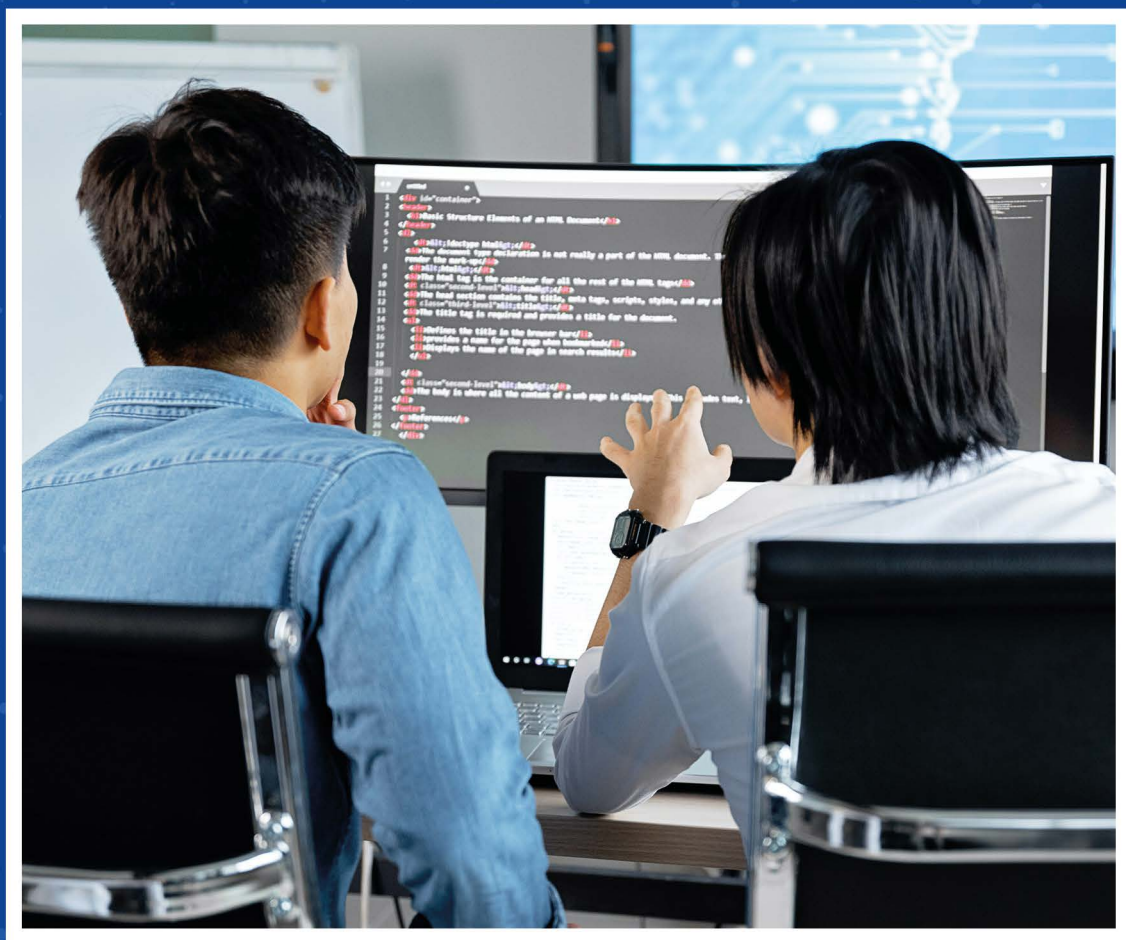


INTRODUCCIÓN A LA NEUMÁTICA INDUSTRIAL CON SOFTWARE DE SIMULACIÓN



COLECCIÓN MATERIAL DOCENTE INGENIERÍAS



Unicomfacaucá

VIGILADA MINEDUCACIÓN



Unicomfacaucá

VIGILADA MINEDUCACIÓN



Ermilso Diaz Benachi.
Docente del programa de
Ingeniería Mecatrónica de
Unicomfauca de la ciudad de
Popayán. Ingeniero Industrial
y Magister en Automática de
la Universidad del Cauca.

INTRODUCCIÓN A LA NEUMÁTICA INDUSTRIAL CON SOFTWARE DE SIMULACIÓN

Ermilso Diaz Benachi



Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

Ermilso Díaz Benachi

Introducción a la neumática industrial con software de simulación /Ermilso Díaz Benachi.

----1ª ed.--- Popayán: Sello editorial Unicomfacaucá,2022.

p. 63

Contiene datos de los autores.

ISBN (Digital): 978-628-95397-6-9

Introducción a la neumática industrial con software de simulación

© Corporación Universitaria Comfacaucá – Unicomfacaucá

© Autor: Ermilso Díaz Benachi

Primera edición en español

Sello Editorial Unicomfacaucá, septiembre de 2022

ISBN Digital: 978-628-95397-6-9

Diseño Editorial: Sello Editorial Unicomfacaucá – Corporación

Universitaria Comfacaucá - Unicomfacaucá

Corrección de Estilo: La Peregrina Estudio – larailustracion@gmail.com

Diagramación: La Peregrina Estudio – larailustracion@gmail.com

Editor General de Publicaciones: Julio Eduardo Mejía Manzano

Sello Editorial Unicomfacaucá

Calle 4ta # 8-30 Centro Histórico

Popayán, Colombia

Teléfono: 602 8386000 Ext. 118

www.unicomfacaucá.edu.co/investigacion/sello-editorial/



Licencia Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Contenido

Resumen	9
Introducción	10
Fundamentación metodológica	11
Fundamentación curricular y didáctica	11
Capítulo 1: Fundamentación	12
· Resumen	12
· Fundamentación teórica	12
· Mecánica de fluidos	12
· Ley general de los gases perfectos	12
· Neumática industrial	13
· Componentes básicos de un circuito neumático	13
· Simbología en la descripción de esquemas	14
· Alimentación de aire - Adecuación	14
· Designación de válvulas de control: control	15
· Tipos de actuadores neumáticos: utilización	16
· Ejercicio de evaluación	16
Capítulo 2: Procedimiento	18
· Resumen del capítulo	18
· Solución con elementos neumáticos y sensores mecánicos	18
· Desarrollo del procedimiento	18
· Marcado y organización de los componentes, para documentación	20
· Numeración de los componentes dentro del circuito neumático	21
· Entorno de <i>fluid sim</i> para simulaciones de circuitos neumáticos	23
· Descripción del entorno de FluidSim-F	23
· Ejemplo 1. Cambio de banda de un sistema conductor de cajas - Nivel introductorio	27
· Solución mediante método intuitivo	28
· Ejercicios de evaluación	30
· Ejercicio 1. Implementación de acción de rechazo de cajas pequeñas	30
· Ejercicio 2. Implementación de sellado de cajas pequeñas	30
· Ejemplo 2. Máquina de taladrado manual – nivel intermedio	31
· Descripción del caso de estudio	31
· Desarrollo de la solución en Fluid Sim - Ejemplo 2	33
· Ejercicios de evaluación – nivel intermedio	39
· Ejercicio 1. Taladrado de piezas con avance lento y retroceso rápido	39
· Ejercicio 2. Estudio a partir del diagrama Estado - Fase	39
· Ejemplo 3. Problema a partir del diagrama estado - fase	40
· Desarrollo de la solución en Fluid Sim - Ejemplo 3	42
· Ejercicio de evaluación – Nivel avanzado	46
· Ejercicio 1. Encartonadora	46

Solucionario	48
· Ejercicios nivel introductorio	48
· Ejercicio 1. Implementación de acción de rechazo de cajas pequeñas	48
· Ejercicio 2. Implementación de sellado de cajas pequeñas	49
· Ejercicios nivel intermedio	50
· Ejercicio 1. Taladrado de piezas con avance lento y retroceso rápido	50
· Ejercicio 2. Estudio a partir del diagrama Estado – Fase	52
· Desarrollo de la solución en Fluid Sim – Ejercicio 2 – Nivel intermedio	53
· Ejercicio nivel avanzado	55
· Ejercicio 1. Encartonadora	55
Glosario	60
Referencias	61

RESUMEN

La neumática como herramienta de automatización ha demostrado tener aplicaciones donde ninguna otra tecnología tal vez fuera aplicable. Aunque son muchos los aspectos que desde el punto de vista de una aplicación industrial se pueden tener, este trabajo solo está enfocado en mostrar los aspectos básicos necesarios para planear, diseñar y validar una solución neumática. Para ellos se presentarán algunas herramientas metodológicas que ayuden a identificar una posible solución a los distintos casos de estudio que se encuentran en la industria. La simulación permite validar distintos tipos de sistemas, que en muchas ocasiones no sería posible sin tener el sistema real, esta ventaja ha sido llevada a la academia convirtiéndose en una herramienta muy potente para docentes y estudiantes pues permite generar reflexiones que de otra manera implicaría tener que o hacer montajes excesivamente costosos o desplazarse a una planta industrial. Luego y como aporte de este documento se propone el uso de una herramienta software de simulación que le permitirá al estudiante tener una visión clara de su solución a un menor costo que si tuviera que llevar a cabo un montaje, pero sin limitar la comprensión e interacción que él o ella pueda tener con la solución final. Por último, algunas herramientas mínimas de documentación son descritas con el fin de lograr que el estudiante se acerque cada vez más a lo que pueda ser un foco de trabajo en su vida laboral.

Palabras clave: simulación, neumática, proceso industrial, actuadores, válvulas.

INTRODUCCIÓN

La industria de los alimentos se ve beneficiada en gran medida de la neumática, pues puede lograr un grado de sensibilidad semejante a las manos humanas. Sumado a esto, con una solución neumática se puede alcanzar un grado de higiene que permite lograr tareas que no solo benefician el proceso, sino que ayudan con la seguridad física y mental de los operadores de proceso. Sin embargo, el montaje y mantenimiento de estaciones neumáticas demanda una serie de recursos que continuamente deben estar siendo asignado para que las instalaciones se mantengan funcionales. La simulación puede disminuir estos costos y permitirle tanto a estudiantes y docentes interactuar con sistemas reales, introduciendo grados de complejidad que lleven a la reflexión de cada uno de ellos.

Por ello, esta guía se propone, como objetivos pedagógicos, potenciar el uso de simuladores de procesos industriales para el aprendizaje en el aula, incentivar la reflexión sobre las soluciones que cada estudiante propone y fomentar el trabajo en equipo, así como la discusión argumentada ante un problema. Por otro lado, el conocimiento de estándares industriales y documentación debe permitir al estudiante desarrollar soluciones acordes a cualquier campo de acción de estos estándares y entender el alcance de su solución.

Por otra parte, los objetivos de formación van orientados a desarrollar las destrezas básicas necesarias para abordar un proceso industrial que requiera la neumática como herramienta tecnológica, también busca fortalecer las competencias en la utilización de herramientas software que representen el comportamiento de los distintos componentes que hacen parte de una solución neumática. Este documento describe algunos procedimientos que se pueden utilizar para encontrar una solución a un caso de estudio basado en neumática, que pueden ir desde un método intuitivo hasta un método sistemático, para ello se muestran ejemplos de desarrollo que indican la forma en que deben ser abordados y como ir construyendo paso a paso la solución. Además, la validación a través del software, la selección de componentes, el despliegue, configuración y pruebas mínimas también son explicadas. El texto está organizado en dos capítulos, el primero fundamenta conceptos básicos requeridos en neumática como presión y la ley de gases, muestra la simbología que se va a utilizar y explica cuál es el procedimiento para identificar la solución a un problema; el segundo dirige la construcción de la solución en un software de simulación.

FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

La guía está diseñada para que el estudiante vaya desarrollando su capacidad para proponer soluciones en casos de neumática aplicada. Para ello se inicia con una fundamentación teórica que revisa los conceptos mínimos requeridos por el estudiante para comprender e identificar aspectos relevantes tanto del caso de estudio como del simulador. Al mismo tiempo, la evolución de la complejidad de los ejercicios requiere un incremento en la habilidad del estudiante que al final le lleve a comprender tanto los conceptos teóricos como los prácticos. Cada ejercicio es planteado desde la perspectiva real de un problema común a una empresa, esto introduce al estudiante en un ambiente de necesidad y de rigor en la solución, teniendo en cuenta aspectos de seguridad tanto para el proceso y sus instalaciones como para la seguridad del personal. Por último, el desarrollo de cada ejercicio se fundamenta en la aplicación de un procedimiento que le permite al estudiante identificar componentes para desarrollar la solución.

FUNDAMENTACIÓN CURRICULAR Y DIDÁCTICA

Este material pretende apoyar el curso de Sistemas neumáticos e hidráulicos, asignatura perteneciente al currículo del programa de Ingeniería mecatrónica, busca ser un apoyo complementario para los docentes que orienten el curso y un material de estudio para los estudiantes, pues complementa las actividades de aula. El diseño del contenido se ha generado como un paso a paso en cada una de las soluciones propuestas, por lo tanto puede servir como material de consulta en casa cuando algún concepto acerca de la simulación o del procedimiento no haya quedado claro en clase. La materia es complementaria a los cursos de electrónica y controladores lógicos programables en los cuales se llevan a cabo procesos de simulación también y que han sido fortalecidos dentro del programa llegando incluso a tener una serie de equipos académicos que complementan lo trabajado con las herramientas de simulación. Luego, dentro del proceso curricular se busca también desarrollar habilidades en la utilización de sistemas operativos basados en Windows, que representan también un desafío para los estudiantes.

CAPÍTULO 1: Fundamentación

Resumen

En este capítulo se fundamentan los conceptos básicos de la utilización de sistemas neumáticos en aplicaciones industriales. Se comienza recordando la ley de gases perfectos que describe cómo es el comportamiento de los fluidos, en este caso del aire respecto a la variación de presión, volumen y temperatura, a continuación, pasa a describir la nomenclatura y simbología con la cual se representan elementos de control y actuadores finales neumáticos. Con esto se busca que el estudiante conjugue dos necesidades desde la solución neumática que es cómo se mueve el fluido dentro del circuito y cómo se comportan los elementos cuando están en su presencia.

Fundamentación teórica

La neumática como herramienta para la automatización de sistemas ha permitido la industrialización de tareas que anteriormente debían ser realizadas manualmente con la ayuda de herramientas. La sensibilidad que permite la neumática no es atribuible a ninguna otra herramienta de automatización. Existen elementos que se prefieren del uso de la neumática sobre otras posibles soluciones.

En neumática, el fluido se considera de bajo costo e infinito: la fuente de energía de un sistema neumático es el aire comprimido, el fluido base es el aire. Claramente la obtención de aire es de costo 0; sin embargo, la adecuación, limpieza y almacenamiento del aire comprimido, implica costos que se deben tener en cuenta. Por otro lado, la dinámica del aire por los conductos del circuito también debe ser estudiado en cada uno de los tramos. La mecánica de fluidos permite realizar aproximaciones sobre el comportamiento del sistema cuando el aire es empujado a través de ellos.

Mecánica de fluidos

Un fluido puede ser de dos tipos líquido o gaseoso, cada uno de ellos presenta unas propiedades que lo hacen adecuado para realizar un trabajo. En el caso de los gases su principal propiedad es la compresibilidad, esta característica permite cambiar el volumen ocupado por el fluido en el recipiente que lo contiene, por otro lado, los líquidos no poseen esta propiedad y por esto son utilizados cuando se necesita generar altas presiones.

Ley general de los gases perfectos

El conjunto de leyes que conforman la ecuación general de los gases perfectos, es el esfuerzo de distintos físicos comenzando por Boyle-Mariotte, cuyo aporte establece que si se mantiene la temperatura constante de un fluido que está dentro de un recipiente que es rígido, el volumen del fluido es inversamente proporcional a la presión ejercida sobre este (Mott, 2006; Barrero-Ripoll y PérezSabordi, 2005).

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

La ley definida por Gay-Lussac describe que, si en un gas la presión es constante, el volumen ocupado por este es directamente proporcional a la temperatura del fluido.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Por último, la ley de Charles define que al mantener en un volumen constante, la presión que ejerce un fluido es directamente proporcional a la temperatura a la que este se encuentre (Mott, 2006; Barrero Ripoll y Pérez-Sabordi, 2005).

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Las tres leyes anteriores no son excluyentes y permiten definir la ley general de los gases perfectos, que permite describir el comportamiento de un gas con respecto a tres variables físicas fundamentales: presión, temperatura y volumen. La ley está restringida a fluidos confinados en recipientes construidos con materiales rígidos (Mott, 2006; Barrero-Ripoll y Pérez-Sabordi, 2005).

$$\frac{P_1 V_1}{T_2} = \frac{P_2 V_2}{T_1}$$

Neumática industrial

El comienzo de la revolución industrial se dio gracias a que el ser humano fue capaz de controlar un fluido. Mucho antes, fluidos como el agua habían sido utilizados para realizar distintos trabajos; sin embargo, la producción de presión a partir del almacenamiento del vapor de agua impulsó la construcción de una gran cantidad de máquinas. Después, la aparición del transistor trasladó el control a un conjunto de componentes electrónicos, aunque eso no sucedió con muchos de los elementos finales de control (Berrío y Ochoa, 2007). A continuación, se describen los componentes más comunes de un sistema neumático.

Componentes básicos de un circuito neumático

Un circuito neumático está compuesto por tres grandes bloques, en primer lugar, el aire debe ser liberado de impurezas y humedad, pues estos factores pueden dañar los elementos que componen el circuito. El aire será capturado del ambiente y almacenado, después deberá ser secado, lubricado y distribuido a las zonas de trabajo.

El segundo bloque lo constituyen los elementos de control, los cuales permiten el flujo del aire de acuerdo con las necesidades de la aplicación. En este punto es posible hacer una analogía con la corriente en un circuito eléctrico donde los componentes de control son los semiconductores.

El último bloque está compuesto por los actuadores, encargados de transmitir la energía generada por el aire comprimido en modo de fuerzas que realizan el trabajo sobre el proceso en el cual actúan. La Figura 1 resume la incorporación de estos componentes en un circuito neumático.



Figura 1
Generalidad de componentes en un sistema neumático
Fuente: elaboración propia.

Simbología en la descripción de esquemas

La neumática está guiada por distintos estándares que han sido propuestos con el uso de este tipo de herramientas. Es importante tener en cuenta que la norma ISO 12191 e ISO 1219 2 (UNE-101 149 86), es la base del diseño de esquemas de representación. Esta norma, propuesta por la organización internacional para la estandarización, define la simbología para llevar a cabo la representación de la documentación de proyectos que utilicen neumática (Estrada, 2019).

Alimentación de aire - Adecuación

La fuente de energía en un sistema neumático es el aire comprimido. Para lograr que el aire quede en condiciones óptimas para pasar por los componentes neumáticos, debe pasar por los siguientes elementos. Primero llega al compresor que mediante un motor eléctrico y un medio de compresión, generalmente pistones, realiza un almacenamiento en un tanque destinado para tal fin. Después, el aire es regulado a una presión de trabajo mediante la unidad de mantenimiento que además funciona como una trampa de humedad para eliminar la máxima cantidad de humedad posible, y añade el lubricante para que los componentes móviles involucrados (cilindros) puedan extender el tiempo de vida de sus componentes internos. La norma ISO 12191 e ISO 1219 2, propone símbolos para representar estos componentes dentro de un esquema neumático. A continuación, en la Tabla 1 se muestra la simbología propuesta.

