALVANICALLY ISOLATED, 16 DI, DC 24V,
1 X 20 PIN, PROCESS INTERRUPT,
DIAGNOSTICS, FIT FOR ISOCHRON MODE

Supply voltage	
Load voltage L+	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
from load voltage L+ (without load), max.	90 mA
Digital inputs	
Number of digital inputs	16
Input characteristic curve in accordance with IEC 61131, type 2	Yes
Number of simultaneously controllable inputs	
horizontal installation	
up to 40 °C, max.	16
up to 60 °C, max.	16
vertical installation	
up to 40 °C, max.	16
Input voltage	
Type of input voltage	DC

Rated value, DC	24 V
for signal "0"	-30 to +5 V
for signal "1"	13 to 30 V
Input current	
for signal "1", typ.	7 mA
Cable length	
Cable length, shielded, max.	1000 m
Cable length unshielded, max.	600 m
Encoder	
Connectable encoders	
2-wire sensor	Yes
Permissible quiescent current (2-wire sensor), max.	2 mA
Isochronous mode	
Isochronous operation (application synchronized up to terminal)	Yes
Interrupts/diagnostics/status information	
Alarms	
Alarms	Yes
Diagnostic alarm	Yes : Parameterizable
Hardware interrupt	Yes : Parameterizable
Diagnostic messages	
Diagnostic functions	Yes : Parameterizable
Diagnostics indication LED	
Group error SF (red)	Yes
Status indicator digital input (green)	Yes
Galvanic isolation	
Galvanic isolation digital inputs	
between the channels	No
between the channels, in groups of	16
between the channels and the backplane bus	Yes : Optocoupler
Isolation	
Isolation checked with	500 V DC
Connection method	
required front connector	20-pin
Dimensions	
Width	40 mm
Height	125 mm
Depth	120 mm

Fuente:

<http://www.classicautomation.com/Catalog/ProductDetail.aspx?partnum=6ES7321-7BH01-0AB0&gclid=CPjy8om3m74CFePm7AodyBYAQA>

Anexo 15

Hoja de datos Modulo de salidas digitales

Product data sheet

6ES7322-1BF01-0AA0



SIMATIC S7-300, DIGITAL OUTPUT SM 322,
OPTICALLY ISOLATED, 8 DO, 24V DC, 2A,
1 X 20 PIN

Supply voltage	
Load voltage L+	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
from load voltage L+ (without load), max.	60 mA
from backplane bus 5 V DC, max.	40 mA
Power losses	
Power loss, typ.	6.8 W
Digital outputs	
Number/binary outputs	8
Limitation of inductive shutdown voltage to	L+ (-48 V)
Lamp load, max.	10 W
Load resistance range	
lower limit	12 Ω
upper limit	4 kΩ
Output voltage	

for signal "1", min.	L+ (-0.8 V)
Output current	
for signal "1" rated value	2 A
for signal "1" permissible range for 0 to 40 °C, max.	2.4 A
for signal "1" minimum load current	5 mA
for signal "0" residual current, max.	0.5 mA
Switching frequency	
with resistive load, max.	100 Hz
with inductive load, max.	0.5 Hz
on lamp load, max.	10 Hz
Aggregate current of outputs (per group)	
horizontal installation	
up to 40 °C, max.	4 A
up to 60 °C, max.	4 A
vertical installation	
up to 40 °C, max.	4 A
Cable length	
Cable length, shielded, max.	1000 m
Cable length unshielded, max.	600 m
Interrupts/diagnostics/status information	
Alarms	
Diagnostic alarm	No
Diagnostic messages	
Diagnostics	No
Wire break	No
Short circuit	No
Fuse blown	No
Missing load voltage	No
Diagnostics indication LED	
Rated load voltage PWR (green)	No
Fuse OK FSG (green)	No
Galvanic isolation	
Galvanic isolation digital outputs	
between the channels, in groups of	4
between the channels and the backplane bus	Yes ; Optocoupler
Isolation	
Isolation checked with	500 V DC
Connection method	

Fuente: <http://datasheet.octopart.com/6ES7322-1BF01-0AA0-Siemens-datasheet-14366875.pdf>

Anexo 16

Hoja de datos CPU para módulo de PLC

SIEMENS

Product data sheet

6ES7315-2EH14-0AB0



SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP,
CENTRAL PROCESSING UNIT WITH 384 KBYTE
WORKING MEMORY,
1. INTERFACE MPI/DP 12MBIT/S,
2. INTERFACE ETHERNET PROFINET,
WITH 2 PORT SWITCH,
MICRO MEMORY CARD NECESSARY

General Information	
Hardware product version	1
Engineering with	
Programming package	STEP7 V 5.5 or higher
Supply voltage	
24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
External protection for supply cables (recommendation)	2 A min.
Mains buffering	
Mains/voltage failure stored energy time	5 ms
Repeat rate, min.	1 s
Input current	
Current consumption (rated value)	750 mA
Current consumption (in no-load operation), typ.	150 mA
Inrush current / typical	4 A
I_t	1 A ² s
Power losses	
Active power loss / typical	4.65 W

