



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



## Diseño de un Sistema Automatizado para la Alimentación y Corte de una Máquina Cortadora de Láminas de Acero

Acosta, Jesús.  
Vigas, Estefania.

Naguanagua, Octubre del 2010



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



## Diseño de un Sistema Automatizado para la Alimentación y Corte de una Máquina Cortadora de Láminas de Acero

*Trabajo especial de grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo para optar al título de Ingeniero Mecánico*

**Tutor académico:**  
Ing. Napoleón González.

**Tutor externo:**  
Ing. Héctor Contreras.

**Asesor:**  
Ing. Adriana Herrera.

**Autores:**  
Acosta, Jesús.  
Vigas, Estefania.

Naguanagua, Octubre del 2010



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



## Diseño de un Sistema Automatizado para la Alimentación y Corte de una Máquina Cortadora de Láminas de Acero

*Trabajo especial de grado presentado ante la Ilustre Universidad de  
Carabobo para optar al título de Ingeniero Mecánico*

Acosta, Jesús.  
Vigas, Estefania.

Naguanagua, Octubre del 2010



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



## CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica para examinar la Tesis de Pregrado titulada **“Diseño de un Sistema Automatizado para la Alimentación y Corte de una Máquina Cortadora de Láminas de Acero”**, presentada por los bachilleres: **Estefania V. Vigas Araujo**, y **Jesús A. Acosta Rojas**, portadores de la Cédula de Identidad N°: **18.097.024**, y **18.083.899**, respectivamente; hacemos constar que hemos revisado y aprobado el mencionado trabajo.

---

Prof. *Napoleón González*  
*Presidente del jurado*

---

Prof. *Arístides Boada*  
*Miembro del jurado*

---

Prof. *José Guitierrez*  
*Miembro del jurado*

En Naguanagua a los 07 días del mes octubre de 2010.

# *Agradecimientos*

---

Quiero expresar, sin tomar en consideración un orden específico, mi más sincero agradecimiento a mi tutor, el Profesor ....., por sus consejos, guía y sugerencias oportunas durante el desarrollo de este trabajo de investigación. De igual manera agradezco a los Profesores ..... y ....., quienes en todo momento, durante el desarrollo de la investigación, estuvieron atentos y prestaron toda colaboración, orientación, guía y dirección académica para la realización de .....

# *Resumen*

---

---

Actualmente, la empresa DANA de Venezuela, división Soluciones Estructurales, ubicada en la zona industrial del Edo. Carabobo, se encarga de la fabricación de largueros, refuerzos y travesaños para chasis de vehículos livianos y pesados y chasis ensamblados. En estos momentos, la empresa cuenta con una máquina cortadora, cuya función es cortar láminas de acero, provenientes de un proceso de corte de bobina (materia prima), las cuales son utilizadas para la fabricación de travesaños y soportes de carrocería. Para el proceso de corte de láminas de acero se necesita que la máquina en un principio sea alimentada, esto lo realizan dos operadores manualmente levantando la lámina en un principio y luego arrastrándola desde donde se encuentran apiladas, hasta llegar a la entrada de la máquina. En principio de ahí nace el problema, de las consecuencias que le puede traer a la salud del operador el estar haciendo dicho procedimiento mediante un esfuerzo físico y lo continuo que se hace en la jornada de trabajo.

Para solventar dicha problemática se diseñará un sistema automático encargado de la alimentación y corte de las láminas. La automatización

consistirá de un sistema de vacío conformado por seis (6) ventosas, el generador de vacío y sus respectivos accesorios, que se utilizará para levantar la lámina y mantenerla suspendida durante el recorrido; un cilindro que con la extensión y la retracción de su vástago estará encargado de subir y bajar la estructura donde estará el sistema de vacío junto con la lámina (o sin ella en el caso del retorno), un carro de desplazamiento o trolley, que es el encargado de trasladar el conjunto, compuesto por el sistema de vacío, la estructura donde estará distribuido éste y el cilindro pistón encargado del movimiento vertical; por último se ubicarán dos (2) cilindros empujadores que se encargaran de llevar la lámina hasta el tope de la máquina cortadora, una vez que el sistema de vacío haya soltado ésta.