Nombre	Símbolo	Observaciones
Compresor		Incluye el motor eléctrico y el sistema de cilindros utilizado.
Depósito de aire a presión		Representa solamente el deposito en el cual el aire está contenido, en algunos equipos este hace parte del compresor.
Unidad de mantenimiento		Inlcuye el filtro de condensados (rombo), el regulador y el manometro que indica la presion de trabajo de la línea de entrada.
Lubricador		Elemento por el cual se ingresa aceite para lubricar el sistema, generalmente hace parte de la unidad de mantenimiento en sistemas reales.
Fuente de aire comprimido		Representa todos los elementos descritos en esta tabla.

Tabla 1
Representación de componentes de alimentación
Fuente: elaboración propia.

Designación de válvulas de control: control

El elemento mejor descrito en la norma son las válvulas y para ello utiliza una designación que indica dos parámetros. En primer lugar, el número de vías describe los posibles puntos de conexión que el dispositivo tiene, el segundo número indica el número de posiciones en las cuales una válvula puede estar ubicada. Las vías son representadas mediante segmentos de recta, cada bloque de vías es el mismo para cada una de las posiciones de la válvula. Como complemento, las posiciones son representadas mediante cuadrados unidos entre sí. A continuación, la Tabla 2 muestra la descripción gráfica de diferentes posiciones para una válvula.

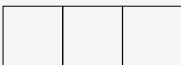
Número de posiciones	Descripción gráfica
Válvula de 1 posición	
Válvula de 2 posiciones	
Válvula de 3 posiciones	

Tabla 2
Representación de las posiciones de una válvula neumática
Fuente: elaboración propia.

La Tabla 3 muestra las distintas formas de representar una vía o línea dentro de una válvula neumática, y el número de estas indica su designación.

Número de vías	Descripción gráfica
Válvula de 2 vías	
Válvula de 3 vías	
Válvula de 4 vías	

Tabla 3
Representación de las vías de una válvula neumática
Fuente: elaboración propia.

La descripción de las válvulas se complementa con las líneas de flujo mediante segmentos de recta dirigidos con una flecha para indicar continuidad y con un segmento cruzado para indicar corte. La Tabla 4 describe algunos ejemplos.

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

Tabla 4
Ejemplos de nombrado de válvulas neumáticas.
Fuente: elaboración propia.

Tipos de actuadores neumáticos: utilización

Los actuadores son los elementos que permiten transmitir la potencia generada por el aire comprimido. Los cilindros neumáticos son el elemento más representativo de este grupo y generalmente son de dos tipos, de simple efecto con retorno por muelle, y de doble efecto que requiere aire para extenderse y retraerse. El símbolo propuesto en la norma ISO 12191 e ISO 1219 2 para estos elementos es mostrado en la Tabla 5.

Tipo de actuador	Símbolo
Cilindro de simple efecto con retorno por muelle.	
Cilindro de simple efecto con extensión por muelle.	
Cilindro de doble efecto	

Tabla 5
Ejemplos de actuadores neumáticos
Fuente: elaboración propia.

Ejercicio de evaluación

Reconocer los elementos dentro de un esquema neumático facilita la comprensión de la funcionalidad del sistema. La actividad a continuación requiere que el estudiante se familiarice con los distintos símbolos revisados en apartados anteriores. Para ello se propone un esquema neumático y una lista de chequeo que debe ser completada en el orden dado por la numeración. La Figura 2, muestra el esquema para llevar a cabo esta actividad.

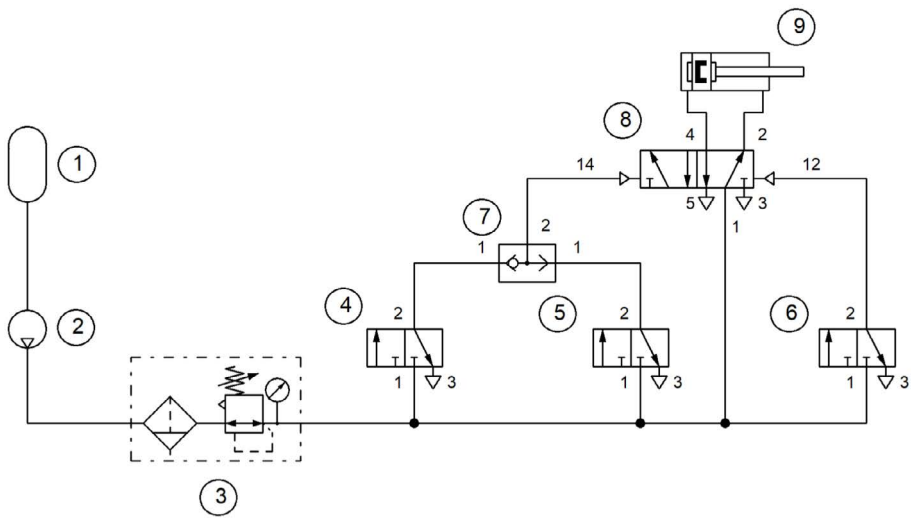


Figura 2
Diagrama para reconocimiento de componentes neumáticos
Fuente: elaboración propia.

Número de componente	Nombre	Descripción
1	Válvula selectora	Dispositivo que permite elegir entre dos entradas de aire.
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Tabla 6
Tabla resumen de reconocimiento de componentes
Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 2:
Procedimiento

Resumen del capítulo

El capítulo presenta un procedimiento para la realización del desarrollo de una solución basada en componentes neumáticos, inicia presentado los pasos para el procedimiento y luego se pone en práctica mediante el desarrollo de tres ejercicios de complejidad incremental. El desarrollo del capítulo busca que el estudiante asimile el método y con esto desarrolle una habilidad tanto en la propuesta de la solución como en el conocimiento de su funcionamiento. También permite desarrollar habilidades en la documentación de estas actividades, dado que cada fase del procedimiento genera algún tipo de insumo que puede ser utilizado como elemento de información para para posteriores revisiones o cambios en el sistema. Por ultimo, las simulaciones y desarrollo de los esquemas en software de simulación le permitirán al estudiante validar la viabilidad de su propuesta desde la perspectiva de funcionamiento físico del sistema.

Solución con elementos neumáticos y sensores mecánicos

En primer lugar, se realizará una solución utilizando mandos mecánicos y manuales. Para ello se presenta la solución mediante el procedimiento de cascada, se trata de un método ordenado en la obtención de soluciones secuenciales de circuitos neumáticos de manera sencilla.

El procedimiento completo comprende cinco pasos que se describen a continuación:

- a) Identificar las fases de la secuencia del proceso.
- b) Utilizar el diagrama estado fase de los actuadores (cilindros).
- c) Definir la secuencia a implementar apoyándose en el resultado del punto anterior
- d) Definir el número de grupos, condicionando el estado de los actuadores en cada uno.
- e) Definir los sensores necesarios para monitorear la secuencia.
- f) Definir el número de válvulas de control 5/2 a utilizar.

Desarrollo del procedimiento

- a) Identificar las fases de la secuencia del proceso

Este paso es el resultado de interpretar las distintas posiciones de los actuadores finales (cilindros). Para representar un cilindro extendido se utiliza el nombre del cilindro y un + en el lado derecho, y para describir un cilindro que se retrae se utiliza el nombre del cilindro y un – en el lado derecho. Como se explica en la Tabla 7.

Nombre del cilindro	Posición	Estado	Fase
A	Extensión	A+	Fase 1
A	Retraído	A-	Fase 2

Tabla 7
Identificación de fases de un proceso basado en neumática
Fuente: elaboración propia.

b) Utilizar el diagrama estado fase de los actuadores (cilindros)

Utilizando como entrada la tabla del punto anterior, se construye el diagrama estado fase, este diagrama es un arreglo X, Y en el cual el eje X representa las distintas fases que se han identificado del paso anterior, y el eje Y representa las dos posiciones en la cuales puede estar el actuador, extendido o retraído. La Figura 3 muestra una descripción de un diagrama estado fase.

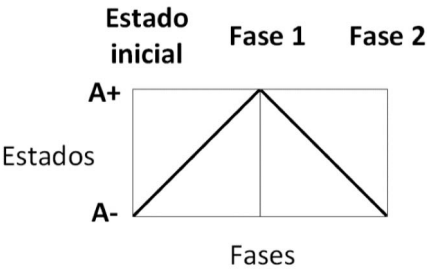


Figura 3
Partes de un diagrama Estado – Fase
Fuente: elaboración propia.

c) Definir la secuencia a implementarla apoyándose en el resultado de los puntos anteriores.

Este arreglo muestra la secuencia completa que debe cubrir cada uno de los actuadores en interacción con otros, para ello se utiliza la nomenclatura del punto anterior y se establecen los sensores que se usarán para realimentar el estado del proceso. A continuación, se describe un ejemplo de una secuencia para dos cilindros.

A+ B+ A- B-

d) Definir el número de grupos, hay que condicionar el estado de los actuadores en cada grupo.

La condición que se debe cumplir para definir cada grupo es que un actuador no puede tener dos operaciones contrarias dentro del mismo grupo, esto significa que, por ejemplo, si se tiene el cilindro A en un mismo grupo no se puede tener la operación A+ y A-. A continuación, en la Tabla 8, se describen distintas secuencias y un posible agrupamiento para cada uno.

Número de cilindros	Secuencia	Agrupamiento	Número de grupos
2	A- B- A+ B +	A- B- A+ B +	2
2	A- A+ B- B+	A- A+ B- B+	3
3	A+ B+ C+ C- A- B-	A+ B+ C+ C- A- B-	2
3	A+ A- B+ B- C+ C-	A+ A- B+ B- C+ C-	4

Tabla 8
Definición de grupos para una secuencia de actuadores
Fuente: elaboración propia.

d) Se definen los sensores necesarios para monitorear la secuencia.

Para definir los sensores se apoya en el punto anterior, con la secuencia y grupos definidos se procede a establecer cada uno de los sensores, entonces se plantea el secuenciamiento de izquierda a derecha la construcción comienza definiendo el sensor de inicio S0 y existen sensores de cambio de grupo y sensores de cambio intra-grupo. Los cambios entre grupos se marcarán por debajo de la secuencia y los intergrupales por encima, la numeración se hará por orden de aparición. La Figura 4 muestra una posible descripción de sensores para una secuencia propuesta.

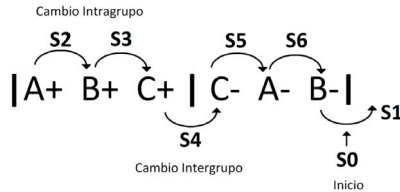


Figura 4
Diagrama de secuencia para la identificación de sensores
Fuente: elaboración propia.

d) Definir el número de válvulas de control 5/2 a utilizar.

Este procedimiento está sustentado en el uso de válvulas 5/2 como elementos de control, por lo tanto, es necesario definir el número de estas válvulas antes de la conexión. El número de válvulas 5/2 se calcula como el número de grupos obtenidos en el punto anterior menos 1. Por ejemplo, si el número de grupos es igual a 3, el número de válvulas 5/2 será igual a 2.

$$\text{No. válvulas de control} = \text{No. de grupos} - 1$$

Marcado y organización de los componentes, para documentación

Para la organización del circuito se utilizará la recomendación de Festo pneumatics en la distribución de los componentes. La Figura 5, muestra cómo se debe organizar la jerarquía de componentes en un circuito neumático.

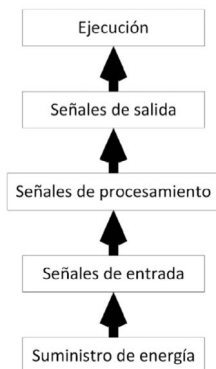


Figura 5
Jerarquía de componentes en un esquema neumático
Fuente: elaboración propia.

Esta organización permite identificar rápidamente cada uno de los componentes dentro del circuito y de esta manera interpretar de manera adecuada la tarea realizada por este. Una forma de interpretar la jerarquía se muestra en la Figura 6.

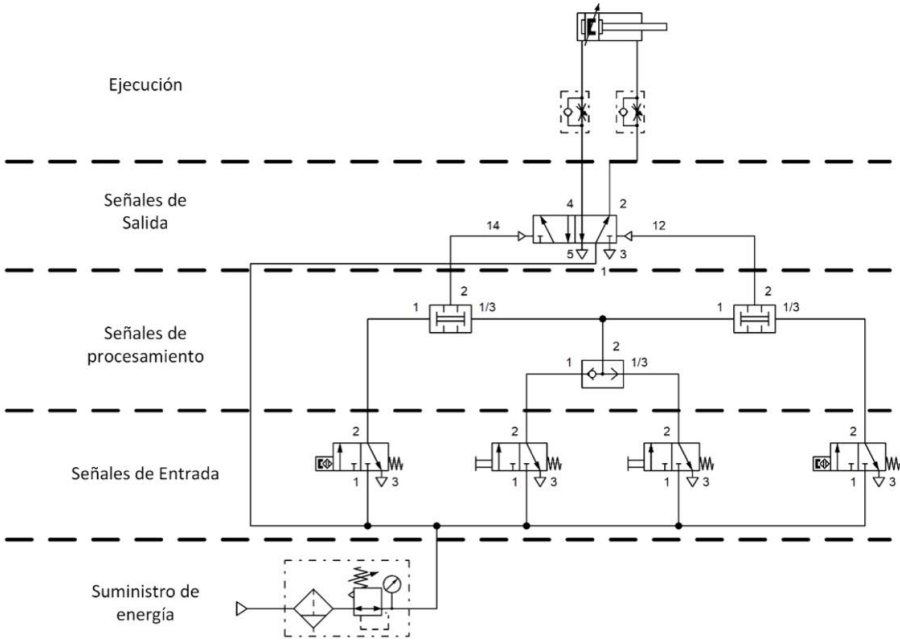


Figura 6
Ejemplo de jerarquía en un esquema neumático
Fuente: elaboración propia.

Numeración de los componentes dentro del circuito neumático

Ubicar los componentes del sistema dentro del circuito permite detectar la posibilidad de distintos errores antes de la simulación, para ello Festo Neumatics propone la generación de etiquetas de acuerdo a la funcionalidad del componente dentro del circuito, esta nomenclatura es mostrada en la Tabla 9, para identificarlos con números y la Tabla 10, para identificarlos con letras.

Designación números	Funcionalidad
OZ1 , OZ2, OZ3...	Identificación de sistemas de suministro de energía.
1A, 2A, 3A...	Actuadores
1V1, 1V2, 1V3...	Válvulas de Control
1S1, 1S2, 1S3...	Elementos de entrada

Tabla 9
Identificación de componentes en un esquema neumático con números
Fuente: elaboración propia.

Designación letras	Funcionalidad
1A, 2A, 3A...	Actuadores
1S1, 2S1, 3S1...	Para la identificación de sensores, finales de carrera en la posición retraída del cilindro
1S2, 2S2, 3S2...	Para la identificación de sensores, finales de carrera en la posición extendida del cilindro

Tabla 10
Identificación de componentes en un esquema neumático
Fuente: elaboración propia.

El circuito mostrado en la Figura 6, después de haber realizado cada una de las identificaciones de los componentes, sería marcado como se muestra en la Figura 7.

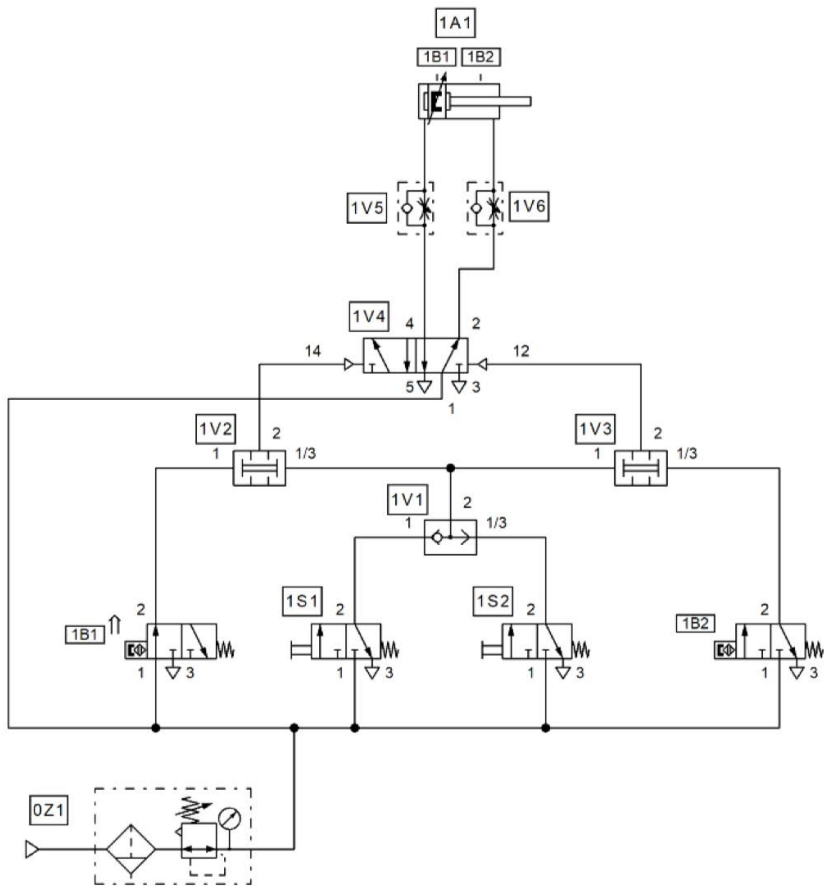


Figura 7
Ejemplo de marcado de componentes en un esquema neumático.
Fuente: elaboración propia.

Entorno de *fluid sim* para simulaciones de circuitos neumáticos

La simulación se ha convertido en una buena fuente de entrenamiento, experiencia y evaluación de sistemas de que de otra manera implicarían inversiones de capital solo para entrenar. En la academia ha facilitado la interacción de los estudiantes con problemas que de otra manera no sería posible establecer. En neumática el panorama no es diferente en este caso se utilizará FluidSim. Esta es una herramienta de simulación de sistemas neumáticos e hidráulicos, propuesta por FESTO. La herramienta permite el montaje, estudio y evaluación de sistemas neumáticos, para ello utiliza la simbología del estándar ISO 1219, brindando la funcionalidad en un circuito real que cada dispositivo debería tener. Algunas características encontradas en la descripción de la página del desarrollador son las siguientes:

- Es una herramienta de aprendizaje dirigida a estudiantes y docentes, permite desarrollar distintos tipos de circuitos mediante la utilización de bibliotecas de componentes.
- Permite la comunicación mediante OPC y el dispositivo EasyPort con un sistema neumático real, lo que permite después de una depuración poder lanzar la aplicación en un sistema real.
- Es posible incluir circuitos eléctricos y lógica en escalera, al igual que sensorica de detección enlazándolos mediante marcas.

Descripción del entorno de FluidSim-F

El sistema de ventanas para FluidSim-F es muy similar a todas las aplicaciones basada en Windows, la Figura 8, describe la distribución del entorno y las distintas partes que lo componen.