Memory	
Type of memory	other
Work memory	
integrated	384 kbyte
expandable	No
Size of retentive memory for retentive data blocks	128 kbyte
Load memory	
pluggable (MMC)	Yes
pluggable (MMC), max.	8 Mbyte
Data management on MMC (after last programming), min.	10 a
Backup	
present	Yes ; Guaranteed by MMC (maintenance-free)
without battery	Yes ; Program and data
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.05 µs
for word operations, typ.	0.09 µs
for fixed point arithmetic, typ.	0.12 µs
for floating point arithmetic, typ.	0.45 µs
CPU-blocks	
Number of blocks (total)	1024 ; (DBs, FCs, FBs); the maximum number of loadable blocks can be reduced by the MMC used.
DB	
Number, max.	1024 ; Number range: 1 to 16000
Size, max.	64 kbyte
FB	
Number, max.	1024 ; Number range: 0 to 7999
Size, max.	64 kbyte
FC	
Number, max.	1024 ; Number range: 0 to 7999
Size, max.	64 kbyte
OB	
Size, max.	64 kbyte
Number of free cycle OBs	1 ; OB 1
Number of time alarm OBs	1 ; OB 10
Number of delay alarm OBs	2 ; OB 20, 21
Number of time interrupt OBs	4 ; OB 32, 33, 34, 35
Number of process alarm OBs	1 ; OB 40
Number of DPV1 alarm OBs	3 ; OB 55, 56, 57
Number isochronous mode OBs	1 ; OB 61

Fuente: <http://datasheet.octopart.com/6ES7315-2EH14-0AB0-Siemens-datasheet-14366531.pdf>

Anexo 17

Catalogo Fuentes SITOP/SIEMENS

SITOP smart The narrow universal power supply

SITOP ordering data



Technical specifications	SITOP smart 1-phase				
SITOP	24 V/2.5 A	24 V/3 A	24 V/3 A	24 V/10 A	24 V/10 A
Order No.	6EP1332-2BA10	6EP1333-2AA01	6EP1333-2BA01	6EP1334-2AA01	6EP1334-2BA01
Input voltage rated value	120/230 V AC				
- range	85...132/170...264 V AC				
Mains buffering	>20 ms (at 93/187 V)				
Line frequency rated value	50/60 Hz				
Input current rated value	1.1/0.85 A	2.1/1.5 A	2.1/1.5 A	4.1/2.4 A	4.1/2.4 A
- inrush current (25 °C / 77 °F)	< 14 A	< 32 A	< 32 A	< 65 A	< 65 A
- recommended protection in the supply cable	from 3 A characteristic C	from 6 A characteristic C	from 6 A characteristic C	from 10 A characteristic C	from 10 A characteristic C
Output voltage rated value	24 V DC				
- tolerance	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%
- setting range	22.8...28 V DC				
Output current rated value	2.5 A (3 A up to +45°C)	3 A (6 A up to +45°C)	3 A (6 A up to +45°C)	10 A (12 A up to +45°C)	10 A (12 A up to +45°C)
Efficiency at rated value approx.	89%	87%	87%	90%	91%
Parallel switch for higher perf.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Electronic short-circuit protection	Yes, constant current approx. 1.3 x output current rated value, overload capacity 1.5 x output current rated value for 3 seconds	Yes, constant current approx. 1.3 x output current rated value, overload capacity 1.5 x output current rated value for 3 seconds	Yes, constant current approx. 1.3 x output current rated value, overload capacity 1.5 x output current rated value for 3 seconds	Yes, constant current approx. 1.3 x output current rated value, overload capacity 1.5 x output current rated value for 3 seconds	Yes, constant current approx. 1.3 x output current rated value, overload capacity 1.5 x output current rated value for 3 seconds
RI specification (EN 55022)	Class B				
Line harmonic limitation	Not applicable	No	Yes	No	Yes
EN 61000-3-2	IP 20				
Degree of prot. (EN 60529)	IP 20				
Ambient temperature	0...+60 °C				
Dimensions (W x H x D) in mm	32.5x125x125	50x125x125	50x125x125	70x125x125	70x125x125
Weight approx.	0.4 kg	0.5 kg	0.5 kg	0.75 kg	0.8 kg
Approvals	CE, UL, CSA, GL, ATEX, Hazardous Location Class I Div 2 Groups A, B, C & D, T4	CE, UL, CSA, GL, ATEX, Hazardous Location Class I Div 2 Groups A, B, C & D, T4	CE, UL, CSA, GL, ATEX, Hazardous Location Class I Div 2 Groups A, B, C & D, T4	CE, UL, CSA, GL, ATEX, Hazardous Location Class I Div 2 Groups A, B, C & D, T4	CE, UL, CSA, GL, ATEX, Hazardous Location Class I Div 2 Groups A, B, C & D, T4