# Índice general

---

<b>Índice general</b>	<b>i</b>	
<b>Índice de figuras</b>	<b>v</b>	
<b>Índice de tablas</b>	<b>ix</b>	
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	<i>Introducción, 1</i>	
1.2	<i>Situación problemática, 3</i>	
1.3	<i>Objetivos, 7</i>	
1.3.1	<i>Objetivo General, 7</i>	
1.3.2	<i>Objetivos Específicos, 7</i>	
1.4	<i>Justificación, 7</i>	
1.5	<i>Alcance, 8</i>	
1.6	<i>Limitaciones, 8</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>Marco Teórico</b>	<b>9</b>
2.1	<i>Antecedentes, 11</i>	

*2.2 Bases teóricas, 13*

*2.2.1 Descripción del Proceso de Producción, 13*

*2.2.2 Máquina y proceso de Corte, 15*

*2.2.3 Transportadores, 16*

*2.2.4 Ventosas, 18*

*2.2.5 Fundamentos neumáticos, 21*

*2.2.6 Fundamentos básicos de electroneumática, 26*

*2.3 Definición de términos, 39*

**CAPÍTULO 3 Marco Metodológico 57**

*3.1 Nivel de la investigación, 43*

*3.2 Diseño de la investigación, 43*

*3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, 45*

*3.4 Aspectos administrativos, 45*

**CAPÍTULO 4 Condiciones operativas actuales y diseño mecánico para la alimentación de la máquina cortadora 47**

*4.1 Condiciones operativas actuales de la máquina, 47*

*4.1.1 Descripción del proceso de desbobinado y corte de bobina, 47*

*4.1.2 Descripción del proceso de corte mediante guillotina, 49*

*4.1.3 Características principales de la guillotina, 50*

*4.2 Desarrollo Solución del problema, 51*

*4.2.1 Diseño de Soporte de Sistema de vacío, 53*

*4.2.2 Selección de viga del eje principal del soporte de ventosas, 60*

*4.2.4 Uniones soldadas, 64*

*4.3 Diseño de sistema de transporte , 68*

*4.3.1 Calculo de viga para traslado de trolley, 68*

- 4.3.2 Soldadura del pórtico, 70
- 4.4 Diseño de unión del trolley con el cilindro, 77
  - 4.4.1 Cálculo de fuerza, 77
  - 4.4.2 Cálculo de área, 78

## **CAPÍTULO 5      Diseño de alimentación automática y proceso de corte; ingeniería de detalles y análisis de costos del diseño**

**79**

- 5.1 *Sistema automatizado, 79*
  - 5.1.1 *Descripción del proceso d automatización, 79*
  - 5.1.2 *Diagrama de potencias del sistema diseñado, 84*
  - 5.1.3 *Descripción de las etapas del sistema automatizado, 86*
  - 5.1.4 *Selección del sistema de control, 93*
  - 5.1.5 *Esquema de control, 94*
  - 5.1.6 *Programación del PLC, 94*
  - 5.1.7 *Listado de señales de entradas y salidas del sistema, 94*
- 5.2 *Ingeniería de detalles, 100*
  - 5.2.1 *Selección de los componentes del sistema automatizado, 101*
  - 5.2.2 *Selección de elementos Mecánicos, 115*
  - 5.2.3 *Diseño de Tablero y selección de cableado, 117*
- 5.3 *Análisis de costos, 119*

<b>Conclusiones</b>	<b>127</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>129</b>
<b>Referencias</b>	<b>131</b>
<b>Anexos</b>	<b>133</b>

# *Índice de figuras*

---

1.1 Alimentación de máquina cortadora realizada por dos operadores	5
2.1 Flujograma del proceso de producción.	14
2.2 Máquina cortadora	15
2.3 Rodillos transportadores	17
2.4 Funcionamiento de las ventosas	19
2.5 Clasificación de las ventosas de acuerdo a su forma	20
2.6 Material para la construcción de ventosas	20
2.7 Clasificación del cilindro neumático según su construcción.	21
2.8 Cilindro de simple efecto	22
2.9 Cilindro de doble efecto	22
2.10 Representación simbólica de una válvula antiretorno.	25
2.11 Representación simbólica de una válvula de caudal bidireccional	25
2.12 Representación simbólica de una válvula reguladora unidireccional	26
2.13 Diversos tipos de pulsadores electrónicos	27
2.14 Representación simbólica de un relevador	27
2.15 Funcionamiento de un relé o relevador	29
2.16 Distintos tipos de válvulas electroneumáticas	29
2.17 Funcionamiento de un sensor inductivo	31
2.18 Componentes de un sensor inductivo	32
2.19 Funcionamiento de un sensor capacitivo	33
2.20 Operación del sensor de proximidad magnético	35