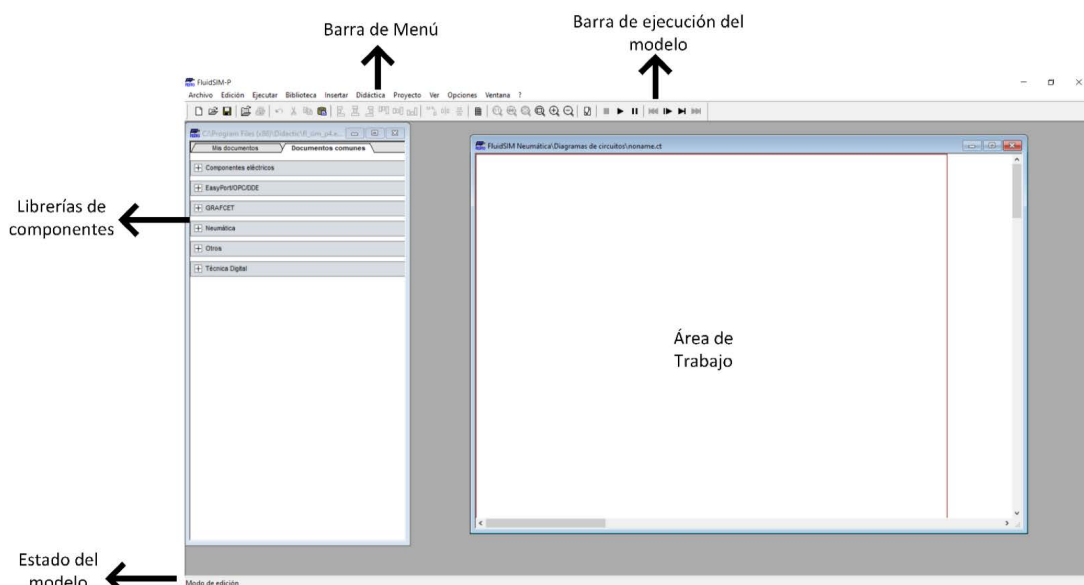


Figura 8
Entorno de trabajo de Fluid Sim - P
Fuente: elaboración propia.

Las librerías de componentes se basan en la representación de distintos estándares de acuerdo con la disciplina, para el caso de la neumática se utiliza la simbología propuesta en la norma ISO 12191 e ISO 1219 2. La descripción mediante el símbolo exige reconocer los elementos que representa y el software les da la funcionalidad que tendrían en un proceso real, esto permite relacionar al estudiante con los conceptos, en primer lugar, la documentación de los procesos neumáticos y en segundo lugar permite diseñar y evaluar el funcionamiento de los distintos circuitos neumáticos como si estuvieran instalados en campo.

A continuación, en la Figura 9, se relacionan algunas de las librerías y subgrupos de componentes necesarios para llevar a cabo el montaje del circuito.

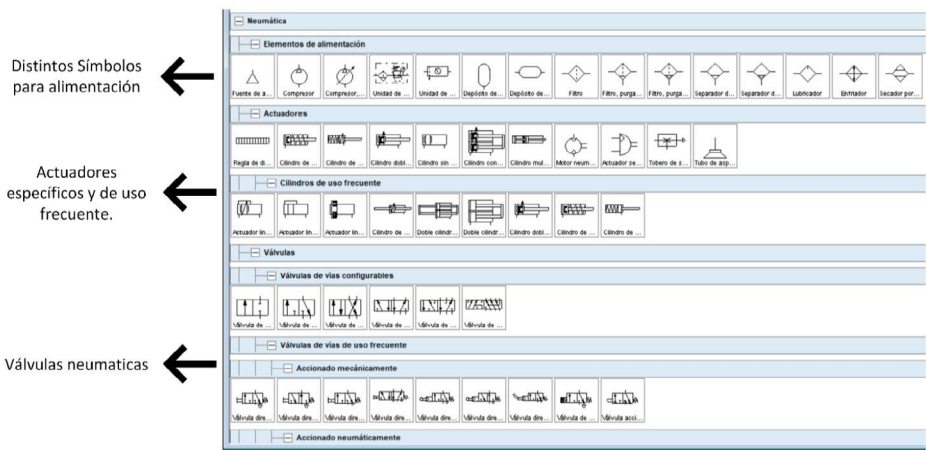


Figura 9
 Librerías disponibles en Fluid sim - P
 Fuente: elaboración propia.

La creación de un esquema se realiza de forma similar a otras las aplicaciones de Windows, ya sea por el menú archivo nuevo o por el icono de nuevo esquema. La Figura 10, muestra esta acción en el sistema.

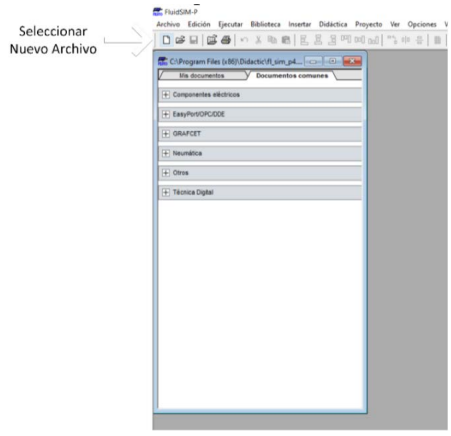


Figura 10
 Creación de un esquema Fluid Sim - P
 Fuente: elaboración propia.

Con esta acción se crea un espacio de trabajo sobre el cual se desarrollará el modelo, posteriormente se deben agregar los componentes. Como se muestra en la Figura 11.

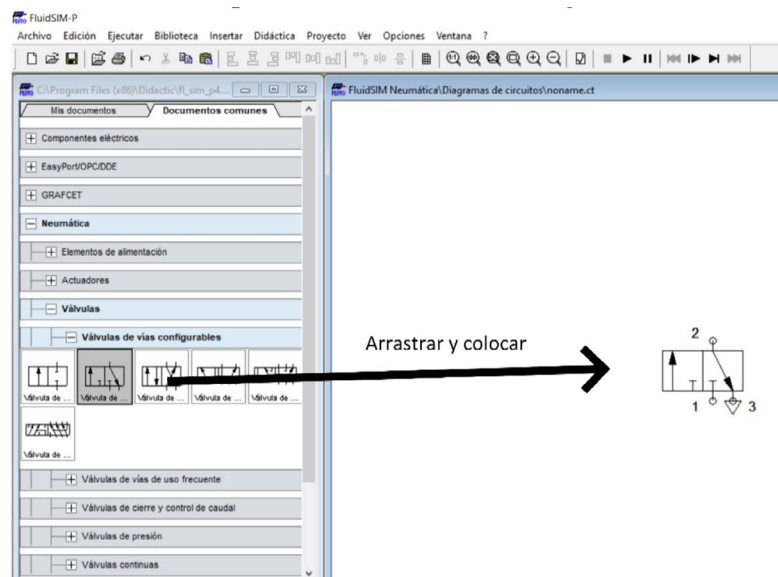


Figura 11
Ubicación de componentes
en el área de trabajo
Fuente: elaboración propia.

Para ingresar un componente a la zona de trabajo se selecciona y se arrastra creando una copia del mismo. Después, la mayoría de elementos permiten una configuración de acuerdo con la función que este dentro del circuito.

A continuación, en la Figura 12, se muestra la configuración para una válvula de control.

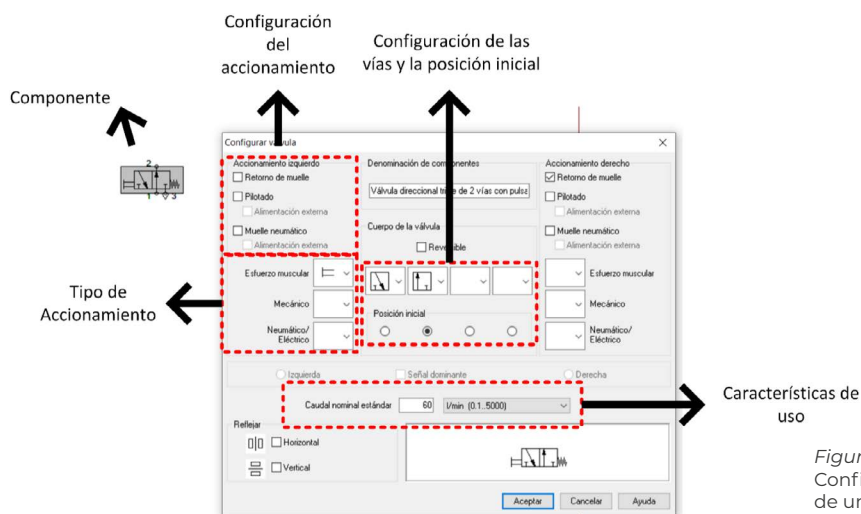


Figura 12
Configuración en Fluid Sim - P
de una válvula de control
Fuente: elaboración propia.

La configuración de un actuador se realiza de una manera similar. Los cilindros son los actuadores por defecto más utilizados para realizar acciones en la industria, dada su versatilidad en cuanto al accesorio que se puede acoplar en su extremo de trabajo. En primer lugar, se debe decidir si el actuador será de simple o de doble efecto, esto es si el actuador necesita solo aire para abrir o cerrar (simple efecto), o si por el contrario necesita aire para abrir y aire para cerrar (doble efecto). A continuación, en la Figura 13, muestra la configuración de estos parámetros en la herramienta software.

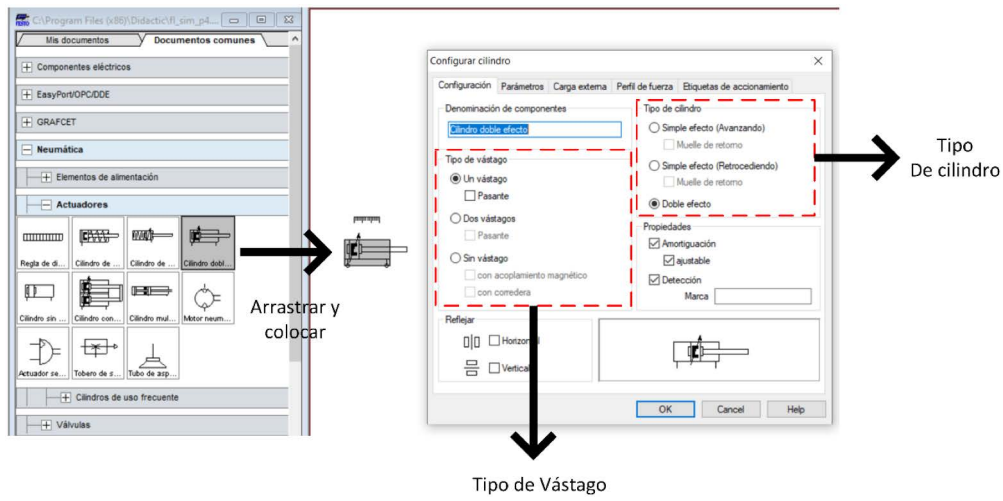


Figura 13
Configuración de un cilindro en Fluid Sim - P
Fuente: elaboración propia.

De igual manera, los parámetros más importantes para tener en cuenta en la configuración de un cilindro son la carrera, que indica a la distancia máxima del recorrido el vástago, y los sensores que durante su recorrido el vástago pueda ir activando para generar señales que permitan cumplir con la lógica requerida por el problema. La Figura 14 muestra el procedimiento de configuración de la carrera y los sensores para un cilindro de doble efecto.

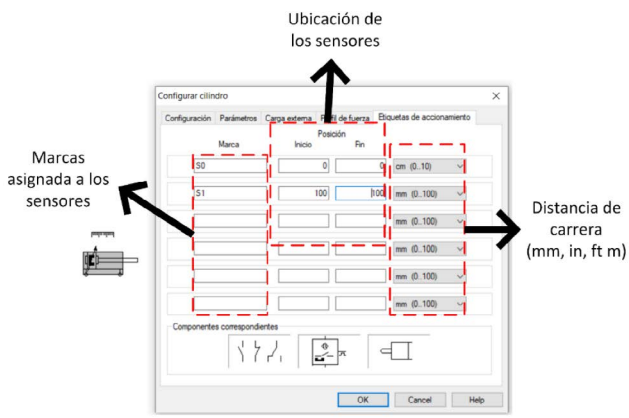


Figura 14
Configuración de la carrera y sensores de un cilindro en Fluid Sim - P
Fuente: elaboración propia.

Por último, cuando una solución ha sido completamente desarrollada, el proceso de simulación debe comenzar. Para ello el archivo debe ser guardado con el proceso conocido para Windows y posteriormente ejecutado. La barra de ejecución permite hacer una simulación continua o de ejecución paso a paso. La Figura 15 muestra los distintos componentes de esta barra.

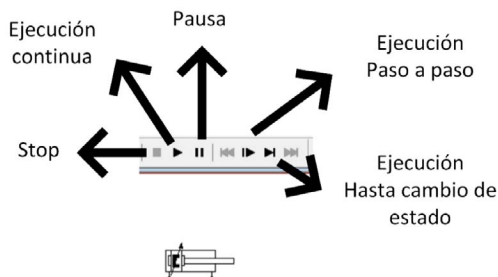


Figura 15

Barra de ejecución de un esquema en Fluid Sim - P

Fuente: elaboración propia.

El software vigila errores solo en conexiones abiertas indicándolas mediante un resaltado en azul. Sin embargo, a petición del usuario es posible simular las partes que sean funcionales hasta donde las conexiones lo permitan. La Figura 16, muestra el mensaje de error y como se señalan dentro del circuito.

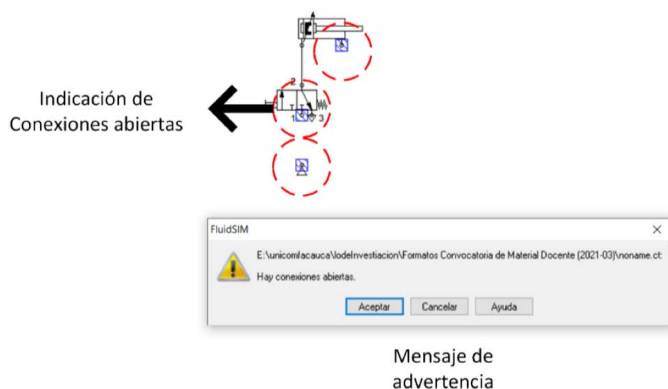


Figura 16

Ventana de error por conexiones abiertas en esquema mostrado por Fluid Sim - P

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo 1. Cambio de banda de un sistema conductor de cajas - Nivel introductorio

En una empresa de logística, existe un juego de bandas transportadoras que trasladan cajas a dos destinos diferentes. En la primera banda se tiene un operador que pone las cajas en la banda A, después un operador desvía las cajas mediante un pulsador de acuerdo con el tamaño, si la caja es grande debe ir a la banda C si es pequeña no se hace nada y la caja irá a la banda B, el actuador es un cilindro neumático. La Figura 17 muestra la distribución del sistema de bandas transportadoras.

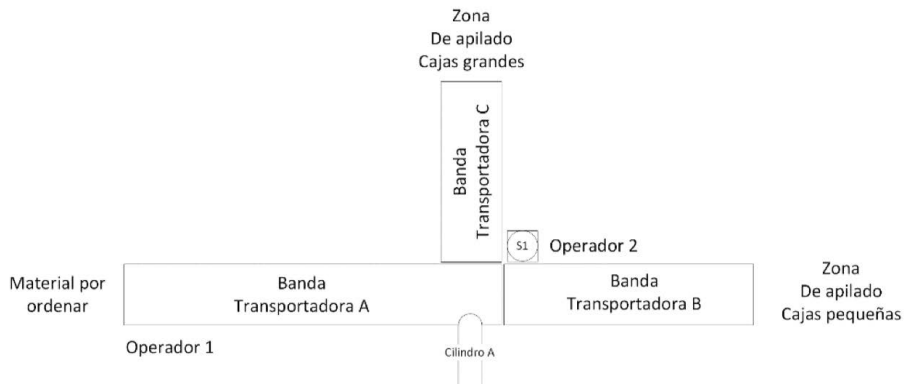


Figura 17
Diagrama del problema - Ejemplo 1.
Fuente: elaboración propia.

Solución mediante método intuitivo

Dado que el sistema no exige un control más que una intervención manual del operario tomando como información la realimentación visual del tamaño de la caja, es posible solucionar el problema mediante una acción directa.

Asimismo, se toma una fuente de alimentación y un cilindro de simple efecto con retorno por fuelle, el circuito resultante es mostrado en la Figura 18.

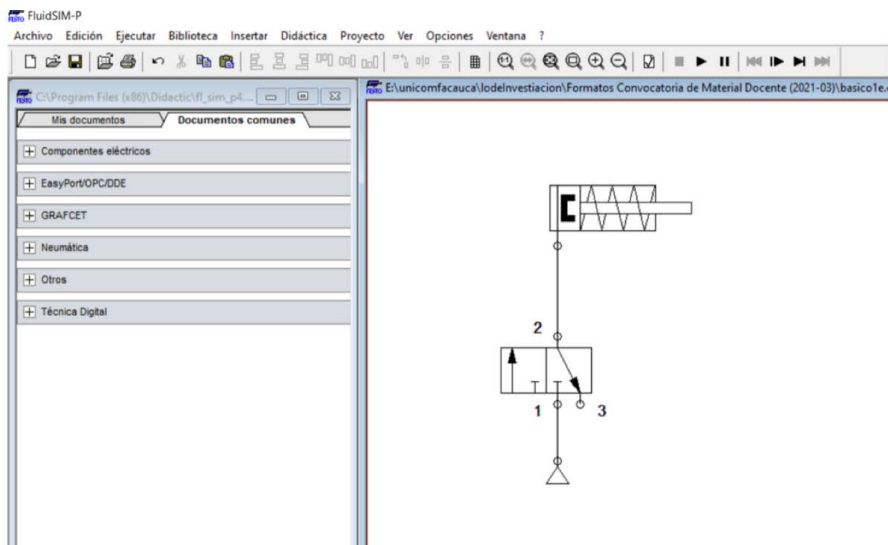


Figura 18
Diagrama esquemático de la solución - Ejemplo 1
Fuente: elaboración propia.

Después de eso, se debe hacer la configuración de la válvula de control para que responda como un pulsador sin retención y con retorno por fuelle, esta configuración es mostrada en la Figura 19.

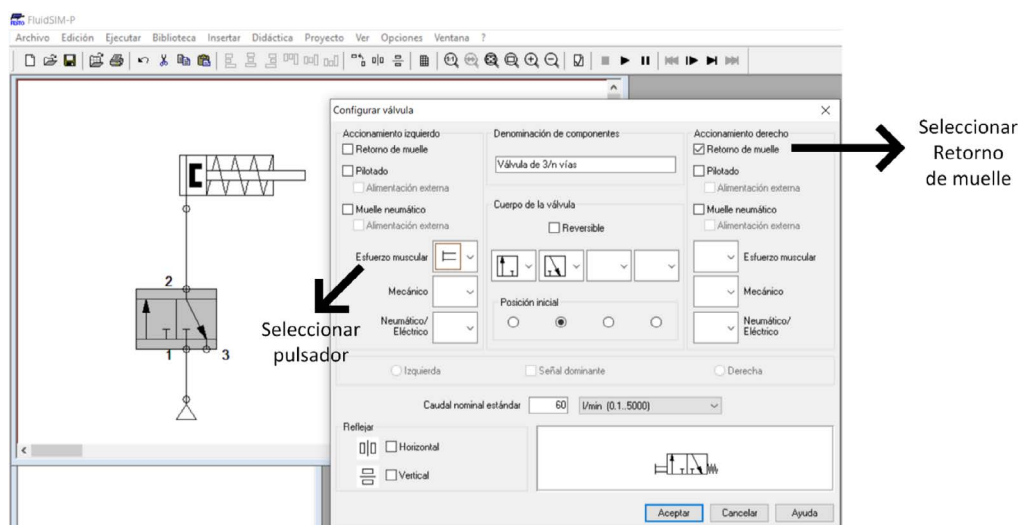


Figura 19
Configuración del pilotado de la válvula de control
Fuente: elaboración propia.