SITOP facets from our complete offer

SITOP ordering data



Technical specifications	SITOP power 0.3	SITOP power Flat Design	SITOP Outdoor ¹⁾	SITOP flexi
SITOP	24 V/0.3 A	24 V/3 A	24 V/10 A	24 V/3 A
Order No.	6EP1331-2BA10	6EP1333-1AL12	6EP1334-1AL12	6ES7302-1EA80-DAAG
Input voltage rated value	120...230 V AC	120/230 V AC	120/230 V AC	120/230 V AC
- range	93...264 V AC	85...132/170...264 V AC	85...132/170...264 V AC	85...132/170...264 V AC
Mains buffering	>10 ms (at 230 V)	>20 ms (at 93/187 V)	>20 ms (at 93/187 V)	>20 ms (at 93/187 V)
Line frequency rated value	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Input current rated value	0.22-0.13 A	2.1/1.2 A	4/2.5 A	2.2/1.2 A
- inrush current (25 °C / 77 °F)	< 23 A	< 32 A	< 65 A	< 32 A
- recommended protection in the supply cable	from 3 A charact. C	from 6 A charact. C	from 10 A charact. C	from 6 A charact. C
Output voltage rated value	24 V DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC
- tolerance	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%
- setting range	22...28 V DC	22...28 V DC	22...28 V DC	22...28 V DC
Output current rated value	0.3 A	3 A	10 A	3 A
Efficiency at rated value approx.	74%	89%	89%	84%
Parallel switch for higher perf.	No	Yes	Yes	No
Electronic short-circuit protection	Yes	Yes	Yes	Yes
RI specification (EN 55022)	Class B	Class B	Class B	Class B
Line harmonic limitation	Not applicable	No	No	Yes
EN 61000-3-2	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
Degree of prot. (EN 60529)	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
Ambient temperature	-20...+70 °C	0...+60 °C	0...+60 °C	-25...+60 °C
Dimensions (W x H x D) in mm	22.5 x 80 x 91	160 x 130 x 60	160 x 130 x 60	80 x 125 x 120
Weight approx.	0.11 kg	0.6 kg	0.72 kg	0.57 kg
Approvals	CE, UL/ULS	CE, UL/ULS	CE, UL/ULS	CE, UL, CSA

LOGO!Power The mini power packs

SITOP ordering data



Technical specifications	34 mm housing				78 mm housing				98 mm housing
SITOP	3 V/3 A	12 V/1.5 A	15 V/1.5 A	24 V/1.3 A	3 V/0.3 A	12 V/4.5 A	15 V/4 A	24 V/2.2 A	24 V/4 A
Order No.	6EP1331-1SH02	6EP1321-1SH02	6EP1351-1SH02	6EP1331-1SH02	6EP1311-1SH12	6EP1322-1SH02	6EP1352-1SH02	6EP1332-1SH42	6EP1332-1SH51
Input voltage rated value	100-240 V AC	85...264 V AC	85...264 V AC	85...264 V AC	100-240 V AC	85...264 V AC	85...264 V AC	100-240 V AC	85...264 V AC
Mains buffering	>40 ms (at 187 V)	>40 ms (at 187 V)	>40 ms (at 187 V)						
Line frequency rated value	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz						
Input current rated value	0.35-0.22 A	0.55-0.30 A	0.63-0.33 A	0.70-0.35 A	0.71-0.37 A	1.13-0.61 A	1.24-0.68 A	1.22-0.66 A	1.95-0.97 A
- inrush current (25 °C / 77 °F)	< 15 A	< 15 A	< 15 A	< 15 A	< 30 A	< 30 A	< 30 A	< 30 A	< 30 A
- recommended protection in the supply cable	from 10 A characteristic C or 16 A characteristic B	from 10 A characteristic C or 16 A characteristic B	from 10 A characteristic C or 16 A characteristic B	from 10 A characteristic C or 16 A characteristic B	from 10 A characteristic C or 16 A characteristic B	from 10 A characteristic C or 16 A characteristic B	from 10 A characteristic C or 16 A characteristic B	from 10 A char. C or 16 A char. B	from 10 A char. C or 16 A char. B
Output voltage rated value	3 V DC	12 V DC	15 V DC	24 V DC	3 V DC	12 V DC	15 V DC	24 V DC	24 V DC
- tolerance	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%
- setting range	4.4...5.4 V DC	10.5...16.1 V DC	10.5...16.1 V DC	22.2...26.4 V DC	4.4...5.4 V DC	10.5...16.1 V DC	10.5...16.1 V DC	22.2...26.4 V DC	22.2...26.4 V DC
Output current rated value	3.0 A	1.9 A	1.9 A	1.3 A	0.3 A	4.5 A	4.0 A	2.5 A	4.0 A
Efficiency at rated value approx.	76%	80%	80%	82%	83%	85%	85%	87%	89%
Parallel switch for higher perf.	Yes	Yes	Yes						
Electronic short-circuit protection	Yes, constant current	Yes, constant current	Yes, constant current						
RI specification (EN 55022)	Class B	Class B	Class B						
Line harmonic limitation	Not applicable	Not applicable	Not applicable						
EN 61000-3-2	IP 20	IP 20	IP 20						
Degree of prot. (EN 60529)	IP 20	IP 20	IP 20						
Ambient temperature	-20...+55 °C	-20...+55 °C	-20...+55 °C						
Dimensions (W x H x D) in mm	54 x 90 x 55	72 x 90 x 55	72 x 90 x 55	72 x 90 x 55	90 x 90 x 55	90 x 90 x 55			
Weight approx.	0.17 kg	0.17 kg	0.17 kg	0.17 kg	0.25 kg	0.25 kg	0.25 kg	0.34 kg	0.34 kg
Approvals	CE, UL/ULS, FM, GL	CE, UL/ULS, FM, GL, ABR	CE, UL/ULS, FM, GL, ABR	CE, UL/ULS, FM, GL, ABR	CE, UL/ULS, FM, GL	CE, UL/ULS, FM, GL, ABR	CE, UL/ULS, FM, GL, ABR	CE, UL/ULS, FM, GL, ABR	CE, UL/ULS, FM, GL, ABR