2.21 Sensor magnético empleado en la detección de posición del embolo de un cilindro	35
4.1 Detalle de la máquina y proceso de corte de la guillotina	50
4.2 Elementos del sistema a diseñar	52
4.3 Conjunto de sistema de vacío	53
4.4 Diagrama de cuerpo libre de soporte de ventosas	55
4.5 Efecto torsor que produce las ventosas sobre el perfil seleccionado	58
4.6 Diagrama de corte, momento y deflexión del soporte de las ventosas	59
4.7 Diagrama de cuerpo libre de eje principal	60
4.8 Diagrama de cuerpo libre de eje principal definitivo	61
4.9 Diagrama de corte, momento y deflexión del eje principal.	64
4.10 Vista frontal de la junta del perfil del soporte de ventosa con el portaventosa	65
4.11 Viga carrilera de grúa apoyada en ambos extremos	69
4.12 Condición crítica para diseño de soldadura del pórtico	71
4.13 Diagrama de cuerpo libre de viga apoyada en las columnas	72
4.14 Forma de unión de soldadura de perfil IPN	73
4.15. Forma de unión de soldadura de filete	74
4.16 Pieza de unión del trolley con el cilindro	77
5.1 Láminas apiladas sobre mesón con sistema de vacío	80
5.2 Detalle del sistema de vacío	80
5.3 Sistema de alimentación en posición de salida con indicador de elementos	81
5.4 Sistema de alimentación en posición de llegada	82
5.5 Trolley en posición inicial (retraído sin lamina), lamina sobre mesón de rodillos y vástagos de cilindros empujadores en contacto con la lamina	83
5.6 Diagrama de Potencia	85
5.7 Diagrama de motores	86
5.8 Detalle del sensor B8 y estructura de vacío con detalle del sensor B7 (ubicado en el centro del eje principal de la ventosas)	87
5.9 Momento en que el sistema está en contacto con las laminas	87
5.10 Vástago retraído con lamina y detalle del sensor B11 (que marca el final del desplazamiento de la estructura)	88
5.11 Detalle del trolley llegando al final del recorrido con vástago retraído	89

5.12 Detalle de las ventosas sosteniendo la lamina, y mesa de rodillos con sensor B9	89
5.13 Lamina sobre el mesón con vástago del cilindro 1.0 extendido, con detalle del sensor B10	90
5.14 Imagen de los cilindros extendidos y lámina en contacto con el tope	91
5.15 Detalle del sensor interno B12 que está en el tope, accionado por la presencia de la lámina	91
5.16 Vástagos de 2.0 y 3.0 extendiéndose y el trolley dispuesto para buscar una nueva lámina	92
5.17 Trolley dispuesto a dejar la nueva lámina	93
5.18 Diagrama de conexión del PLC	97
5.19 Diagrama de escaleras	98
5.20 Tablero parte frontal	118

# *Índice de tablas*

---

---

1.1 Especificaciones de material a cortar	4
2.1 Tipos de ventosas	19
2.2 Simbología de válvulas distribuidoras o de vías, según la Norma ISO-1219	24
4.1 Características principales de la maquina cortadora de laminas	51
4.2 Dimensiones de la cizalla	51
4.3 Propiedades del acero común	53
4.4 Factores de seguridad determinados para la selección de perfil	62
4.5 Esfuerzos permitidos por el reglamento AISC para metal de soldadura	67
4.6 Propiedades del acero común	75
4.7 Esfuerzos permitidos por el reglamento AISC para metal de soldadura	76
5.1 Listas de las entradas del sistema de control	95
5.2 Listas de las salidas del sistema de control	96
5.3 Características de la lámina de acero más pesada	101
5.4 Ventosas y características	106
5.5 Listado de cables	116
5.6 Costos asociados a la inversión inicial	118



# *Introducción*

---

La empresa DANAVEN Soluciones Estructurales Ligueras C.A, está en constante investigación para ofrecer a sus clientes productos de alta tecnología y manufactura, garantizando calidad y un excelente servicio.