Con la configuración realizada a la válvula, el circuito está listo para ser simulado. Para llevar a cabo esta tarea es necesario ubicar un terminador en la vía 3 de la válvula, y proponer un marcado de los componentes, el circuito configurado y marcado se muestra en la Figura 20.

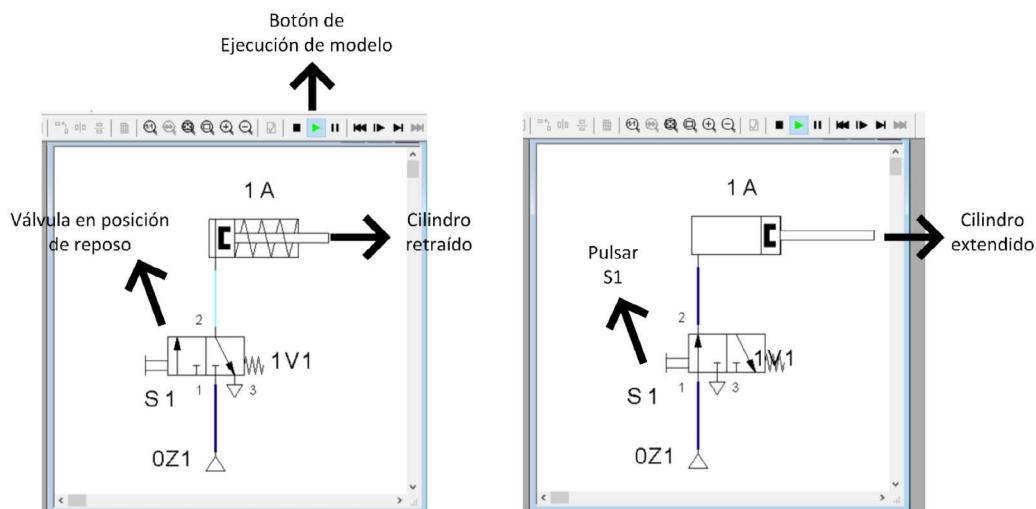


Figura 20
Posibles estados del cilindro con respecto a la posición de la válvula
Fuente: elaboración propia.

Ejercicios de evaluación

Utilizando como precedente el ejemplo desarrollado, se proponen los siguientes casos problema, bajo el mismo entorno propuesto antes.

Ejercicio 1. Implementación de acción de rechazo de cajas pequeñas

En este ejercicio se incluye el cilindro B, que le permite al operador rechazar una caja pequeña después de ser clasificada. Este rechazo representa los defectos de calidad o seguridad que se pueden presentar en una clasificación. Es necesario aclarar que, dado que el operador 2 hace las veces de controlador, tanto el funcionamiento del cilindro A y B son independientes, y este último es activado desde S2. La Figura 21, muestra la distribución de componentes para el sistema.

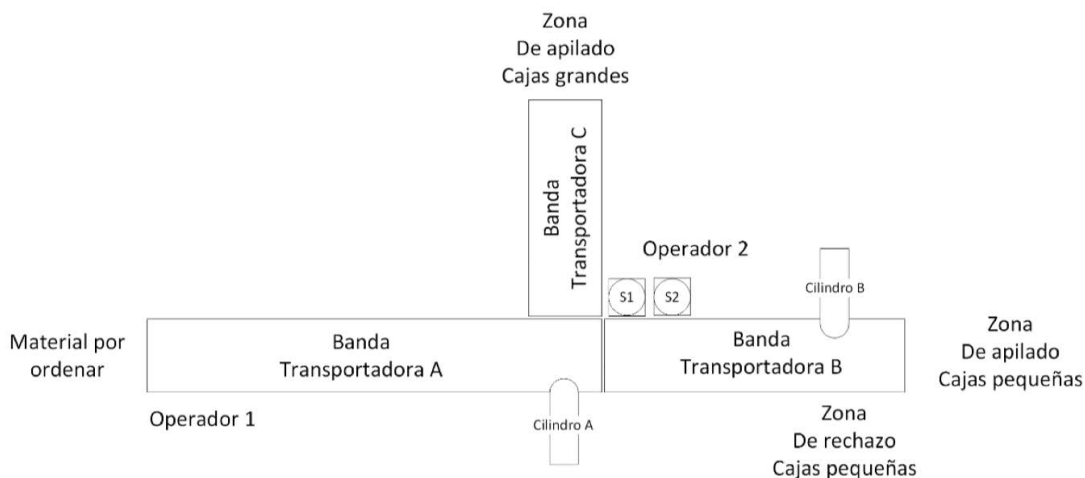


Figura 21

Diagrama del problema – Ejercicio 1 - Introductorio

Fuente: elaboración propia.

Ejercicio 2. Implementación de sellado de cajas pequeñas

Por último, un nuevo operador es agregado a la línea de cajas pequeñas en este caso se le encarga la función de sellar la caja mediante la acción de un cilindro que ajusta las tapas superiores de la caja, donde previamente se ha esparcido un pegante líquido. No obstante, le jefe de planta también pide que el operador 2 esporádicamente pueda realizar esta acción desde su sitio de trabajo, esto implica que el cilindro C pueda ser activado desde dos puntos S3 y S4. La Figura 22, muestra la distribución de los componentes del sistema.

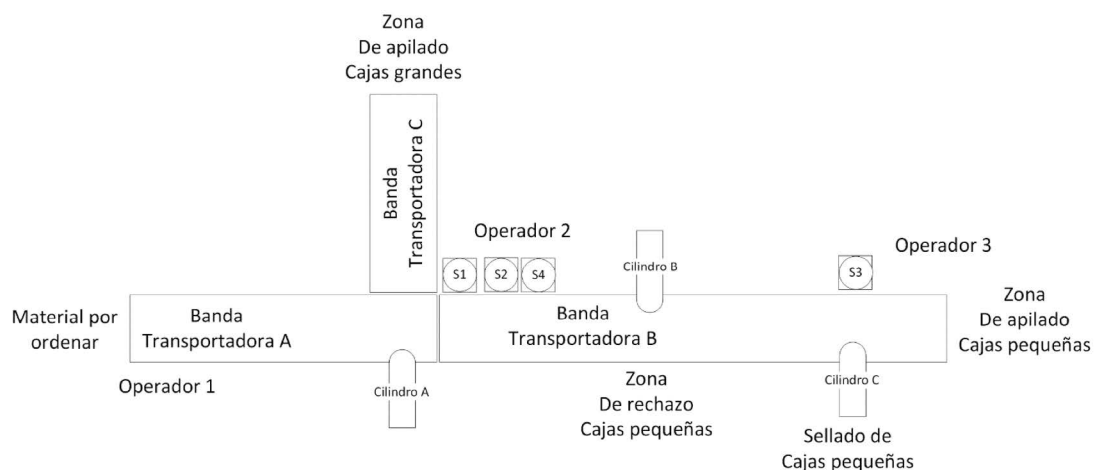


Figura 22
Diagrama del problema – Ejercicio 2 - Introductorio
Fuente: elaboración propia.

Ejemplo 2. Máquina de taladrado manual – nivel intermedio

Descripción del caso de estudio

Un operador debe colocar una pieza a la vez sobre una mesa de trabajo, la posición inicial del cilindro A es retraído y el sensor S1 es el encargado de detectar esta posición, después y dado inicio el pistón A es extendido y este lleva la pieza hasta la posición de S2. En este punto el cilindro B comienza su extensión para comenzar el taladrado de la pieza y con A extendido aun, la posición inicial es detectada por el sensor S3. Cuando el vástago del cilindro B llega a su máxima extensión el sensor S4 detecta su posición y termina la operación de taladrado, la acción del motor del taladrado no es parte del circuito neumático por lo tanto no será tomada en cuenta. Finalmente, cuando el cilindro B es retraído hasta alcanzar la posición de S3, entonces A comienza a ser retraído hasta alcanzar la posición de S1. El sistema correspondiente se puede ver en la Figura 23.

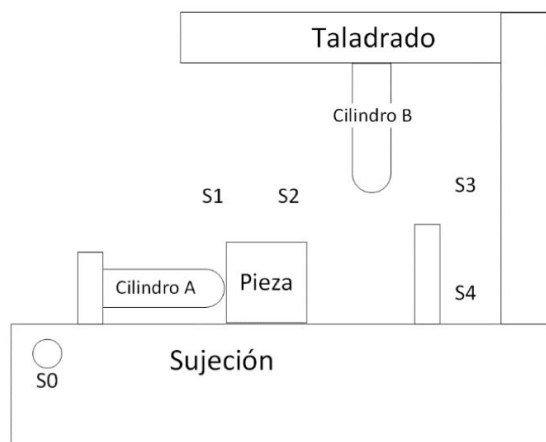


Figura 23
Diagrama del problema - Ejemplo 2
Fuente: elaboración propia.

Para el desarrollo de este procedimiento ya no es posible utilizar un método convencional, debido a la complejidad del problema, para ello entonces se utilizará el procedimiento planteado en el apartado anterior denominado método cascada.

a) Definición de las fases

Nombre del cilindro	Posición	Estado	Fase
A	Extensión	A+	Fase 1
B	Extensión	B+	Fase 2
B	Retraído	B-	Fase 3
A	Retraído	A-	Fase 4

Tabla 11
Definición de grupos para una secuencia de actuadores – Ejemplo 2
Fuente: elaboración propia.

b) Diagrama estado fase de los actuadores

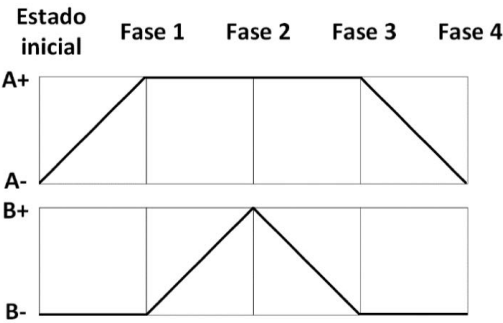


Figura 24
Diagrama Estado – Fase - Ejemplo 2
Fuente: elaboración propia.

c) Definir la secuencia a implementar apoyándose en el resultado de los puntos anteriores

A+ B+ B- A

d) Definir el número de grupos, Condicionando el estado de los actuadores en cada grupo.

Número de cilindros	Secuencia	Agrupamiento	Número de grupos
2	A+ B+ B- A-	A+ B+ B- A-	2

Tabla 12
Definición del número de grupos – Ejemplo 2
Fuente: elaboración propia.

e) Sensores para la secuencia

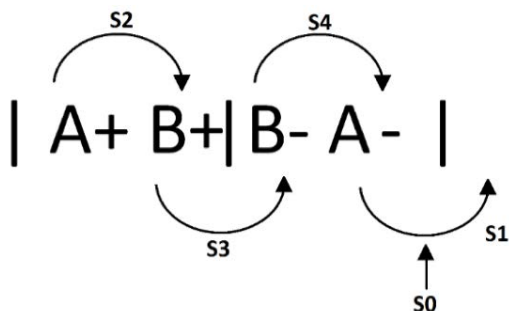


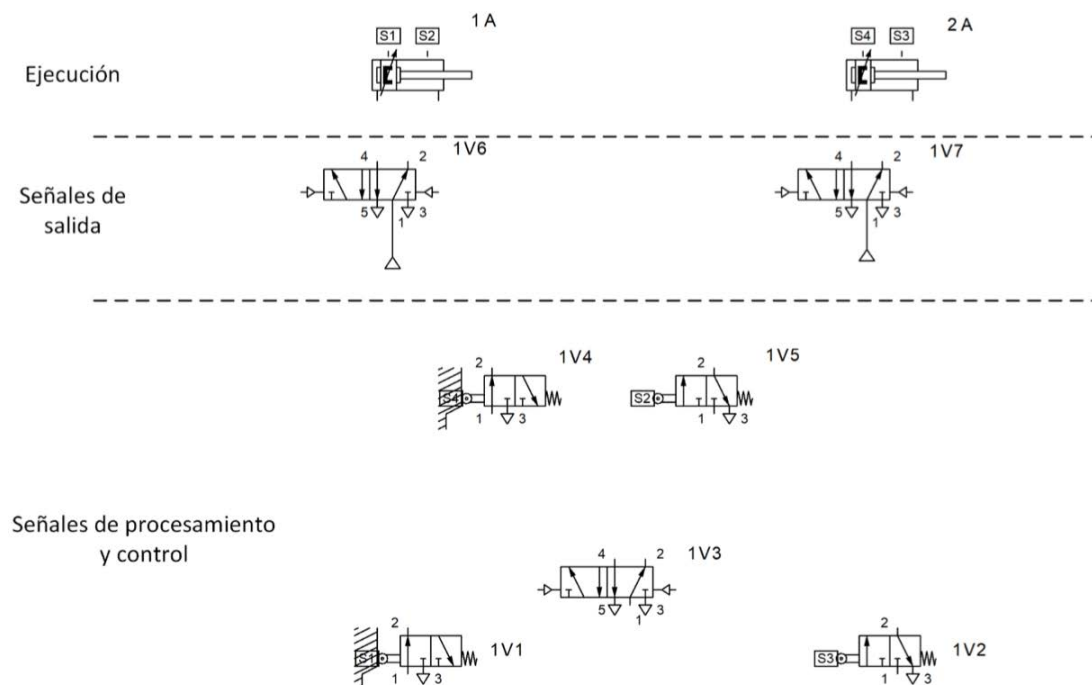
Figura 25
Identificación de los sensores – Ejemplo 2
Fuente: elaboración propia.

f) Número de válvulas a utilizar

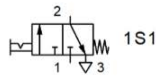
$$\text{No. Válvulas de control} = 2-1 = 1$$

Desarrollo de la solución en Fluid Sim - Ejemplo 2

Existen distintos métodos para desarrollar la solución en el software, una de ellas consiste en ubicar todos los componentes utilizando la jerarquía mostrada en el apartado anterior. Se inicia por los elementos de alimentación y se termina por los elementos actuadores. Como se muestra en la Figura 26.



Señales de entrada



Suministro
De energía.

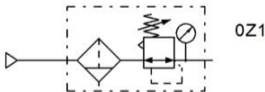
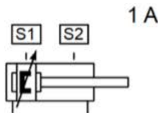


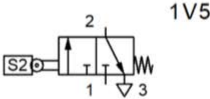
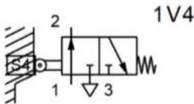
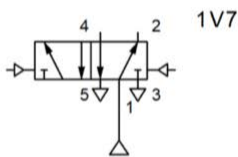
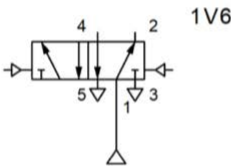
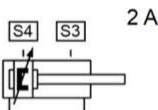
Figura 26
Jerarquía de componentes del esquema para el ejemplo 2
Fuente: elaboración propia.

Después, hay que establecer las conexiones de acuerdo con los grupos, esto logra siguiendo el paso 5 que contiene los sensores de secuencia. En este caso se conoce que S0 y S1 toman aire del grupo 2, por lo tanto, se debe alimentar sus entradas con el aire que proviene de este grupo, esta parte representa solo el cambio de grupo entre el grupo 2 y el grupo 1, que indica que la línea de entrada de la válvula 5/2 (1V3) conmuta a través de su pilotaje izquierdo permitiendo el paso del aire al grupo 1. La Figura 27 indica cómo se debe hacer esta conexión.

Cilindro A



Cilindro B



Grupo I

Grupo II

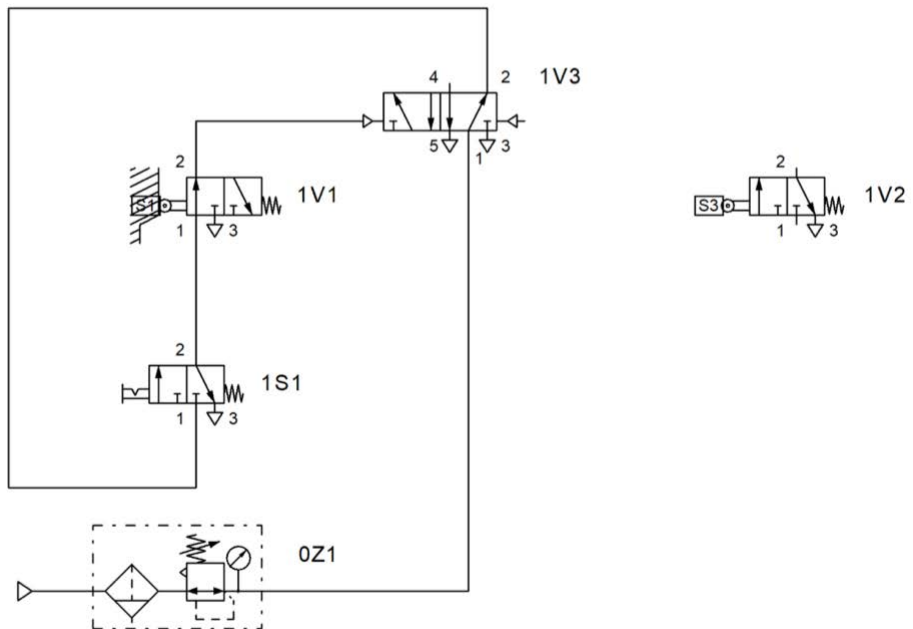


Figura 27

Conexión del cambio de grupo para inicio de la secuencia – Ejemplo 2

Fuente: elaboración propia.

Ahora con el cambio al grupo se deben realizar las conexiones para este grupo. El paso 5 nos indica que la primera acción es extender el cilindro A, esto es aplicar aire al pilotaje izquierdo de la válvula 1V6 y teniendo en cuenta que el final de carrera S2 está presionado cuando el cilindro A se extienda, se debe aplicar aire del Grupo 1 a través de 1V5 para que activar el pilotaje izquierdo de 1V7, extendiendo de esta forma el cilindro B. La Figura 28 muestra estas conexiones sobre el circuito.