Fuente: <http://www.farnell.com/datasheets/20766.pdf>

Anexo 18

Densidad de la madera

Nombre vulgar	Nombre científico	Madera verde	Madera seca
Cuta	Phyllostylon rhamnoides		950
Palo amarillo	Phyllostylon rhamnoides	1180	900
Perilla -Palo amarillo	Phyllostylon rhamnoides		890
Cuta	Phyllostylon sp.		950
Cedrillo	Picramnia sellowii		1025
Ten	Pilgerodendron uviferum	850	500
Ibirá tal	Pilocarpus pennatifolius var selloanus	1235	1030
Pino eliotii	Pinus eliottii		510
Pino marítimo	Pinus pinaster		540
Pino ponderosa	Pinus ponderosa		400
Pino insigne	Pinus radiata		480
Pino taeda	Pinus taeda		460
Horco cebil	Piptadenia excelsa	1115	840
Curupau - Curupay	Piptadenia grata		1020
Angico preto	Piptadenia macrocarpa		1050
Cebil colorado	Piptadenia macrocarpa	1200	950

Fuente: http://www.inti.gob.ar/maderaymuebles/pdf/densidad_comun.pdf

Anexo 19

Hoja de datos Motor GR 42x25

GR 42x25, 15 W



Versions of GR 42x25 / Ausführungen GR 42x25	Page / Seite
With gearbox / Als Getriebemotor	47
With brake / Als Bremsmotor	80
With controller / Mit Regelektronik	86
With tachogenerator / Mit Tachogenerator	82
With magnetic pulse generator / Mit magnetischem Impulsgeber	83
With incremental encoder / Mit Inkrementalgeber	84

|| Standard / Standard | On request / auf Anfrage

- General information about the characteristics of our commutated motors, see page 8
- The standard version has leads (300 mm)
- Special windings available on request
- Different shaft lengths or shaft on both sides available as per our program
- Protection class IP 50, higher class available on request
- Ball bearing in the motor shaft. For projects the motor is also available with slide bearing (G 42)

- Allgemeine Informationen über die Eigenschaften unserer Kollektormotoren siehe S. 8
- Der Motor wird standardmäßig mit Litzen (300 mm) geliefert
- Sonderwicklungen auf Anfrage erhältlich
- Auf Anfrage verschiedene Wellenlängen bzw. beidseitige Wellen gemäß unserem Programm lieferbar
- Schutzart IP 50, auf Anfrage auch höher
- Die Motorwelle ist kugellagert. Projektbezogen ist der Motor auch mit Gleitlager erhältlich (G 42)



Data / Technische Daten	GR 42x25			
Rated voltage / Nennspannung	VDC	12	24	40
Continuous rated speed / Nenn Drehzahl	rpm**)	3450	3600	3700
Continuous rated torque / Nenn Drehmoment	Ncm**)	3.9	3.8	3.9
Continuous current / Nennstrom	A**)	1.9	0.9	0.6
Starting torque / Anlaufmoment	Ncm**)	19	20	22
Starting current / Anlaufstrom	A**)	7.8	4	2.76
No load speed / Leerlauf Drehzahl	rpm**)	4350	4200	4400
No load current / Leerlaufstrom	A**)	0.34	0.17	0.11
Demagnetization current / Entmagnetisierungsstrom	A**)	14	6.5	4.1
Rotor inertia / Trägheitsmoment	gcm ²	71	71	71
Weight of motor / Motorgewicht	g	390	390	390