Esta compañía, brinda la oportunidad a estudiantes de diversas ramas de la ingeniería, de aprender e intercambiar sus conocimientos adquiridos en la universidad, en las diferentes áreas de la empresa, teniendo como premisa principal la constante investigación y estudio; permitiendo la realización de este proyecto, el cual consistirá en automatizar uno de sus procesos de producción, corte de láminas mediante guillotinas. Planteándose como objetivo primordial el ***Diseño de un sistema automatizado para la alimentación y corte de una máquina cortadora de láminas de acero.***

Para la presentación de esta monografía fue necesario fragmentarla en cinco (5) capítulos, muy bien definidos y los cuales se encuentran caracterizados de la siguiente forma:

Inicialmente, en el *primer capítulo*, se suministra la información necesaria para conocer el problema planteado, la justificación del mismo; así como

también, los objetivos para llevar a cabo la investigación, las diversas limitantes que se presentan, y el alcance que se desea obtener.

Posteriormente, en el *segundo capítulo*, se presentan los antecedentes, que comprenden los estudios previos y trabajos de grado relacionados con el problema planteado. Además, de las bases teóricas que guardan una estrecha relación con el objeto del estudio. Ambos aspectos son fundamentales para la realización de este proyecto.

No obstante, en el tercer capítulo, se muestra la metodología que se implementó, se describe el tipo de investigación las técnicas y los procedimientos para llevar a cabo la indagación. Donde, se explica detalladamente las diversas fases y actividades que conforman el aspecto experimental.

En cuanto al cuarto capítulo, se describen las condiciones operativas actuales de la máquina y el diseño mecánico para la alimentación de la máquina cortadora. Y finalmente, en el último capítulo se explica el diseño de alimentación automática y proceso de corte; ingeniería de detalles y análisis de costos del diseño.

# CAPÍTULO 1

## *El Problema*

---

---

### **1.1 Situación problemática**

Actualmente, la empresa DANA de Venezuela, división Soluciones Estructurales, ubicada en la zona industrial del Edo. Carabobo, se encarga de la fabricación de largueros, refuerzos y travesaños para chasis de vehículos livianos y pesados y chasis ensamblados.

En esta División, el departamento de calidad, tiene la finalidad de fomentar cultura de creatividad e innovación, reducir los costos laborales, y mejorar la seguridad y el ambiente laboral para así lograr una excelencia operativa. Para alcanzar estos objetivos, surge la idea de automatizar algunos procesos para alcanzar el máximo aprovechamiento de la maquinaria, aumentar la producción y disminuir los riesgos en los operadores.

En estos momentos, la empresa cuenta con una máquina cortadora, cuya función es cortar láminas de acero, provenientes de un proceso de corte de bobina (materia prima), las cuales son utilizadas para la fabricación de travesaños y soportes de carrocería, que poseen las especificaciones que se encuentran en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Especificaciones de material a cortar.

**Fuente:** DANA, soluciones estructurales.

Norma del Material	Ancho (mm)	Espesor (mm)			Largo (mm)	Peso (Kg)
		Mínimo	Nominal	Máximo		
SAE J1392 050 XLF	940	6,00	6,35	6,70	1470	70,454
SAE J1392 050 XLF	850	3,80	4,00	4,20	1635	44,422
	850	3,80	4,00	4,20	1800	48,877
	850	3,80	4,00	4,20	1690	45,907
ASTM A570 -36 BC	870	4,40	4,60	4,80	1600	51,451
SAE 1008 BC	940	3,50	3,70	3,90	1845	51,185
	1175	5,10	5,35	5,60	1770	88,585
	1175	5,10	5,35	5,60	1680	84,106
	1175	5,10	5,35	5,60	2200	109,985
	1175	5,10	5,35	5,60	2100	105,008
	1175	5,70	5,95	6,20	1860	103,938
ASTM A622 BC	1175	7,00	7,25	7,50	1860	126,647

El proceso que realiza esta máquina consta de tres etapas, la primera es de alimentación, que comienza cuando el montacargas coloca las láminas sobre un soporte, luego dos operadores levantan una de estas láminas ubicándola en la entrada de la cortadora, tal y como se muestra en la figura 1.1.

La segunda etapa es graduación, para esta etapa se realizan pruebas de ensayo y error hasta lograr el ancho de corte deseado, para conseguir esto los operadores gradúan la máquina ajustando un tope que sirve de guía para el ancho de corte, esta graduación es realizada empíricamente. Al obtener el ancho de ensayo se realiza el corte. La tira obtenida se mide para verificar si es la correcta, sino se procede a realizar una nueva graduación hasta

conseguir el ancho requerido. Cabe destacar, que el material de prueba es desechado produciendo pérdidas para la empresa.