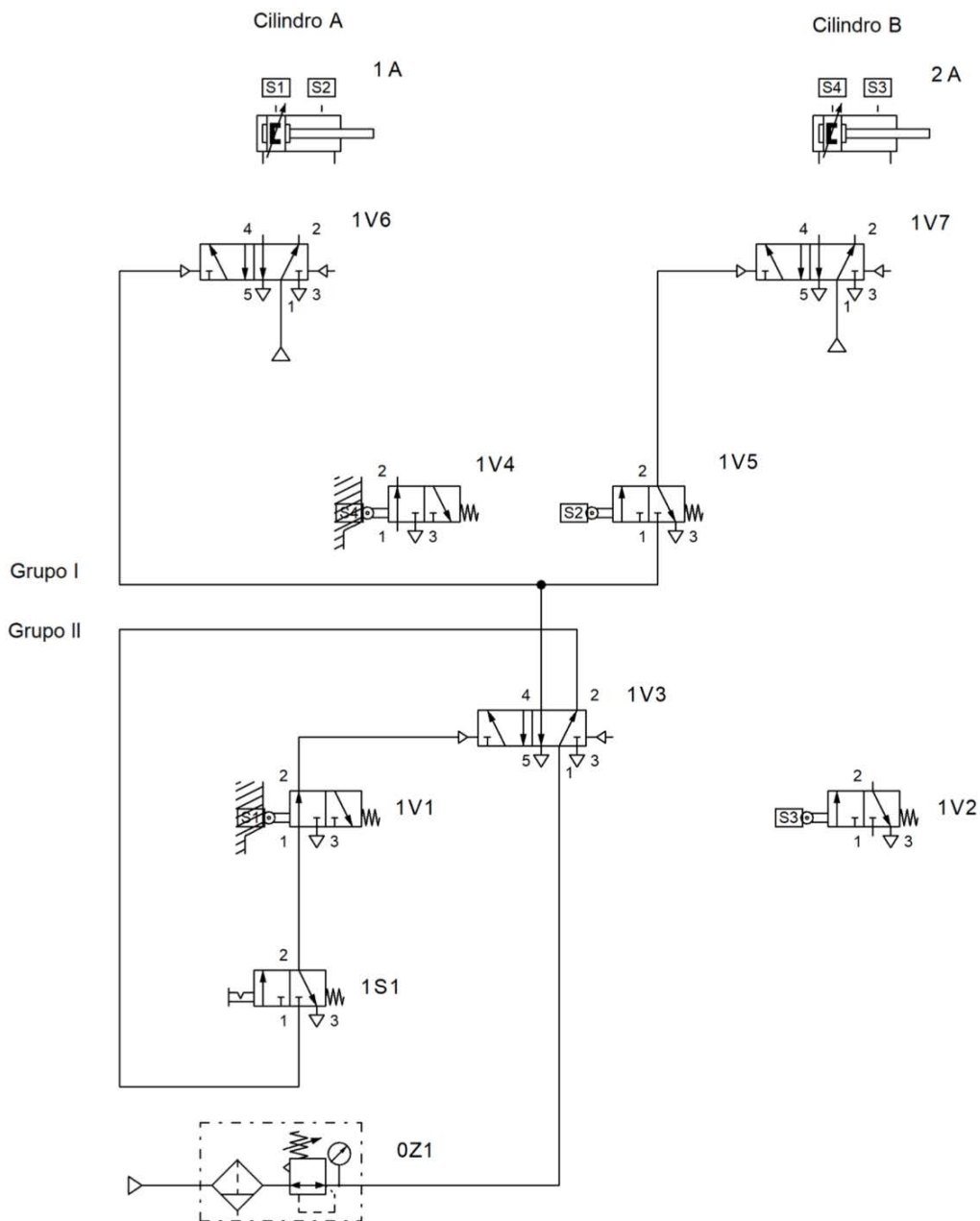


Figura 28
Conexiones del grupo 1 - Ejemplo 2
Fuente: elaboración propia.

A continuación, se debe realizar el cambio del grupo 1 al grupo 2, para ello como se muestra en el paso 5 que el cambio se realiza a través de 1V2. Esto se logra debido a que en la extensión del cilindro B, el final de carrera está activado, y por lo tanto realiza la conmutación al grupo 2 a través del pilotaje derecho de la válvula 1V3. La Figura 29 muestra la conexión de cambio de grupo terminada.

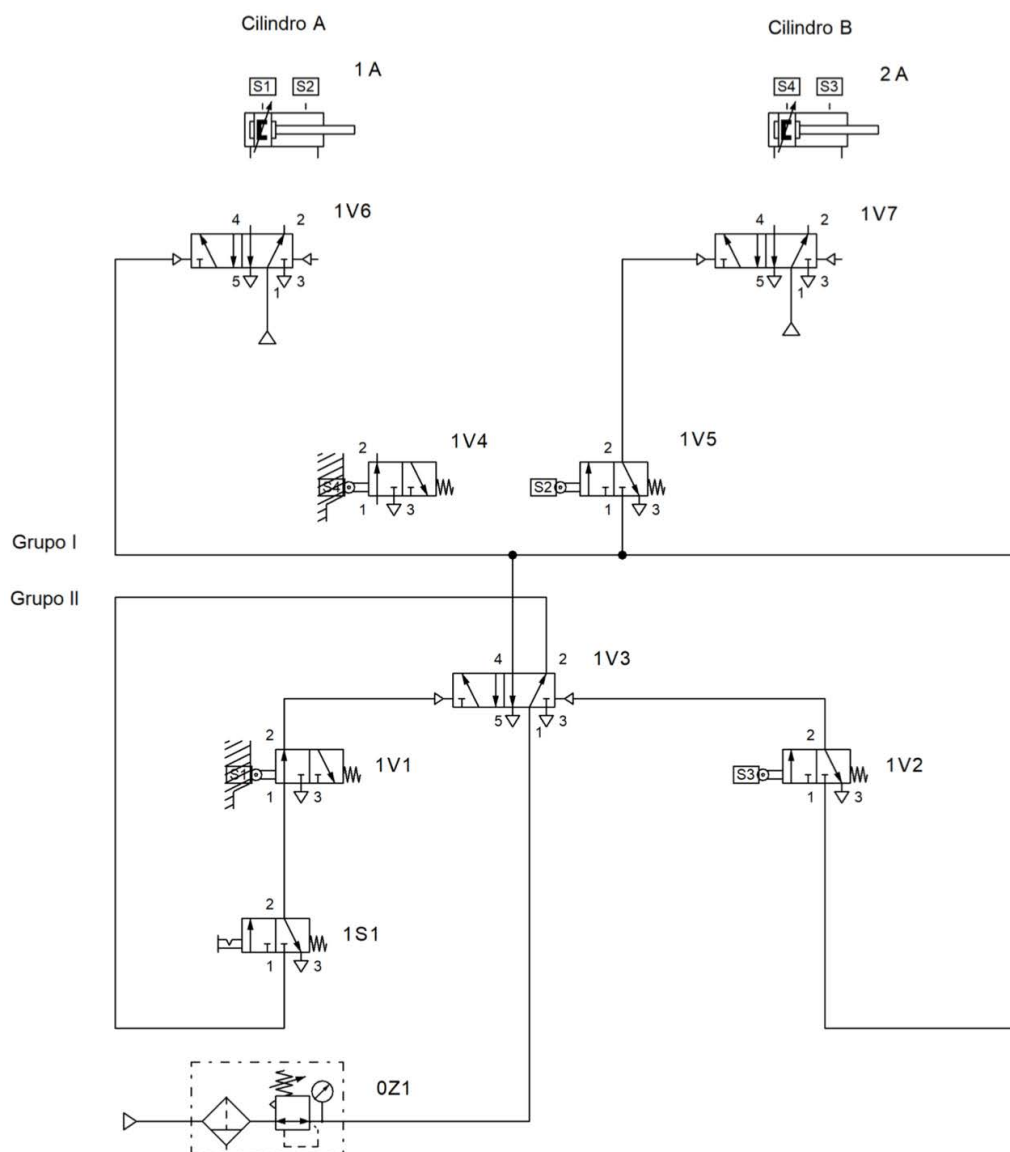


Figura 29
Conexiones para el cambio al grupo 2 - Ejemplo 2
Fuente: elaboración propia.

Luego con la línea de aire en la línea 2 alimentada se procede a completar las conexiones de este grupo, para ello derivado del paso 5 se identifica que el cilindro B es retraído directamente por el aire del grupo 2, activando S4 y retrayendo el cilindro A. por último se conecta las salidas de las válvulas 1V6 y 1V7 a los cilindros A y B respectivamente. Estas conexiones son mostradas a continuación, en la Figura 30.

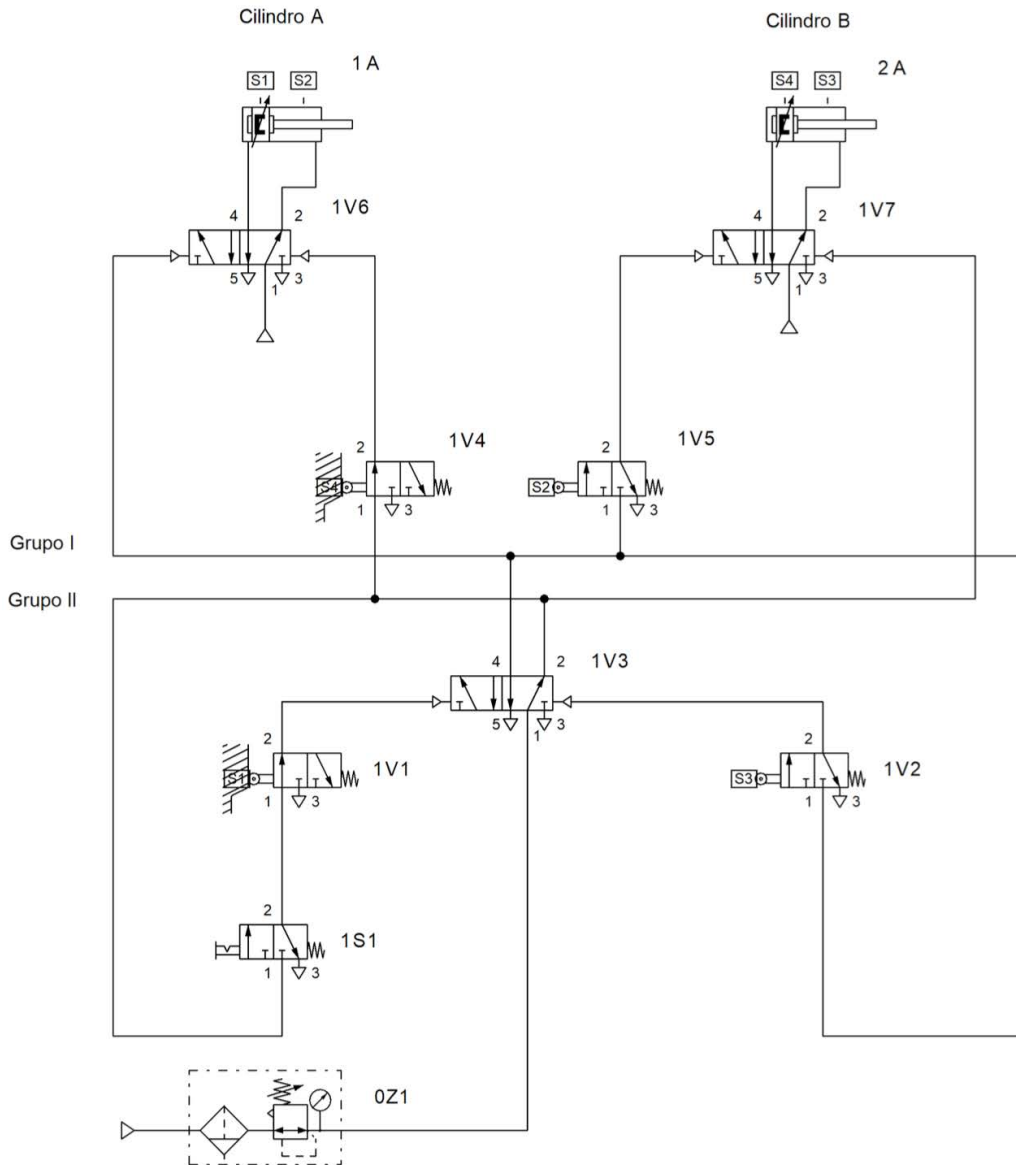


Figura 30
Conexión completa de la solución para el ejemplo 2
Fuente: elaboración propia.

Ejercicios de evaluación – nivel intermedio

A continuación, se proponen dos ejercicios complementarios al estudiado en el Ejercicio 2. Máquina de taladrado manual, buscando que el estudiante ofrezca una solución a los problemas planteados.

Ejercicio 1. Taladrado de piezas con avance lento y retroceso rápido

En este caso de estudio se tiene un proceso de taladrado de piezas de madera, para ello dos cilindros permiten realizar la tarea. El cilindro A permite empujar la pieza hasta la zona de taladrado y una vez allí sujetarla mientras se realiza la operación. De manera coordinada, se tiene un cilindro B que permite bajar la broca que ejecuta la operación, en este caso se omite el sistema que gira la broca. Dado que la operación se debe realizar mientras la broca comienza la operación y como un modo de proteger el equipo y el operador, debe existir una variación en la velocidad descenso. Al contrario de la entrada que sí puede ser a través de un movimiento de retracción a velocidad normal. La Figura 31 muestra un esquema del caso de estudio.

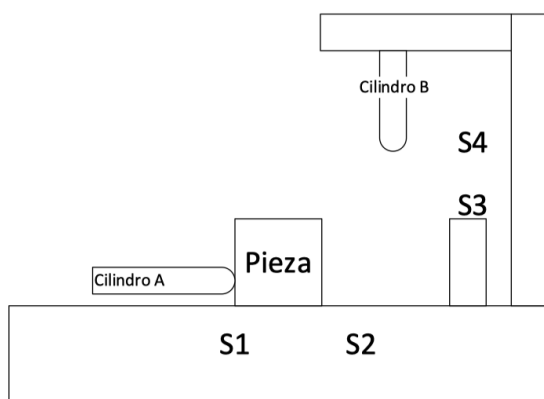


Figura 31
Diagrama del problema – Ejercicio 1 - Intermedio
Fuente: elaboración propia.

Ejercicio 2. Estudio a partir del diagrama Estado - Fase

Una variación en el desarrollo de los problemas consiste en no conocer el contexto del caso de estudio, sino simplemente conocer el diagrama Estado – Fase. Esto requiere una nueva interpretación por parte del estudiante ya que la solución puede ser aplicable a múltiples casos que cumplan con el diagrama Estado – Fase. Sin embargo, desde el punto de vista del desarrollo del procedimiento implica la omisión del paso 1. La Figura 32 muestra el diagrama Estado – Fase del ejercicio propuesto.

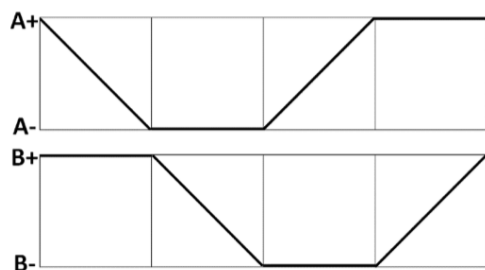


Figura 32
Diagrama del problema – Ejercicio 2 - Intermedio
Fuente: elaboración propia.

Ejemplo 3. Problema a partir del diagrama estado - fase

Descripción del caso de estudio

El ejemplo corresponde a un sistema sellador de cajas, un proceso muy común para la aplicación de sistemas neumáticos donde se exige la sensibilidad y la secuencialidad para llevar a cabo el proceso sin dañar el producto final. Las cajas de un producto final son apiladas en una guía que las contiene verticalmente, las cajas son evacuadas por gravedad y deben ser ubicadas en un canal. Para ubicarlas se dispone de un cilindro neumático, marcado como A en la Figura 33. Este cilindro empuja la caja hasta el canal donde será sellada mediante el cilindro B, mientras este cilindro hace el sellado el cilindro A sostiene la caja. Por último, el cilindro C empuja la caja sellada a una banda transportadora donde un operador realizará el apilado manualmente.

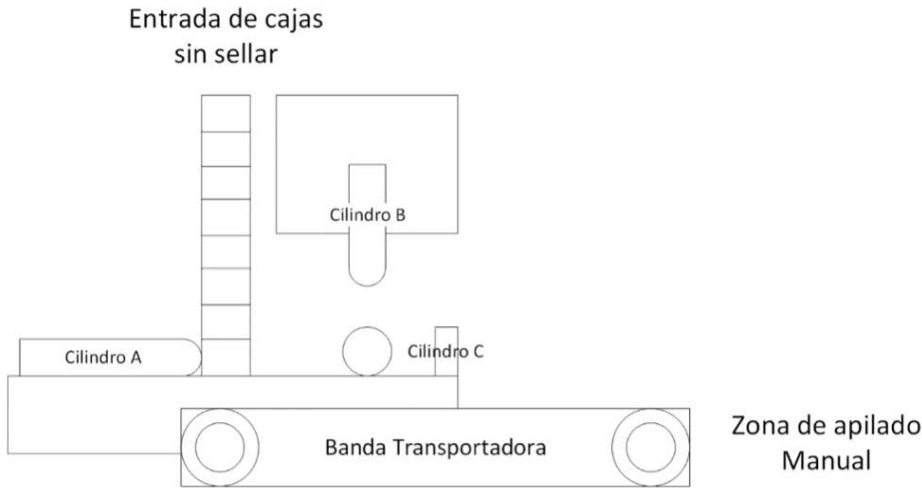


Figura 33
Diagrama del problema – Ejercicio 3
Fuente: elaboración propia.

a) Definición de las fases

Nombre del cilindro	Posición	Estado	Fase
A	Extensión	A+	Fase 1
B	Extensión	B+	Fase 2
B	Retraído	B-	Fase 3
A	Retraído	A-	Fase 4
C	Extensión	C+	Fase 5
C	Retraído	C-	Fase 6

Tabla 11
Definición de grupos para una secuencia de actuadores – Ejemplo 2
Fuente: elaboración propia.

b) Diagrama estado fase de los actuadores

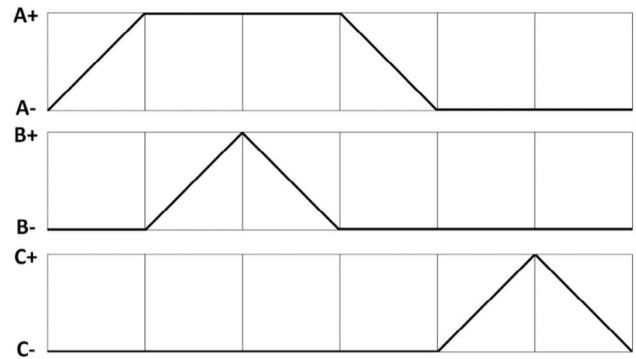


Figura 34
Diagrama Estado – Fase - Ejemplo 3.
Fuente: elaboración propia.

c) Definición de la secuencia

$A+ B+ B- A- C+ C-$

d) Definir el número de grupos

Número de cilindros	Secuencia	Agrupamiento	Número de grupos
3	A+ B+ B- A- C+ C-	A+ B+ B- A- C+ C-	3

Tabla 14
Definición del número de grupos – Ejemplo 3
Fuente: elaboración propia.

e) Sensores para la secuencia

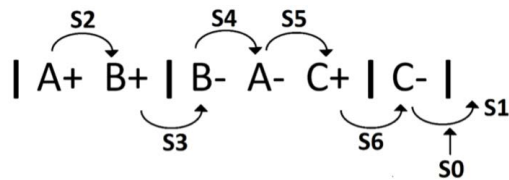


Figura 35
Identificación de los sensores - Ejemplo 3
Fuente: elaboración propia.

f) Número de válvulas a utilizar

$No. Válvulas de control = 3-1 = 2$

Desarrollo de la solución en Fluid Sim - Ejemplo 3

Al igual que en el apartado anterior se realiza una organización jerárquica de los componentes dentro del esquema, no existe diferencia alguna con la propuesta realizada en este apartado solo se incrementa la complejidad de la aplicación dado el caso de estudio. La Figura 36 muestra la distribución de componentes de acuerdo con la jerarquía mostrada en las Figuras 4 y 5.