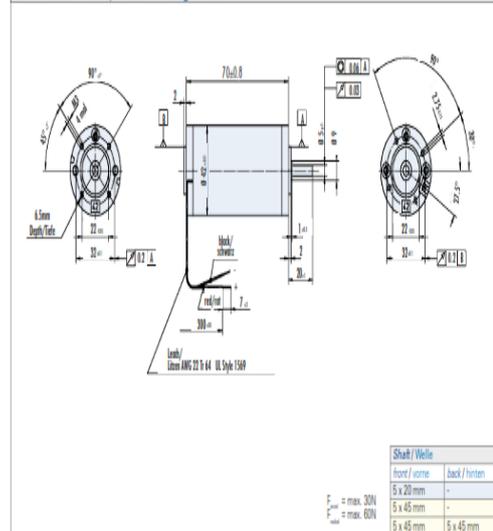
**I_{A0} = 100 K, **I₀ = 20°C

20

GR 42x25, 15 W

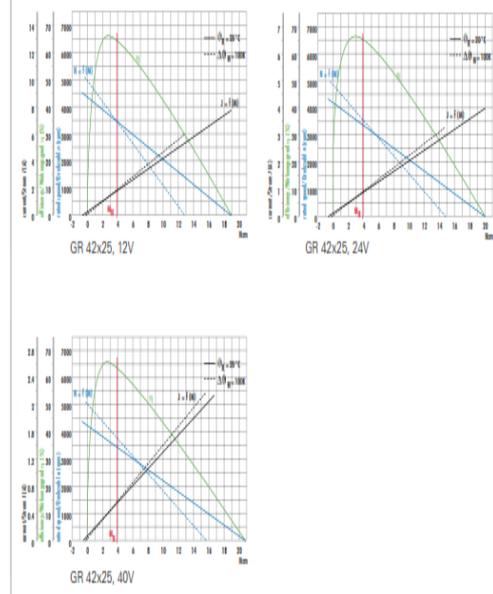


Dimensions in mm / Maßzeichnung in mm



Characteristic diagram / Belastungskennlinien

In accordance with EN 60034
Belastungskennlinien gezeichnet nach EN 60034



21

Fuente: http://www.dunkermotoren.de/data/technical_data/motors/pdf/121005_GR42x25.pdf#page=1

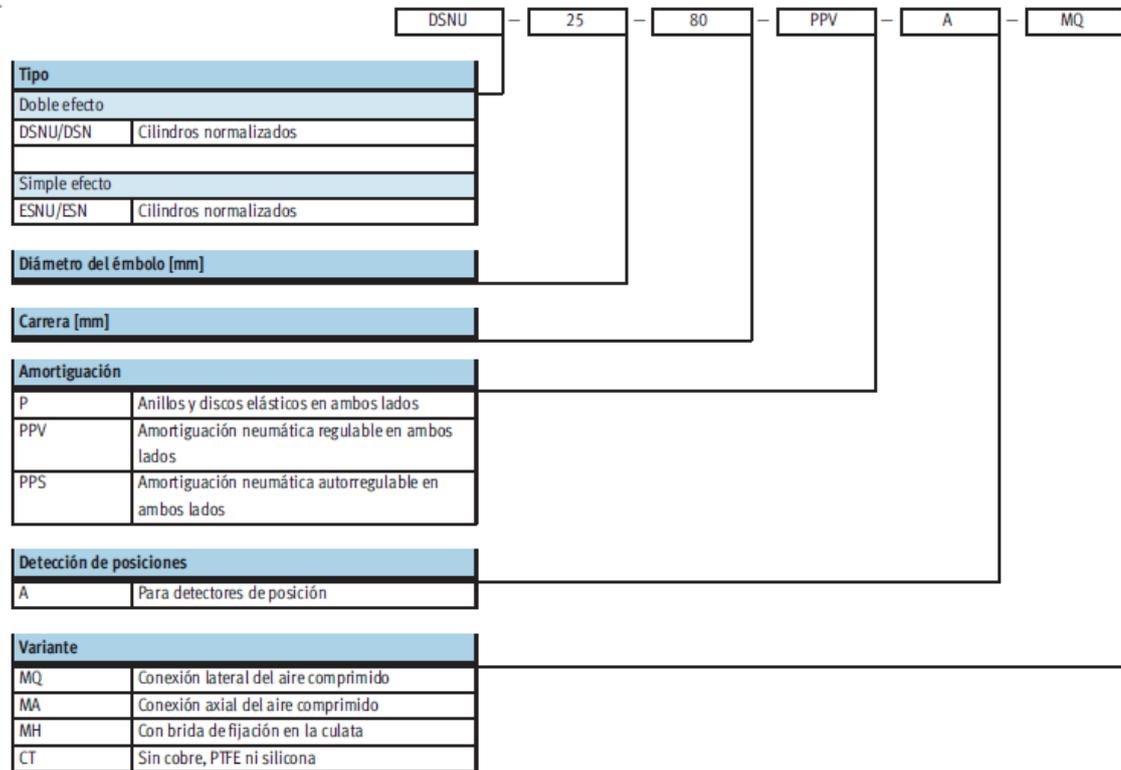
Anexo 20

Guía de selección cilindros normalizados FESTO

Cilindros normalizados DSNU/DSNUP/DSN/ESNU/ESN, ISO 6432

FESTO

Código del producto



Fuente: <http://www.logismarket.com.mx/ip/festo-cilindros-normalizados-documentacion-de-cilindros-normalizados-380595.pdf>

Anexo 21

Módulo de elasticidad

Acero	E = 2100000
Hierro de fundición	E = 1000000
Vidrio	E = 700000
Aluminio	E = 700000
Concreto (Hormigón) de Resistencia:	E =
110 Kg/cm ² .	215000
130 Kg/cm ² .	240000
170 Kg/cm ² .	275000
210 Kg/cm ² .	300000
300 Kg/cm ² .	340000
380 Kg/cm ² .	370000
470 Kg/cm ² .	390000

Fuente: https://www.google.com.co/?gfe_rd=cr&ei=gEwNU6W_C4Pa8geFxyHgAw#q=modulo+de+elasticidad+del+acero

Anexo 22

Guía de cilindros lineales FESTO

Actuadores lineales DGC-N-G, NPT

FESTO

Código para el pedido

		DGC	-	N	-	25	-	1000	-	G	-	PPV	-	A
Tipo														
DGC	Actuador lineal													
Rosca														
N	Rosca NPT													
Diámetro del émbolo [mm]														
Carrera [mm]														
Guía														
G	Ejecución básica													
Amortiguación														
P	Amortiguación elástica no regulable													
PPV	Amortiguación regulable en las posiciones finales													
YSR	Amortiguadores lineales autoregulables													
YSRW	Amortiguadores progresivos autoregulables													
Detección de posiciones														
A	Para detectores de posición													