**Figura 1.1.** Alimentación de maquina cortadora realizada por dos operadores.

Una vez logrado el ancho se fijan los topes y se procede con la última etapa, el corte de láminas, que ocurre cuando los operadores desplazan la lámina dentro de la máquina hasta tocar los topes; y se procede a realizar el corte. Por razones de seguridad la máquina es activada por cuatro (4) pulsadores, dos (2) por cada operador (ver figura 1.1); las botoneras son de color anaranjado, ubicadas a los costados de la máquina. Una vez accionados los cuatro (4) pulsadores simultáneamente la máquina procede a efectuar el corte de una tira de la lámina. Rápidamente, el producto sale por la parte trasera de la máquina.

Luego, para realizar el siguiente corte de tira, se desplaza nuevamente la lámina hasta los topes para repetir la última etapa.

La máquina realiza varios cortes que dependen de las dimensiones de la lámina que es alimentada.

Es de importancia acotar, que primero se realiza el corte de tiras por lámina (manteniéndose el mismo ancho de tira para toda la lámina) y si estas tiras necesitan otro corte, la máquina es alimentada por las mismas; y para lograr el ancho deseado de la tira se realiza el mismo procedimiento de graduación antes mencionado.

Este proceso repetitivo hace que el operador se encuentre en unas condiciones de trabajo no aptas trayéndole problemas, por no tener en cuenta una buena postura a la hora de trabajar y a la empresa porque podría ser sancionada si algo le sucede al operador.

Haciendo referencia a la tabla 1.1, es de notar la masa de las distintas láminas que maneja la máquina varía entre 40 y 120 kilos, y requiere un esfuerzo físico por parte de los operadores al realizar la alimentación, que podría traer consecuencias que perjudiquen la salud del trabajador, tales como: problemas en la zona lumbar, hernias, lesiones en los hombros, entre otros.

La problemática surge debido a que dicho proceso es tedioso, impreciso e inseguro. Esta investigación se destina a la aplicación de conocimientos de diseño y automatización con el fin de modernizar y mejorar este proceso.

---

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

Diseñar un sistema automatizado para la alimentación y corte de una maquina cortadora de láminas de acero.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudiar las condiciones operativas actuales de la máquina.
- Realizar el diseño mecánico que permita la alimentación y proceso de corte de la máquina cortadora.
- Diseñar el control necesario para la alimentación automática y proceso de corte de la cortadora.
- Desarrollar la ingeniería de detalle del sistema automatizado.
- Analizar los costos asociados al diseño planteado.

## 1.3 Justificación

Hoy en día, los procesos manuales están representando un gran riesgo para los operadores debido que están expuestos a sufrir lesiones que afecten a su bienestar y vida; lo que podría traer como consecuencia que la empresa se viera afectada o sancionada, si se diera el caso, por la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT).

El parque industrial está tomando medidas de prevención, una de esas medidas es automatizando procesos de producción, para alejar a los operarios de situaciones y/o incidentes que acarreen accidentes. Esta medida evitaría esfuerzos físicos, enfermedades ocupacionales y mejoraría las condiciones del ambiente laboral, incrementando la seguridad en el personal.

De igual manera, la aplicación de este proceso permite un mayor aprovechamiento del tiempo de funcionamiento de la máquina; por ende un aumento de la producción dando así solución a uno de los grandes problemas a nivel industrial, el aumento de la demanda, consecuente al crecimiento poblacional que con el pasar de los años se vuelve más exigente y consumista. Los principios de automatización aplicados a nivel industrial es una herramienta clave que adoptan las empresas para “sobrevivir” en los mercados actuales altamente competitivos. El desarrollo tecnológico que esta disciplina aporta, son conocimientos básicos que todo ingeniero mecánico debería tener noción para su desempeño como profesional.

## **1.4 Alcance**

Se diseñará un sistema automatizado para la alimentación y corte que desempeña una máquina cortadora. La implementación del mismo no está prevista en este trabajo, sin embargo, se realizará el estudio y selección de todos los elementos que componen el sistema con detalle, así como se precisará su ubicación, procurando que su presupuesto quede dentro del rango propuesto por la empresa.

## **1.5 Limitaciones**

Durante el desarrollo del Proyecto de Grado pueden presentarse diversas limitantes que pudieran ser un impedimento, entre las cuales se pueden mencionar:

- La poca información que se tiene sobre la máquina cortadora, en cuanto a sus especificaciones de diseño y funcionamiento.