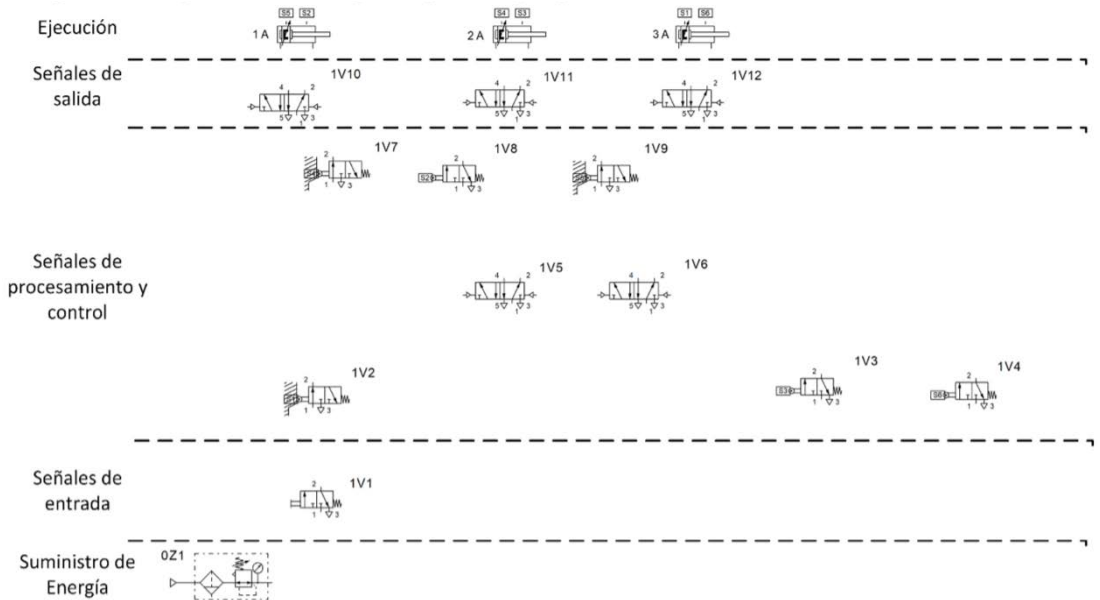
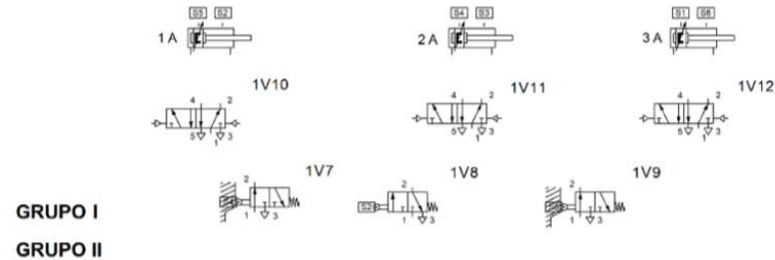


Figura 36
Jerarquía de componentes del esquema para el ejemplo 3
Fuente: elaboración propia.

A continuación, se realiza la conexión de alimentación para el inicio de la secuencia, esto conlleva alimentar las válvulas 1V5, 1V6 y reiniciar la alimentación del grupo 3 a las válvulas 1V1 y 1V2, que permiten iniciar la secuencia. La figura 37 refleja estas conexiones.



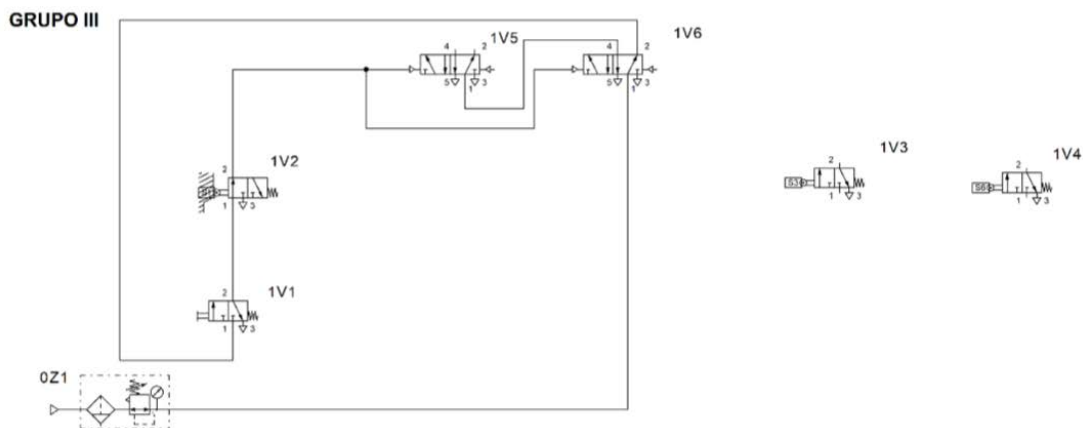


Figura 37

Conexión del cambio de grupo para inicio de la secuencia - Ejemplo 3

Fuente: elaboración propia.

Ahora se realiza la conexión para el grupo I, esto implica alimentar el pilotaje izquierdo de 1V10 para la extensión del cilindro A. Después de la salida de A se activará el sensor S2 que permite el pilotaje izquierdo de 1V11 a través de la válvula 1V8, estas conexiones son mostradas en la Figura 38.

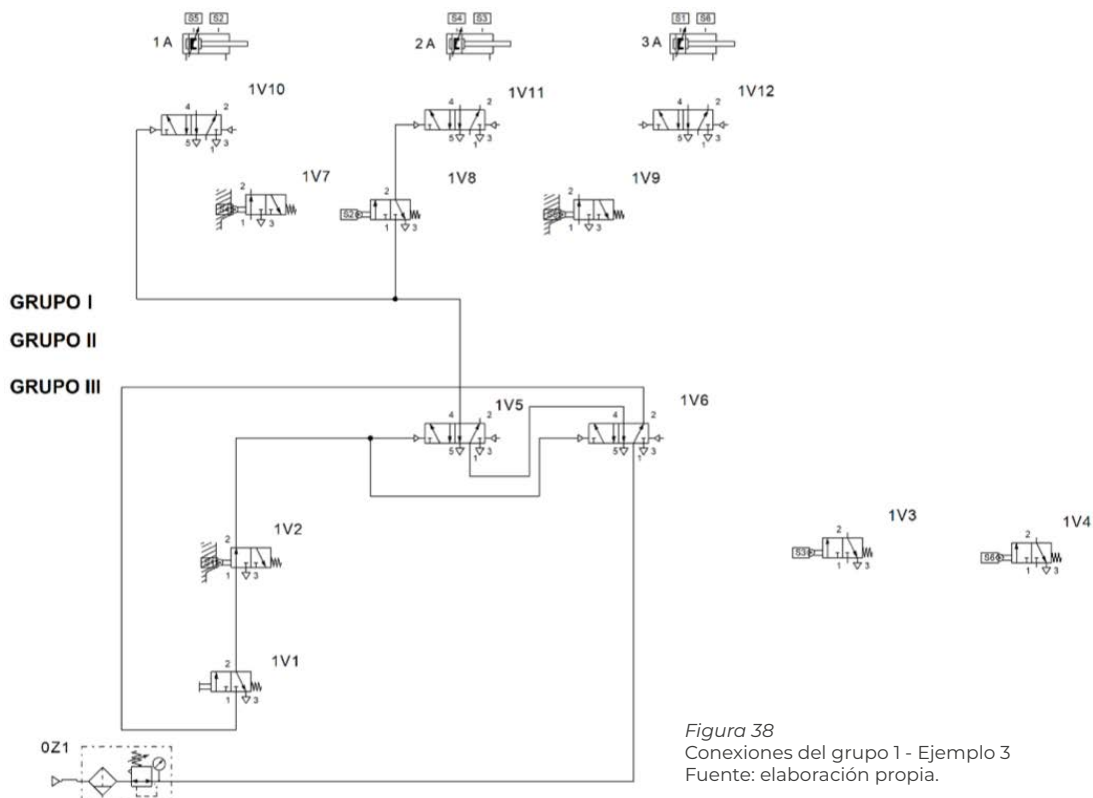


Figura 38

Conexiones del grupo 1 - Ejemplo 3

Fuente: elaboración propia.

Después se debe realizar el cambio al grupo 2, esta acción se inicia cuando el cilindro B ya se ha extendido y activado el sensor S3. Esta conexión se muestra en la Figura 39.

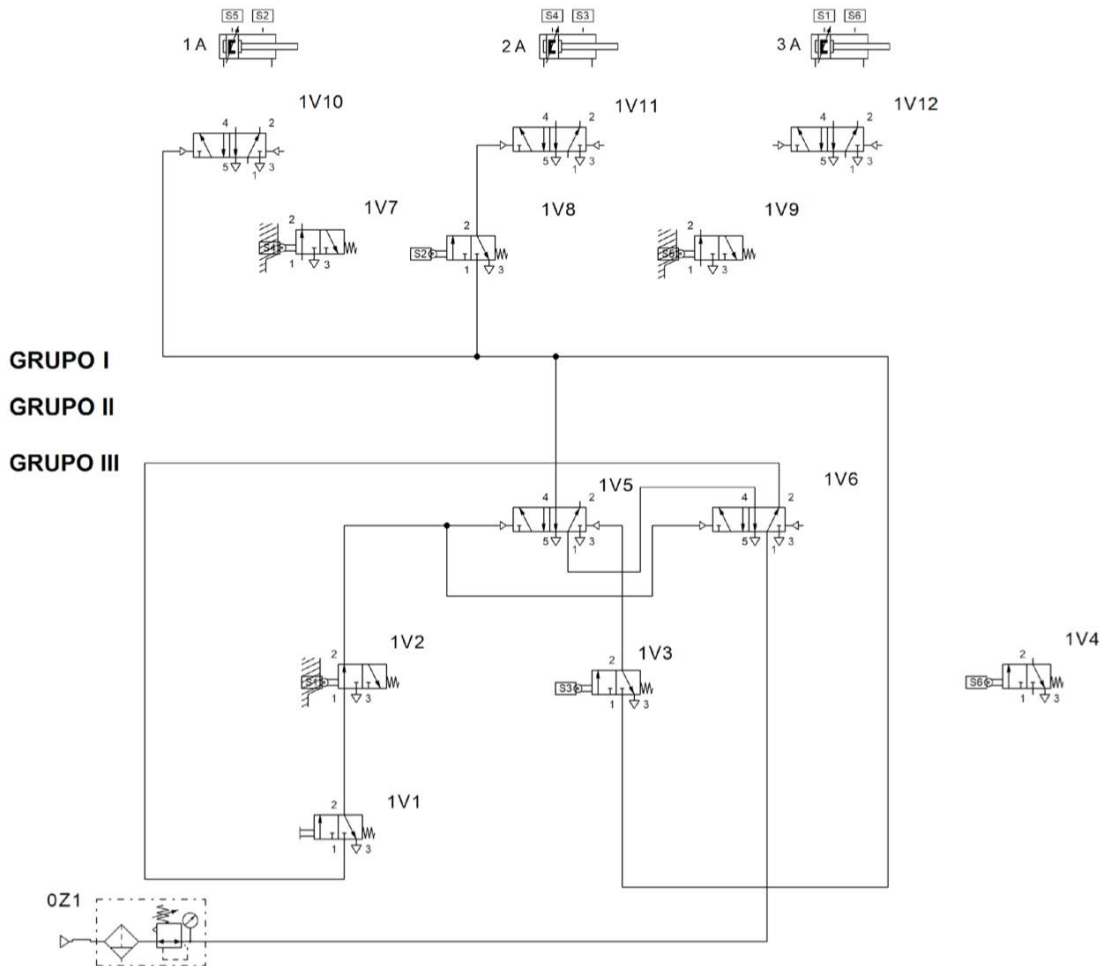


Figura 39
Conexiones para el cambio al grupo 2 - Ejemplo 3
Fuente: elaboración propia.

Ahora se debe establecer las conexiones para el grupo II, esto consiste en alimentar directamente el pilotaje derecho de 1V11. Luego que B es retraído activará S4 para retraer el cilindro A mediante 1V7 y aplicación de aire al pilotaje derecho de 1V10. Cuando A es retraído activará el sensor S5 el cual a través de 1V9 piloteará el lado izquierdo de 1V12 para la extensión del cilindro C. Estas conexiones se pueden ver en la Figura 40.

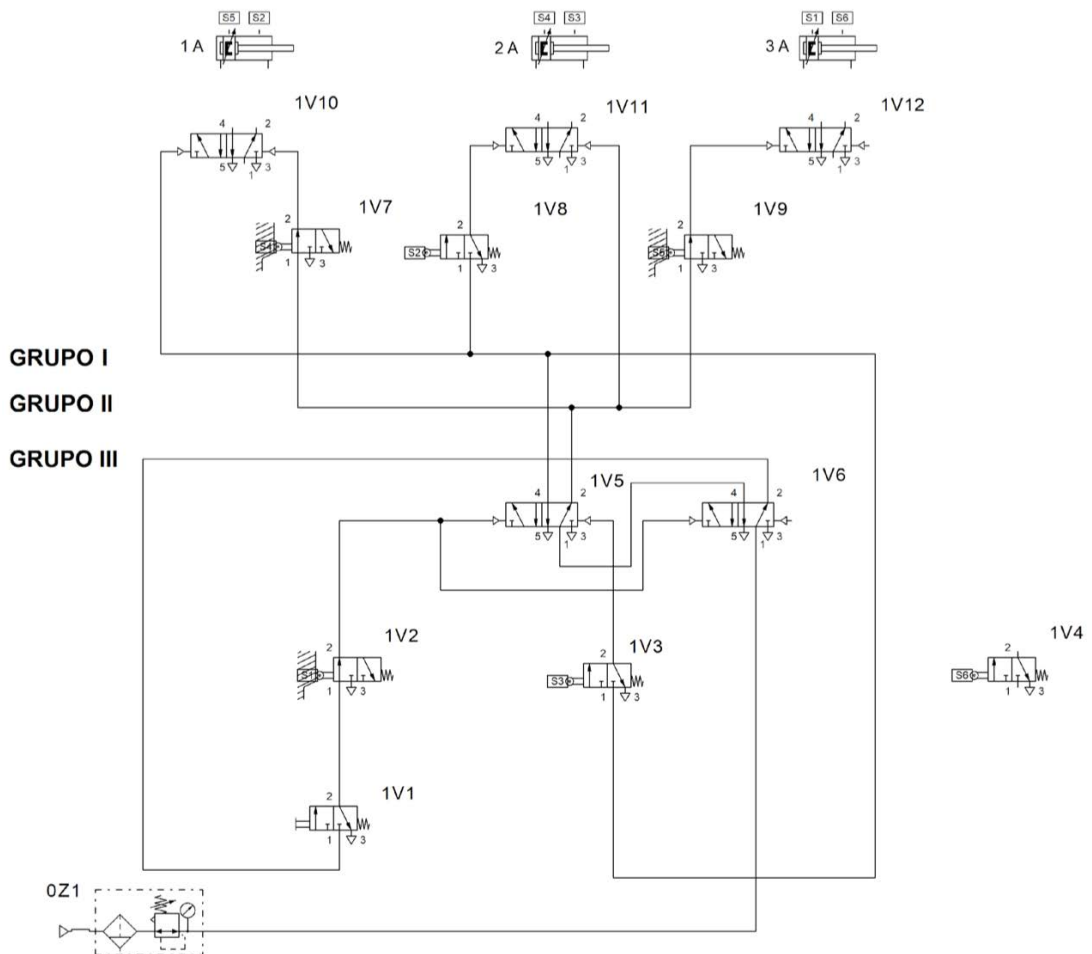


Figura 40
Conexiones grupo 2 - Ejemplo 3
Fuente: elaboración propia.

Ahora se requiere el cambio al grupo 3 para ello es necesario apoyarse en la activación de S6. Cuando el cilindro C se ha extendido, inicia el cambio de grupo a través de 1V4, esto hace que 1V6 alimente el pilotaje derecho de 1V12 lo cual hará que el cilindro C se retraiga. Por último, se conectan las salidas de 1V10, 1V11, 1V12 a las entradas correspondientes en cada cilindro. Estas conexiones son mostradas en la Figura 41.

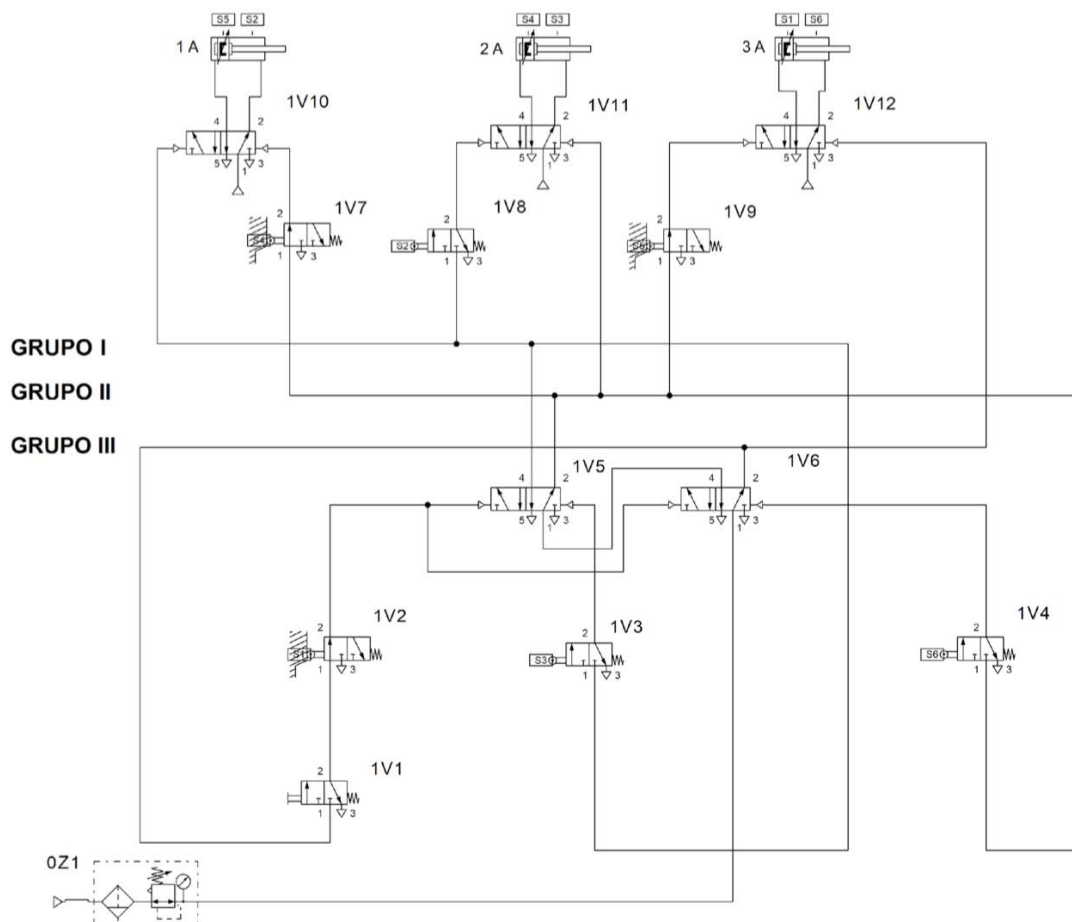


Figura 41
Conexión completa de la solución para el ejemplo 3
Fuente: elaboración propia.