Fuente: http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ES/PDF/ES/DGC_ES.PDF

Anexo 23

Hoja de datos Cilindros normalizados FESTO

Cilindros normalizados DSNU, ISO 6432

FESTO

Hoja de datos

Velocidad [mm/s]				
Diámetro del émbolo		16	20	25
Velocidad con movimiento sin tirones, posición horizontal, sin carga, con 6 bar	S10	10 ... 100		
Velocidad mínima en avance	S11	2,7	5,3	<1 ¹⁾
Velocidad mínima en retroceso	S11	3,2	4,7	<1 ¹⁾

1) No se efectuaron medidas con velocidades inferiores a 1 mm/s.

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]						
Diámetro del émbolo	8	10	12	16	20	25
Fuerza teórica con 6 bar en avance	30	47	68	121	189	295
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	23	40	51	104	158	247
Energía de impacto en las posiciones finales con amortiguación P ¹⁾	0,03	0,05	0,07	0,15	0,20	0,30

Fuente: <http://www.logismarket.com.mx/ip/festo-cilindros-normalizados-documentacion-de-cilindros-normalizados-380595.pdf>

Anexo 24

Hoja de datos cilindro de doble efecto FESTO

Standard cylinder DSNU-12-100-P-A

Part number: 19194



FESTO



Data sheet

Feature	values
Stroke	100 mm
Piston diameter	12 mm
Piston rod thread	M6
Cushioning	P: Flexible cushioning rings/plates at both ends
Assembly position	Any
Conforms to standard	CETOP RP 52 P ISO 6432
Piston-rod end	Male thread
Design structure	Piston Piston rod Cylinder barrel
Position detection	For proximity sensor
Variants	Single-ended piston rod
Operating pressure	1,5 ... 10 bar
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO8573-1:2010 [7:4-4]
Note on operating and pilot medium	Lubricated operation possible (subsequently required for further operation)
Corrosion resistance classification CRC	2
Ambient temperature	-20 ... 80 °C
Authorisation	Germanischer Lloyd
Impact energy in end positions	0,07 J
Theoretical force at 6 bar, return stroke	50,9 N
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	67,9 N
Moving mass with 0 mm stroke	18,5 g
Additional weight per 10 mm stroke	4 g
Basic weight for 0 mm stroke	75 g
Additional mass factor per 10 mm of stroke	2 g
Mounting type	with accessories
Pneumatic connection	M5
Materials note	Conforms to RoHS
Materials information for cover	Wrought Aluminium alloy neutral anodisation
Materials information for seals	NBR TPE-U(PU)
Materials information for piston rod	High alloy steel, non-corrosive
Materials information for cylinder barrel	High alloy steel, non-corrosive

Fuente: <http://www.rowse4pneumatics.co.uk/download/datasheets/19194.pdf>

Anexo 25

Dimensionamiento de cilindros normalizados FESTO

Cilindros normalizados DSNU, ISO 6432

Hoja de datos

FESTO

Dimensiones Datos CAD disponibles en → www.festo.com

Tipo básico

- + - Importante
 Con diámetros de 8 ... 20, la tuerca del vástago no está incluida en el suministro.
 + = añadir carrera

∅	AM	B ∅ h9	BE	BF	CD ∅ H9	D ∅	D4 ∅	EE	EW	G	KK	KV
8	12	12	M12x1,25	12	4	15	9,3	M5	8	10	M4	19
10							11,3					
12	16	16	M16x1,5	17	6	20	13,3		12		M6	24
16							17,3					
20	20	22	M22x1,5	20	8	27	21,3	G1/8	16	16	M8	32
25				22			26,5				M10x1,25	

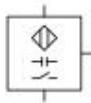
Fuente: <http://www.logismarket.com.mx/ip/festo-cilindros-normalizados-documentacion-de-cilindros-normalizados-380595.pdf>

Anexo 27

Hoja de datos Sensor capacitivo FESTO

178575

Capteur de proximité, capacitif



Conception

Le capteur de proximité capacitif doté d'une diode électroluminescente et les connexions électriques sont montés sur un support en plastique. Les connexions électriques s'effectuent au moyen de douilles de sécurité. L'unité se fixe sur la plaque profilée au moyen du système à rotation avec l'écrou-poignée bleu (variante de fixation "B").

Fonction

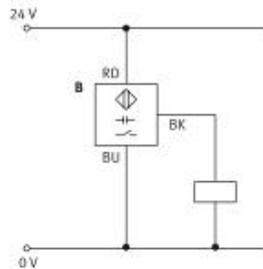
Le principe de fonctionnement d'un capteur de proximité capacitif repose sur l'exploitation de la variation de capacité d'un condensateur dans un circuit oscillant RC.

Dès qu'un matériau est approché du capteur de proximité, la capacité du condensateur augmente. Il s'ensuit une variation exploitable des oscillations du circuit RC. Cette variation de la capacité dépend essentiellement de la distance, des dimensions et de la constante diélectrique du matériau.