Ejercicio de evaluación – Nivel avanzado

La ejecución de secuencias coordinadas genera una serie de inconvenientes que incrementan la complejidad del desarrollo de una solución. a continuación, se plantea un ejercicio que complementa el desarrollo planteado en el Ejemplo3, con ello se busca que el estudiante demuestre el nivel de habilidad adquirida a lo largo del uso de esta guía.

Ejercicio 1. Encartonadora

En un proceso de empaque una línea posee un sistema neumático de encartonado. El proceso cuenta con tres cilindros, que actúan sobre una a la que hay que hacerle un doblado para formar una pestaña que luego será pegada. El cilindro A sostiene la caja mientras que el cilindro B ejecuta el primer doblado y después el cilindro C realiza el siguiente doblado, luego

de adicionar un pegamento líquido. En este punto se debe realizar una espera mientras el pegamento se solidifica ya que de no ser así no se realizará la operación de pegado. Luego el cilindro C se retrae, después el cilindro B y por último el cilindro A libera la caja para que continúe su curso por la banda transportadora, hacia la siguiente operación. La figura 42 muestra el diagrama de este proceso.

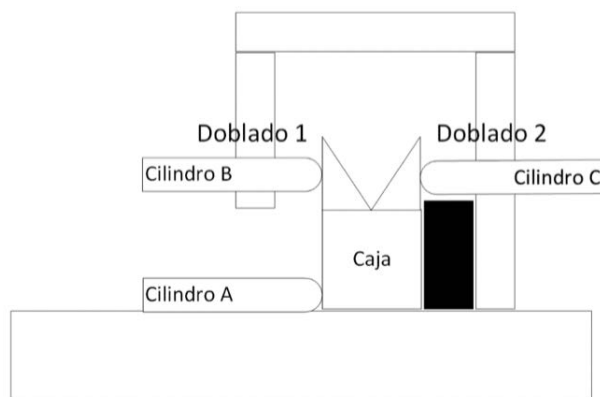


Figura 42
Ejercicio encartonadora
Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta, como parte de la construcción pedagógica, un solucionario donde se resuelven los ejercicios planteados en el capítulo anterior. Con esto se pretende generar un punto de comparación entre la solución generada por el estudiante y una solución propuesta de antemano. Es importante debe resaltar que lo descrito a continuación es solo una posible solución pero que, en el desarrollo de las actividades de ingeniería, pueden existir más.

Ejercicios nivel introductorio

Ejercicio 1. Implementación de acción de rechazo de cajas pequeñas

Tomando en cuenta la descripción del problema, se debe considerar el hecho de que no existe interacción entre los cilindros A y B, por lo tanto, la solución presentada solo implica la adición de un cilindro más con su respectiva válvula de control. Luego el problema se puede resolver utilizando un método intuitivo a partir de la solución presentada al problema. Como se muestra en la Figura 43 la adición de un según cilindro permite al operador 2 tener la capacidad de controlar la selección de cajas y la tarea de rechazo desde el mismo sitio. En este caso, al igual que en el ejercicio antes planteado existe una acción directa sobre cada uno de los cilindros de parte del operador.

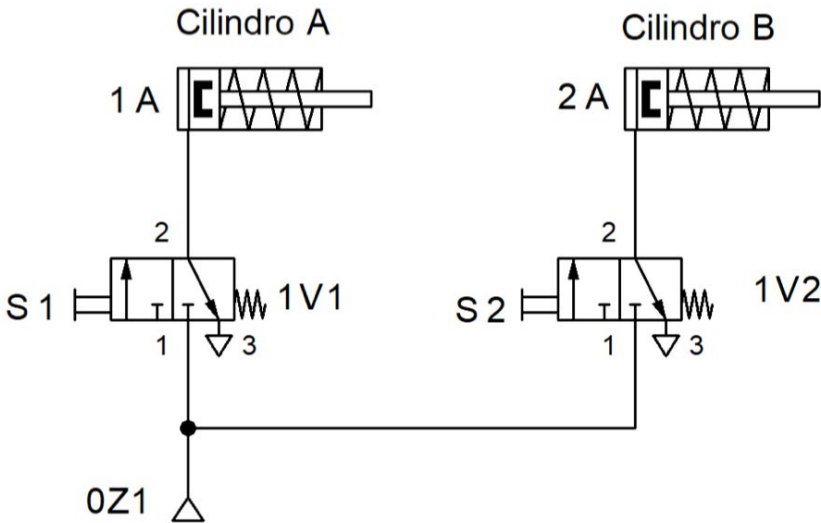


Figura 43
Esquema en Fluid Sim del ejercicio 1 - Nivel introductorio
Fuente: elaboración propia.

Ejercicio 2. Implementación de sellado de cajas pequeñas

Para la realización de este ejercicio, aunque la solución es posible nuevamente mediante un método intuitivo, es necesario introducir el concepto de operaciones AND y OR en un sistema neumático. Se debe recordar las tablas de verdad de estas dos operaciones, la Tabla 15 muestra las condiciones para dos entradas y una salida de cada una de estas.

Operación	Entradas		Salidas
AND	Nada	Nada	Nada
	Aire	Nada	Nada
	Nada	Aire	Nada
	Aire	Aire	Aire
OR	Nada	Nada	Nada
	Nada	Aire	Aire
	Aire	Nada	Aire
	Aire	Aire	Aire

Tabla 15
Tablas de verdad operaciones AND y OR
Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla, las condiciones para que en la operación AND exista aire a la salida son cuando las dos líneas de entrada tienen aire. Por el contrario, en la operación OR basta con que en alguna de las líneas de entrada haya aire para que a la salida se tenga aire también. Los elementos neumáticos que ayudan a implementar las operaciones AND y OR pertenecen al grupo de válvulas de cierre y control de caudal según la clasificación propuesta en la norma ISO 1219 y son mostrados en la Tabla 16.

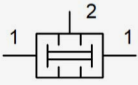
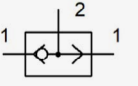
Nombre	Símbolo	Observaciones
Válvula de simultaneidad		Permite implementar la operación AND, luego para permitir el paso de aire a través de la salida 2, tiene que haber caudal de aire en las dos entradas 1 al mismo tiempo.
Válvula selectora		Permite implementar la operación OR, luego para permitir el paso de aire a través de la salida 2, tiene que haber caudal de aire en al menos una entrada 1.

Tabla 16
Símbolos para dispositivos neumáticos AND y OR
Fuente: elaboración propia.

Utilizando la explicación previa y retomando el caso de estudio planteado se identifica que la operación que se debe implementar es una operación OR, esto permitirá que tanto el operador 3 a través de S3 y el operador 2 mediante S4 puedan activar el cilindro C. La solución propuesta para este ejercicio se muestra en la Figura 44. Queda como experimentación para el estudiante valorar qué sucede cuando se pulsa S3 y S4 simultáneamente.

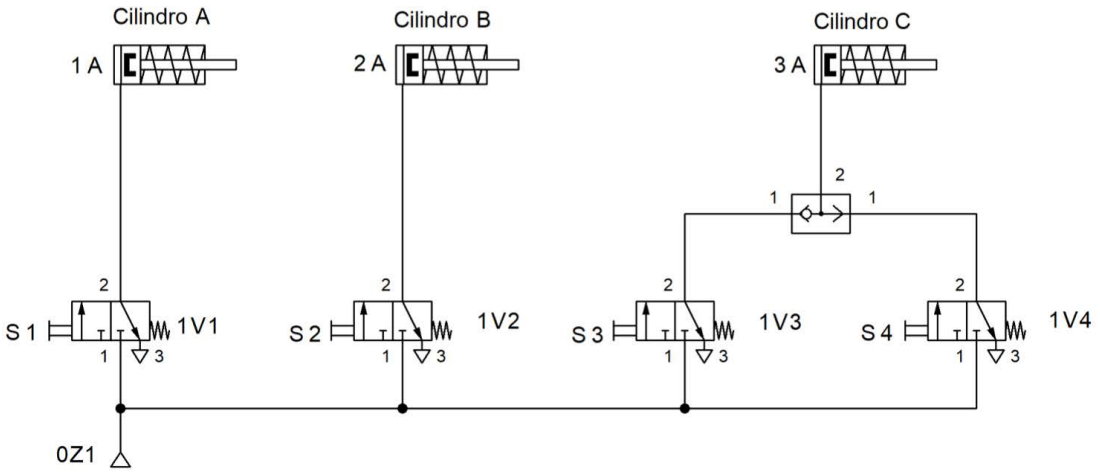


Figura 44
Esquema en Fluid Sim del ejercicio 2 - Nivel introductorio
Fuente: elaboración propia.

Ejercicios nivel intermedio

Ejercicio 1. Taladrado de piezas con avance lento y retroceso rápido

Para la solución de este ejercicio es necesario incluir el concepto de estrangulamiento, relacionado con la resistencia eléctrica y físicamente representado por un estrechamiento de la línea de salida hacia un actuador u otro componente dentro del circuito neumático. El estrechamiento reduce el caudal de aire y por lo tanto fuerza a que la cámara de un cilindro se llene más despacio ocasionando una salida y/o entrada del vástago más lenta. La Tabla 17 muestra el símbolo de algunas válvulas reguladoras según la norma ISO 12191 e ISO 1219 2.

Nombre	Símbolo	Observaciones
Válvula estranguladora		Este dispositivo permite generar una reducción variable sobre la línea de salida
Válvula estranguladora con anti-retorno		Complementario a la reducción variable, se presenta la función de anti-retorno que impide que el aire de la línea sea devuelto por alguna causa dentro del circuito.

Tabla 17
Simbología válvulas estranguladoras
Fuente: elaboración propia.

Dado que el Ejercicio 1 toma como base el problema planteado en el Ejercicio 2. Máquina de taladrado manual se omitirá el procedimiento para el desarrollo de la solución. En este caso se enfocará el desarrollo en la parte final, es decir en el esquema neumático obtenido y mostrado en la Figura 30. Como ya se mencionó, para disminuir la velocidad de salida o retorno de un cilindro se debe agregar una válvula estranguladora en la línea de salida, en este caso se requiere un avance lento, entonces esta válvula debe ser colocada sobre la línea de salida de 1V7. La figura 45 muestra la ubicación de la válvula.

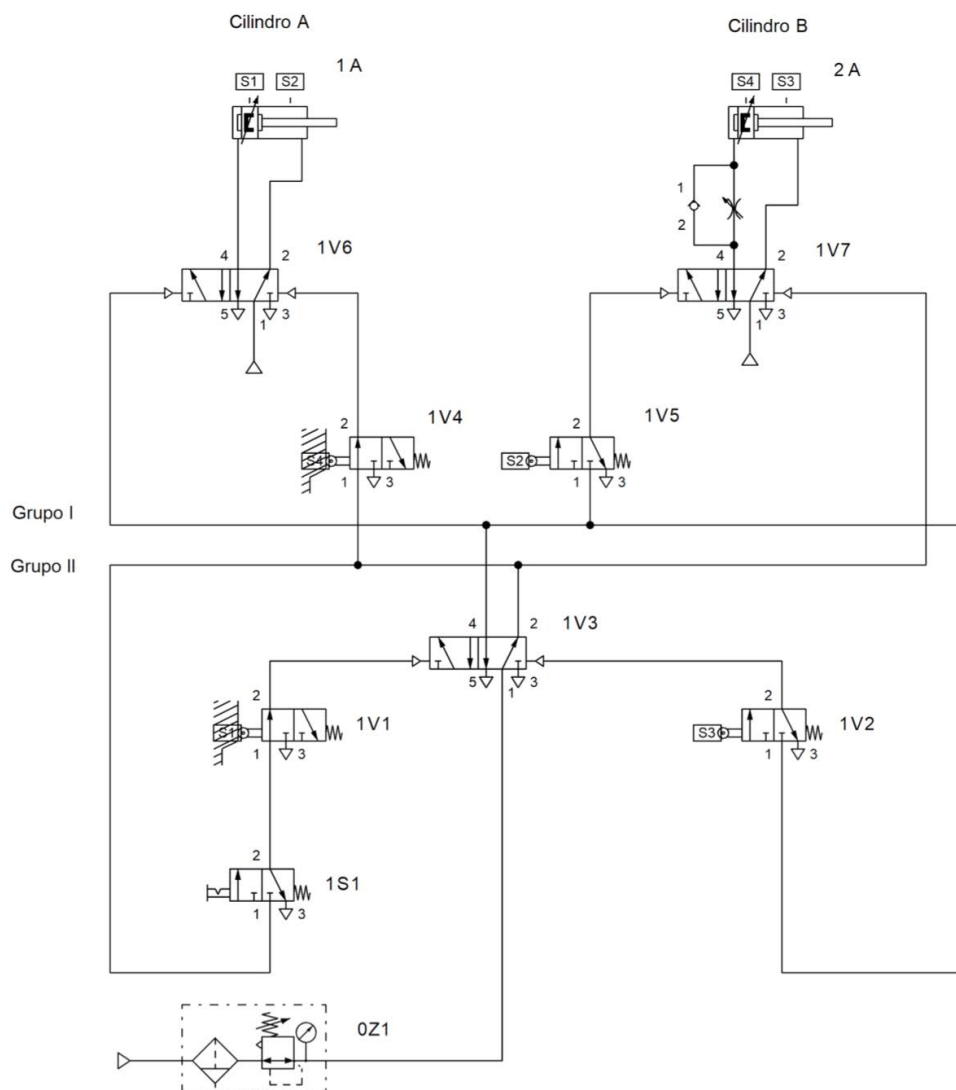


Figura 45
Esquema en Fluid Sim del ejercicio 1 - Nivel intermedio
Fuente: elaboración propia.

La configuración de la válvula estranguladora se da en un porcentaje de 0 a 100 % en el grado de apertura, siendo 100 % totalmente abierta y 0 % totalmente cerrada. La ventana de configuración se presenta en la Figura 46.

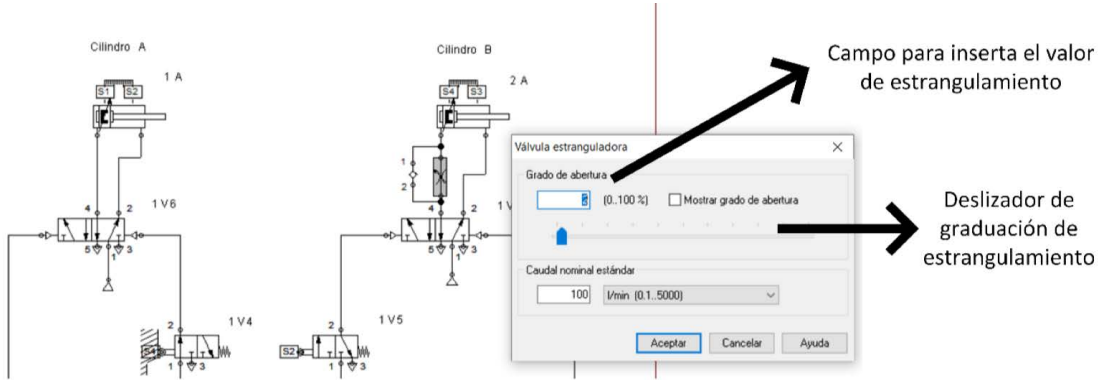


Figura 46
Configuración válvula estranguladora
Fuente: elaboración propia.

Ejercicio 2. Estudio a partir del diagrama Estado – Fase

A diferencia de otros ejercicios planteados en esta guía, este ejercicio plantea el desarrollo de una solución a partir del conocimiento del diagrama Estado – Fase, esto tiene dos implicaciones que el estudiante debe asumir cuando desarrolla este tipo de soluciones. La primera es que plantea una solución general, esto es, el desarrollo cumple con cualquier problema que tenga un diagrama estado fase similar, y la segunda es que como es una solución abierta el desarrollador puede elegir el tipo de sensorica que mejor le convenga. Otra particularidad es que este ejercicio plantea que los dos actuadores comienzan extendidos. De esta manera, el problema puede ser solucionado utilizando el procedimiento planteado en el apartado de Solución con elementos neumáticos desde el punto C desarrollado a continuación.

a) Definir la secuencia a implementar apoyándose en el resultado de los puntos anteriores.

A- B- A+ B+

b) Definir el número de grupos, y condicionar el estado de los actuadores en cada grupo.

Número de cilindros	Secuencia	Agrupamiento	Número de grupos
2	A- B- A+ B+	A- B- A+ B+	2

Tabla 18
Definición del número de grupos – Ejercicio 2
Fuente: elaboración propia.

c) Sensores para la secuencia

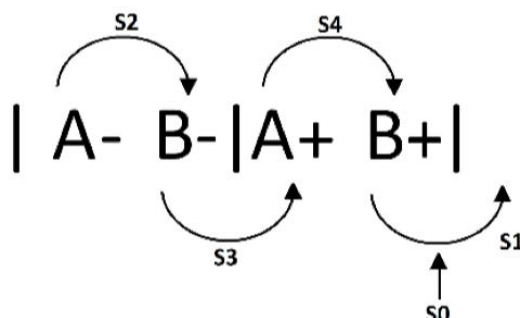


Figura 47

Identificación de los sensores - Ejercicio 2- Nivel intermedio

Fuente: elaboración propia.

d) Número de válvulas a utilizar

$$\text{No. Válvulas de control} = 2-1 = 1$$

Desarrollo de la solución en Fluid Sim – Ejercicio 2 – Nivel intermedio

En la construcción de soluciones de este tipo donde las condiciones varían solo en el comportamiento, la implementación en el simulador puede ser acelerada a través del conocimiento de la jerarquía de componentes y de la identificación de sensores (paso d). Por lo tanto, después de realizar cada una de las adecuaciones se muestra en la Figura 48 la solución al problema planteado.

Para la solución se ubicaron los sensores S1, S2, S3 y S4 de acuerdo al paso d, las válvulas 1V4 y 1V5 sirven como válvulas de pilotaje a la válvula 1V7 del cilindro B, a través de los sensores S4 y S2 respectivamente. Como se indica en el diagrama Estado – Fase los actuadores inician en posición extendidos, la Figura 49 ilustra este inicio. Después de pulsar S0 la secuencia comienza según lo descrito en el diagrama que postula este ejercicio.