Le capteur de proximité possède une sortie PNP, c.-à-d. que la ligne de signalisation est reliée, lorsqu'elle est activée, au potentiel positif. Le capteur est conçu comme un contact normalement ouvert. La charge est connectée entre la sortie du capteur de proximité et la masse. Une diode électroluminescente jaune (LED) signale l'état de commutation. Le capteur est protégé contre les inversions de polarité, les surcharges et les courts-circuits.

178575

Capteur de proximité, capacitif



Nota

Pour assurer le bon fonctionnement du capteur, veillez à la polarité de la tension appliquée. Les bornes de la tension de service sont repérées par des couleurs, rouge pour le pôle positif, bleu pour le pôle négatif et noir pour la sortie de signal. La charge se connecte entre la sortie TOR et le pôle négatif de l'alimentation.

Caractéristiques techniques

Équipement électrique	
Tension de commutation	10 – 30 V DC
Ondulation résiduelle	10% max.
Intensité à vide	env. 15 mA
Distance de commutation nominale	4 mm
Point de commutation reproductible à température constante	± 0,01 mm
Fréquence de commutation	100 Hz max.
Fonction de sortie	NO, commutation au potentiel positif
Courant de commutation	200 mA max.
Puissance de commutation	4,8 W max.
Degré de protection	IP65
Connexion	Fiche de sécurité de 4 mm
Compatibilité électromagnétique	
Emission perturbatrice	testée selon EN 500 81-1
Immunité aux perturbations	testée selon EN 500 82-1

Anexo 28

Hoja de datos relé de interface SIEMENS

SIEMENS

Product data sheet

3TX7014-1AM00



OUTPUT INTERFACE WITH PLUG-IN RELAY,
1 NO CONTACT SCREW TERMINAL 24 V DC
ENCLOSURE WIDTH 6.2 MM

General technical details:		
type of voltage		DC
Control supply voltage		
• for DC / rated value		
• minimum	V	24
• maximum	V	24
Switching behaviour		monostable
Number of NC contacts / for auxiliary contacts		0
Number of NO contacts / for auxiliary contacts		1
Number of change-over switches / for auxiliary contacts		0
Operating current / of the auxiliary contacts		
• at DC-13		
• at 24 V	A	1
• at 110 V	A	0.2
• at 230 V	A	0.1
• at AC-15		
• at 230 V	A	3
Item designation / according to DIN 40719 extendable after IEC 204-2 / according to IEC 750		K
Item designation / according to DIN EN 61346-2		K

Mechanical design:		
Design of the electrical connection		screw-type terminals
Design of the electrical connection / jumper socket		Yes
Design of the relay operating mechanism		poled
Design of the switching function		NO contact
* guided		No
Product component / jumper socket		Yes
Width	mm	6.2
Height	mm	89.5
Depth	mm	92

Ambient conditions:		
Protection class IP		IP20
Ambient temperature		
* during operating	°C	-25 ... +55

Certificates/approvals:			
General Product Approval		Test Certificates	other
			
CCC	GOST	UL	
		Special Test Certificate	Declaration of Conformity

Further information:
Information- and Downloadcenter (Catalogs, Brochures,...) http://www.siemens.com/industrial-controls/catalogs
Industry Mall (Online ordering system) http://www.siemens.com/industrial-controls/mail
CAX-Online-Generator http://www.siemens.com/cax
Service&Support (Manuals, Certificates, Characteristics, FAQs,...) http://support_automation.siemens.com/WW/view/en/3TX7014-1AM00/all
Image database (product images, 2D dimension drawings, 3D models, device circuit diagrams, ...) http://www.automation.siemens.com/bliddb/cax_en.aspx?mlfb=3TX7014-1AM00

last change:

Jan 28, 2013

Fuente: <http://datasheet.octopart.com/3TX7014-1AM00-Siemens-datasheet-14369121.pdf>

SIEMENS

Product data sheet

LZS:RT4A4S15



PLUG-IN RELAY COMPACT UNIT AC 115V,
2 CO CONTACT LED MODULE RED STANDARD
PLUG-IN SOCKET SCREW TERMINAL

General technical details:

Supply voltage frequency / for auxiliary and control current circuit / rated value	
• minimum	50 Hz
• maximum	60 Hz
Type of voltage	AC
Control supply voltage	
• at 50 Hz / for AC / rated value	
• minimum	115 V
• maximum	115 V
• at 60 Hz / for AC / rated value	
• minimum	115 V
• maximum	115 V
Number of NC contacts	
• for auxiliary contact	0
Number of NO contacts	
• for auxiliary contact	0
Number of change-over switches	
• for auxiliary contact	2
Design of the switching function	changeover switch

Date:
01/21/2008

subject to modifications
© Copyright Siemens AG 2008

• guided	No
Switching behaviour	monostable
Mechanical design:	
Design of the electrical connection	screw-type terminals
Design of the relay operating mechanism	poled
Product component / Jumper socket	Yes
Width	15.5 mm
Height	75.5 mm
Depth	60 mm
last change:	12/01/2007

Technical Assistance:	Telephone:	+49 (0) 911-895-5900 (8 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰ CET)
	Fax:	+49 (0) 911-895-5907
	E-Mail:	technical-assistance@siemens.com
	Internet:	www.siemens.de/lowvoltage/technical-assistance

Fuente: <http://sistemamid.com/preview.php?a=72027>

Anexo 30

Catálogo Interruptores SIEMENS

INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS PARA MONTAJE EN RIEL OMEGA (DIN)

Elevada capacidad de ruptura: 16 kA según IEC 947-2.

Capacidad de ruptura de 20 kA en corriente continua de 24 a 110 V.

Curva de disparo tipo C, disparo magnético entre 7 y 10 veces I_n , disparo térmico entre 1,13 y 1,45 veces I_n .

Dic. 1/2011

No. de Depósito	Descripción					Precio Lista Unit. - Col. \$(*)	
	 Monopolar		 Bipolar				
	Tipo	Corriente térmica I_n (A)	Capacidad de ruptura en (kA)			Empaque (Unidades)	
			110V	220V	440V		
	Interruptores termomagnéticos monopolares						
100020176	5SX2105-7	0.5	16	10	3	12	36.200
100020172	5SX2101-7	1.0	16	10	3	12	36.200
100020173	5SX2102-7	2.0	16	10	3	12	36.200
100020174	5SX2103-7	3.0	16	10	3	12	36.200
100020175	5SX2104-7	4.0	16	10	3	12	36.200
100021063	5SX2106-7	6.0	16	10	3	12	22.300
100020178	5SX2110-7	10.0	16	10	3	12	22.300
100020181	5SX2116-7	16.0	16	10	3	12	22.300
100020182	5SX2120-7	20.0	16	10	3	12	22.300
100020183	5SX2125-7	25.0	16	10	3	12	22.300
100020184	5SX2132-7	32.0	16	10	3	12	22.300
100020184	5SX2132-7	32.0	16	10	3	12	22.300
100020185	5SX2140-7	40.0	10	6	3	12	36.300
100020186	5SX2150-7	50.0	10	6	3	12	36.300
100020187	5SX2163-7	63.0	10	6	3	12	45.700
	Interruptores termomagnéticos bipolares, con disparo simultáneo						
100027518	5SX2205-7	0.5	16	10	10	6	115.800
100020188	5SX2201-7	1.0	16	10	10	6	115.800
100020189	5SX2202-7	2.0	16	10	10	6	115.800
100020190	5SX2203-7	3.0	16	10	10	6	115.800
100020191	5SX2204-7	4.0	16	10	10	6	115.800
100020192	5SX2206-7	6.0	16	10	10	6	58.500
100020194	5SX2210-7	10.0	16	10	10	6	57.300
100020196	5SX2216-7	16.0	16	10	10	6	57.300
100020198	5SX2220-7	20.0	16	10	10	6	57.300
100020199	5SX2225-7	25.0	16	10	10	6	57.300
100020200	5SX2232-7	32.0	15	10	10	6	57.300
100020201	5SX2240-7	40.0	10	6	6	6	66.700
100020202	5SX2250-7	50.0	10	6	6	6	102.900
100020203	5SX2263-7	63.0	10	6	6	6	125.200

El Precio Lista no incluye IVA vigente - Precios sujetos a cambio sin previo aviso

Siemens S.A. - Colombia

Fuente:

https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/colombia/Documents/lista_de_precios_colombia.pdf

Anexo 31

Hoja de datos válvula solenoide FESTO



Solenoid valves VUVG-L10 and VUVG-S10, in-line valves M5

FESTO

Technical data

Operating and environmental conditions					
Valve function		2x3/2-way	5/2-way, single solenoid	5/2-way, double solenoid	5/3-way
Operating medium		Compressed air in accordance with ISO 8573-1:2010 [7:4:4]			
Note on operating/pilot medium		Operation with lubricated medium possible (in which case lubricated operation will always be required)			
Operating pressure at port 1 with pilot air supply	Internal	[bar]	1.5 ... 8	2.5 ... 8	1.5 ... 8
	External	[bar]	1.5 ... 10	-0.9 ... 10	3 ... 8
Operating pressure at port 3 or 5 with pilot air supply	Internal or external	[bar]	-0.9 ... 10		
		[bar]	1.5 ... 8	2.5 ... 8	1.5 ... 8
Pilot pressure ¹⁾		[bar]	1.5 ... 8	2.5 ... 8	1.5 ... 8
Ambient temperature		[°C]	-5 ... +50, -5 ... +60 with holding current reduction		
Temperature of medium		[°C]	-5 ... +50, -5 ... +60 with holding current reduction		

1) Minimum pilot pressure 50% of operating pressure

Electrical data	
Electrical connection	Via E-box
Operating voltage	[V DC] 5, 12 and 24 ±10%
Power	[W] 1, reduced to 0.35 with holding current reduction
Duty cycle	[%] 100
Protection class to EN 60529	IP40 (with plug socket), IP65 (with M8)

Information on materials	
Housing	Wrought aluminium alloy
Seals	HNBR, NBR
Note on materials	RoHS-compliant

2012/06 – Subject to change

Internet: www.festo.com/catalogue/...

19

Fuente: http://www.festo.com/rep/en-us_us/assets/pdf/VUVG_Valve_Metric_Series.pdf

http://www.festo.com/rep/en-us_us/assets/pdf/VUVG_Valve_Metric_Series.pdf