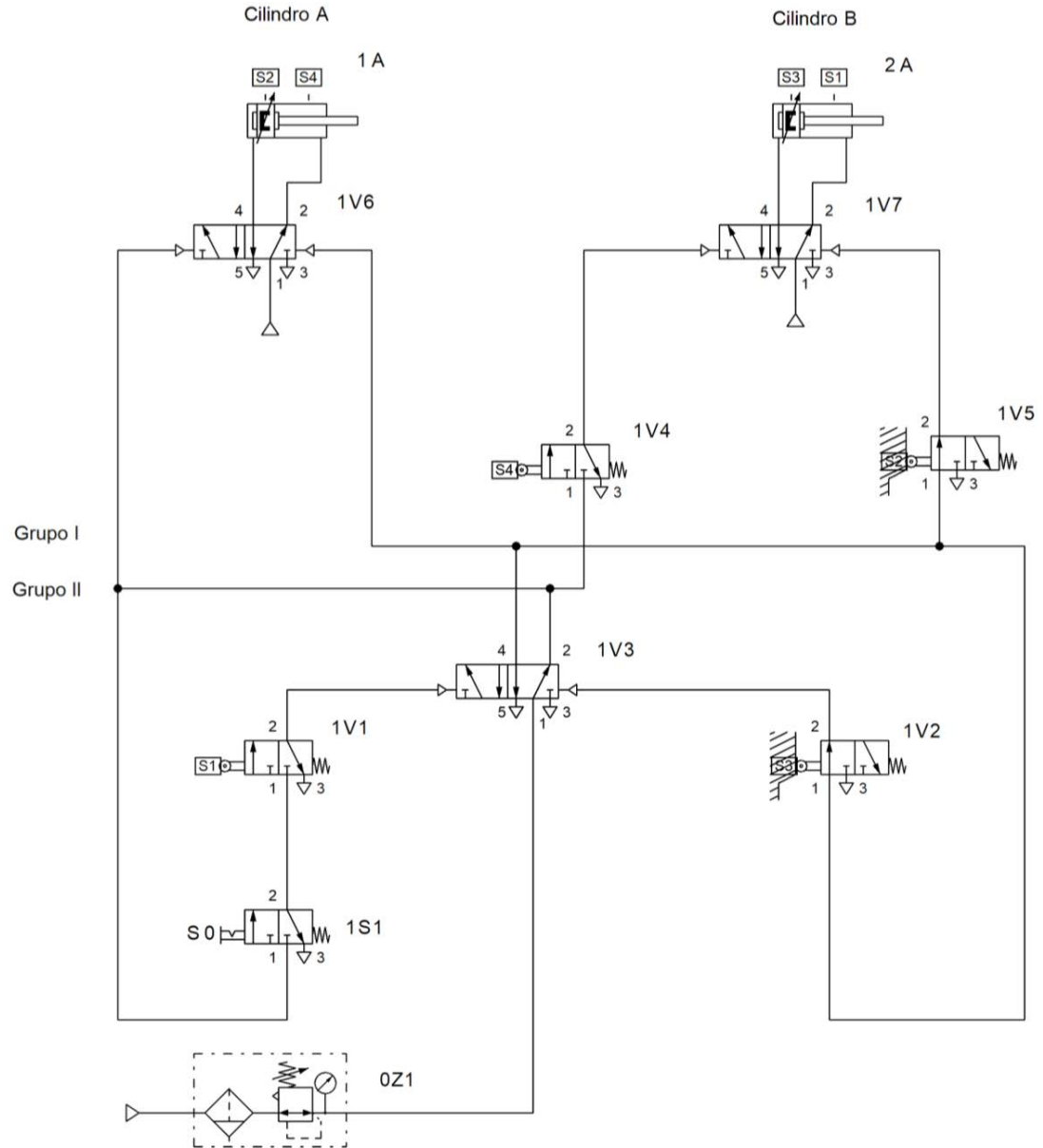


Figura 48
Esquema en Fluid Sim del ejercicio 2 - Nivel intermedio
Fuente: elaboración propia.

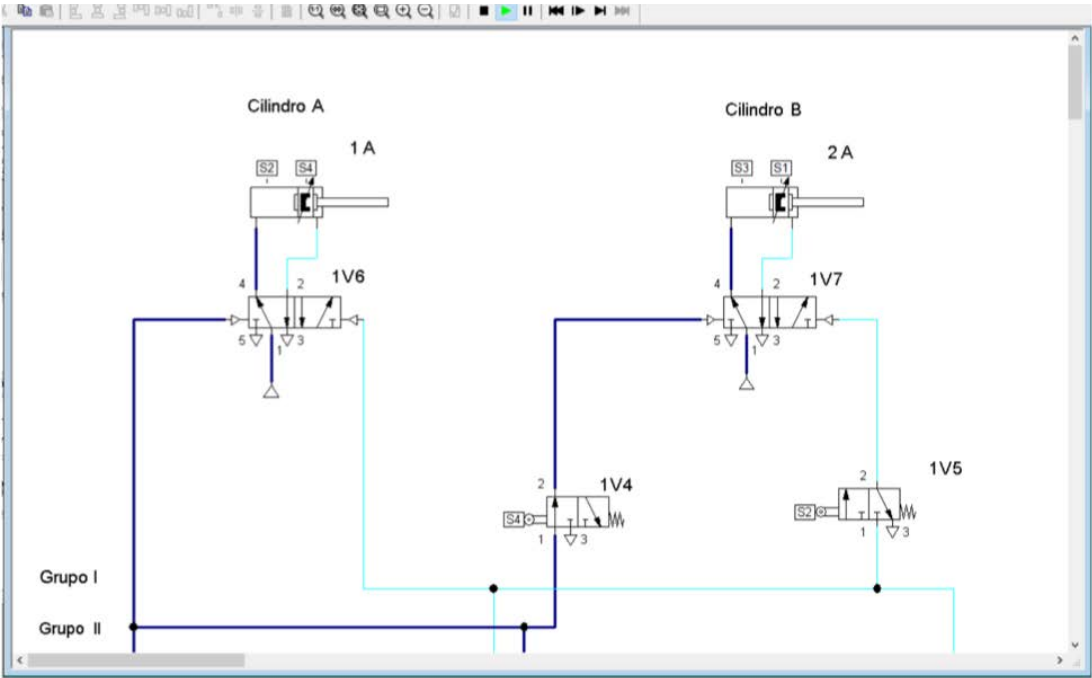


Figura 49
Estado simulado de inicio para el ejercicio 2
Fuente: elaboración propia.

Ejercicio nivel avanzado

Ejercicio 1. Encartonadora

a) Definición de las fases

Nombre del cilindro	Posición	Estado	Fase
A	Extensión	A+	Fase 1
B	Extensión	B+	Fase 2
C	Extensión	C+	Fase 3
C	Retraído	C-	Fase 4
B	Retraído	B-	Fase 5
A	Retraído	A-	Fase 6

Tabla 19
Definición de grupos para una secuencia de actuadores - Ejemplo 3
Fuente: elaboración propia.

b) Diagrama estado fase de los actuadores

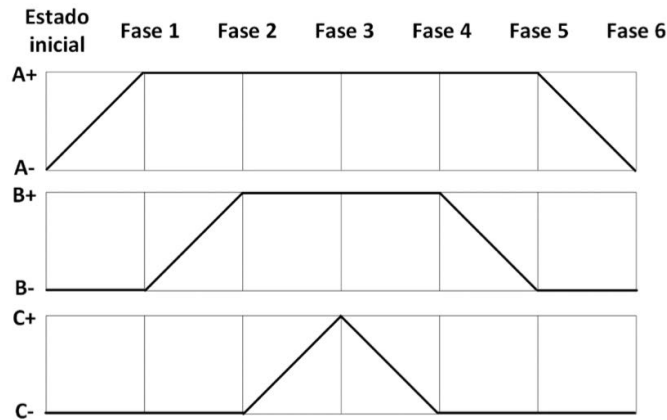


Figura 50
Diagrama Estado – Fase - Ejercicio 1 – Nivel Avanzado
Fuente: elaboración propia.

c) Definición de la secuencia

A+ B+ C+ C- B- A-

d) Definir el número de grupos

Número de cilindros	Secuencia	Agrupamiento	Número de grupos
3	A+ B+ C+ C- B- A-	A+ B+ C+ C- B- A-	2

Tabla 14
Definición del número de grupos – Ejemplo 3
Fuente: elaboración propia.

e) Sensores para la secuencia

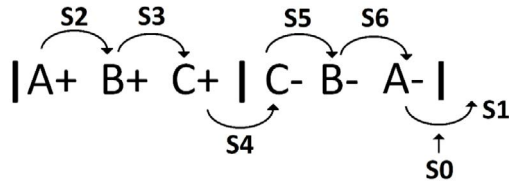


Figura 51
Identificación de los sensores - Ejemplo 3.
Fuente: elaboración propia.

f) Número de válvulas a utilizar

No. Válvulas de control = 2-1 = 1

Con la indicación previa de los componentes y su organización jerárquica la Figura 52 presenta una solución al ejercicio planteado.

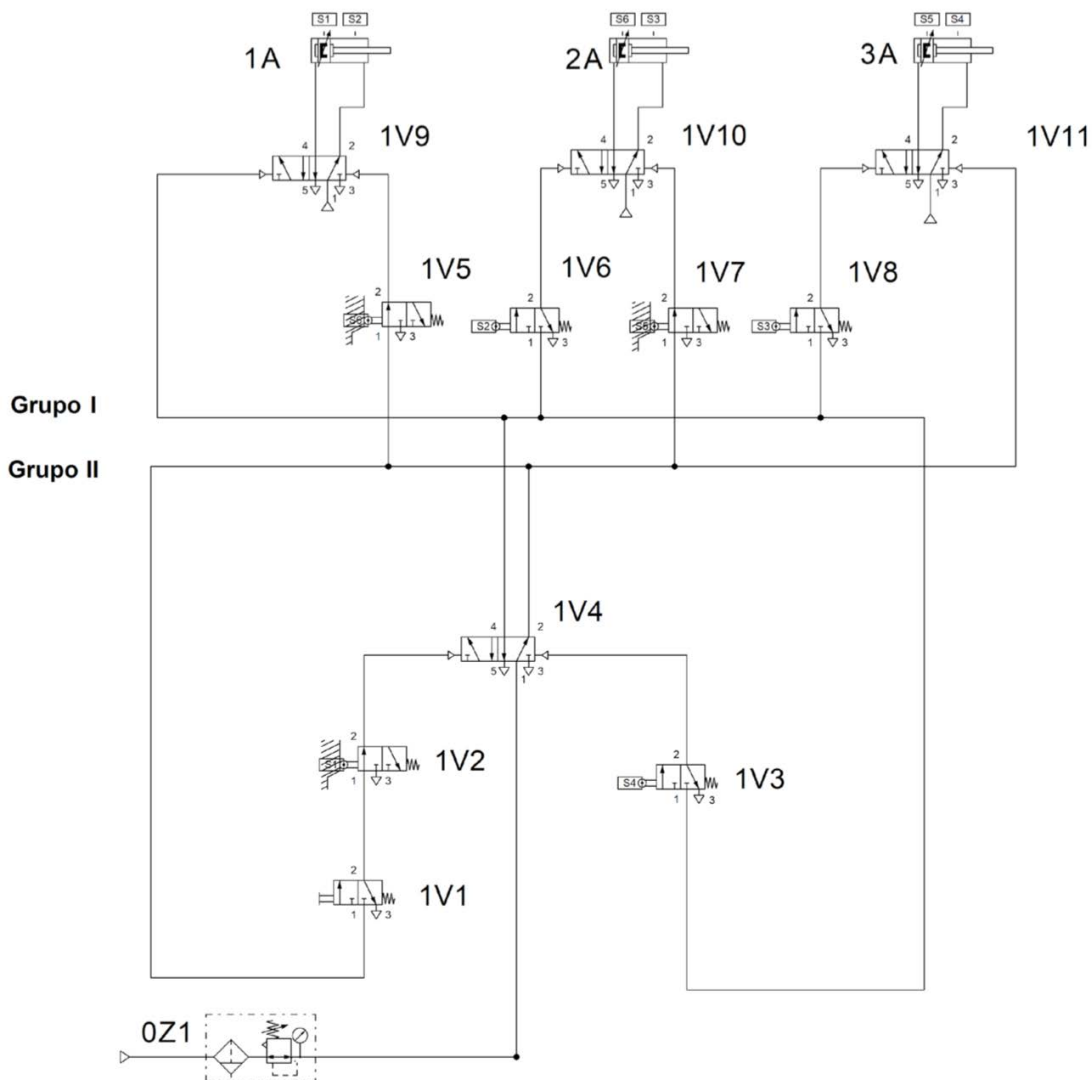


Figura 52

Esquema completo encartonadora - Ejercicio 1 – Nivel Avanzado.

Fuente: elaboración propia.

Para generar el tiempo de espera para el pegamento, es necesario incluir un elemento de temporización. La norma ISO 1219, propone dos tipos de temporización neumática, como se muestra en la Tabla 21. Como se pretende es mantener los cilindros B y C extendidos por un tiempo, entonces se selecciona un temporizador neumático normalmente cerrado. Este será ubicado en la línea de pilotaje derecho de la válvula 1V11 que permite iniciar la retracción de los cilindros, comenzando por el cilindro C. La figura 52 muestra la ubicación del temporizador neumático marcado como 1V12 y configurar una temporización de tres segundos que es el tiempo que toma el pegamento en secar.

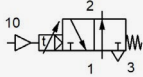
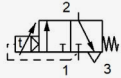
Nombre	Símbolo	Observaciones
Temporizador neumático normalmente abierto.		Este dispositivo permite el paso del aire hasta que la temporización termine.
Temporizador neumático normalmente cerrado.		Bloquea el paso de aire hasta que la temporización termine.

Tabla 21
Simbología temporizadores neumáticos
Fuente: elaboración propia.

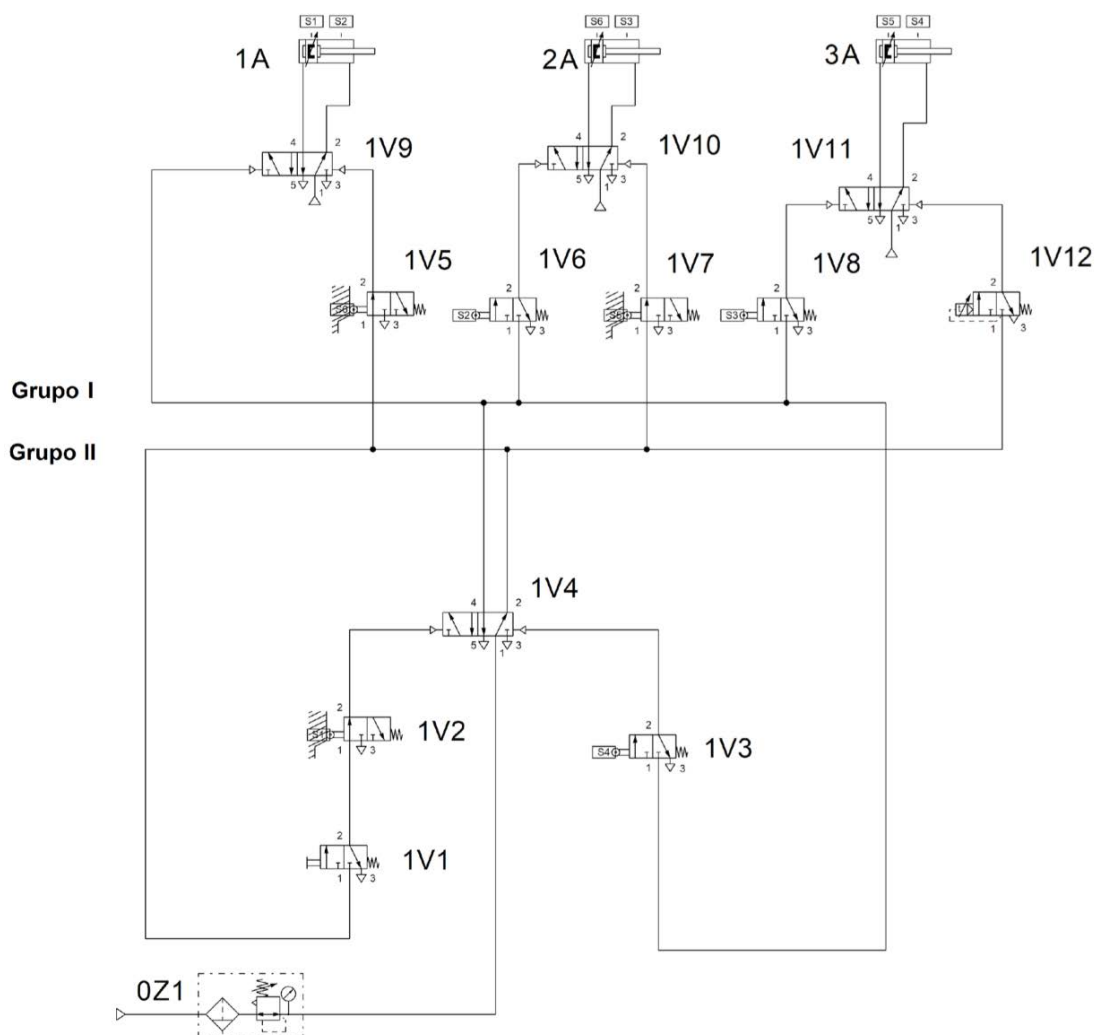


Figura 53

Esquema completo encartonadora con temporización - Ejercicio 1 – Nivel Avanzado
Fuente: elaboración propia.

GLOSARIO

- **Componente neumático:** dispositivo que hace parte de un circuito neumático y que desarrolla una función en este.
- **Circuito neumático:** arreglo de componentes neumáticos que permite controlar y aprovechar la energía generada por el aire comprimido para ser aplicada a un proceso industrial.
- **Válvula neumática:** elemento de control, dentro de un circuito neumático, permite controlar el paso de aire hacia otras válvulas o hacia los actuadores neumáticos.
- **Actuadores neumáticos:** elemento final en un circuito neumático, es el encargado de transmitir la energía del aire comprimido a el proceso industrial sobre el cual influye.
- **Sensor neumático:** dispositivo capaz de generar una señal de salida a partir de un evento o cambio en sus entradas, en neumática generalmente son del tipo mecánico y electrónico.
- **Simulación:** representación parcial del comportamiento de un sistema, soportado en un modelo identificado del sistema representado.
- **Simulador:** herramienta generalmente software que permite realizar una simulación.
- **Diagrama Estado – Fase:** gráfica que muestra el comportamiento a través de las fases de cada uno de los actuadores.

REFERENCIAS

- Barrero-Ripoll, A., y Pérez-Sabordi, M. (2005). *Fundamentos y Aplicaciones de la Mecánica de Fluidos*. McGraw-Hill.
- Berrío, L. G. y Ochoa, S. R. (2007). *Neumática básica*. Fondo Editorial ITM. <http://hdl.handle.net/20.500.12622/1878>.
- Estrada, S. (2019). *Curso técnico de oleohidráulica aplicada a Ingeniería Mecánica* [tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/13769/>
- Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos* (6a. ed.) . Pearson educación.



Semillero de Mecatrónica

La neumática como herramienta de automatización ha demostrado tener aplicaciones donde ninguna otra tecnología tal vez fuera aplicable. Aunque son muchos los aspectos que desde el punto de vista de una aplicación industrial se pueden tener, este trabajo solo está enfocado en mostrar los aspectos básicos necesarios para planear, diseñar y validar una solución neumática. Para ellos se presentarán algunas herramientas metodológicas que ayuden a identificar una posible solución a los distintos casos de estudio que se encuentran en la industria. La simulación permite validar distintos tipos de sistemas, que en muchas ocasiones no sería posible sin tener el sistema real, esta ventaja ha sido llevada a la academia convirtiéndose en una herramienta muy potente para docentes y estudiantes pues permite generar reflexiones que de otra manera implicaría tener que o hacer montajes excesivamente costosos o desplazarse a una planta industrial. Luego y como aporte de este documento se propone el uso de una herramienta software de simulación que le permitirá al estudiante tener una visión clara de su solución a un menor costo que si tuviera que llevar a cabo un montaje, pero sin limitar la comprensión e interacción que él o ella pueda tener con la solución final. Por último, algunas herramientas mínimas de documentación son descritas con el fin de lograr que el estudiante se acerque cada vez más a lo que pueda ser un foco de trabajo en su vida laboral.