- 
- Al igual que el tiempo para el estudio del proyecto es limitado por ser a nivel industrial, además de la poca disponibilidad existente para la realización de visitas.
  - El presupuesto para el diseño de este proyecto no debe ser mayor a 50.000 \$, es decir, que a la hora de seleccionar todos y cada uno de los elementos del sistema a diseñar no debe exceder esta cantidad, de modo que para la empresa sea factible implementarlo. Este monto se debe recuperar en un año a partir haberse puesto en marcha, con la producción que ésta efectúe en comparación con el sistema actual.
  - La variedad de cortes que realiza la máquina, haciendo que el sistema de control sea más complejo.

# CAPÍTULO 2

## *Marco Teórico*

---

### **2.1 Antecedentes**

Carlos I. Rincones, en su Proyecto de Grado presentado en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo Titulada “Diseño de un Sistema Automatizado para la Estación de Fosfatizado de engranajes de una empresa fabricante de partes para Automóviles” trabajó en la automatización de los procesos de desplazamiento e inmersión de engranajes en los distintos baños de la estación de fosfatizado y rediseño un sistema de extracción de vapores para reducir el escape de los mismos al ambiente de trabajo. El sistema diseñado garantizó un funcionamiento estable, el cual es gobernado por un autómeta programable que permite el control manual del proceso en caso de ser necesario.

La investigación presentada por Luis Barboza y Wilmer Montilla de la Universidad de Carabobo, cuyo título es “Rediseño de un sistema para el corte de barras de acero”, tuvo como propósito implementar un sistema formado por un controlador PLC, sensores, pistones de doble y simple efecto y válvulas de distribuidoras con el fin de lograr que la alimentación y el corte de las barras sea automatizado.

El trabajo titulado “Automatización de una prensa neumática para el ensamblado de módulos de suspensión Mc Phersson”, realizado por Alonso García, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. El sistema se basa en el uso de un controlador lógico programable (PLC) que garantice la aplicación del torque necesario a la tuerca del montaje del amortiguador, de igual manera se trabajó con cilindros pistón de doble efecto que ayudarán a trasladar la herramienta y la prensa dentro del sistema con el fin de minimizar los trabajos hechos por el operador. Con esta implementación se mejora la confiabilidad y calidad del producto, se aumentó la producción al doble y se logró alejar al operador de condiciones de trabajo inseguras.

El Proyecto de Grado, realizado por José Colmenarez y Humberto Lameda, en la Universidad de Carabobo, titulado “Automatización del Proceso de Dosificado y Mezclado de materia prima para la producción de pastillas de Jabón”. Los autores basándose en la complejidad del proceso de producción de jabón descartaron el uso de tecnología neumática, electro-neumáticas o hidráulica para llevar a cabo el control del proceso; decidiendo utilizar controladores lógicos programables (PLC) para cada una de las actividades involucradas con el proceso, presentando las ventajas que posee esta tecnología, entre las más relevantes se encontraron:

- ✓ Reduce considerablemente la lista de materiales necesarios.
- ✓ Posee gran versatilidad para introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- ✓ Ocupan un espacio mínimo.
- ✓ Mano de obra para la instalación tiene un costo menor al involucrar elementos que deban ser conectados a la red de control.
- ✓ Aumenta la fiabilidad del sistema al eliminar contactos móviles.
- ✓ Se requiere de menos tiempo para la puesta de funcionamiento del proceso ya que se reduce el tiempo de cableado.

---

El sistema de control que se utiliza en este proyecto incluye una gran variedad de equipos, que van desde lo más complejo como controladores lógicos programables y paneles de visualización, hasta lo más sencillos tales como: válvulas electroneumáticas, sensores de nivel y posición, actuadores neumáticos, válvulas eléctricas ON-OFF, entre otros.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Descripción del Proceso de Producción**

En el siguiente diagrama (ver figura 2.1) se muestra un flujograma del proceso de producción, donde se puede apreciar detalladamente las distintas etapas desde la llegada de la materia prima terminando en el área de despacho.

Se reciben las bobinas las cuales son inspeccionadas para certificar que cumplen con las especificaciones requeridas y se colocan en el área destinada para almacenamiento desde donde son enviadas al área de Línea de Corte.

#### **Línea de Corte:**

##### **Corte de láminas ó tiras**

Con un montacargas se transporta la bobina requerida a la línea de corte, donde se realiza el corte de las bobinas en láminas, para la producción de los componentes de chasis y en tiras para producción de los largueros de autobuses ó camiones. En el caso de las tapas del Diferencial, las bobinas son enviadas a Talleres especializados en corte, los cuales hacen un proceso de corte de dichas bobinas en sub-bobinas.

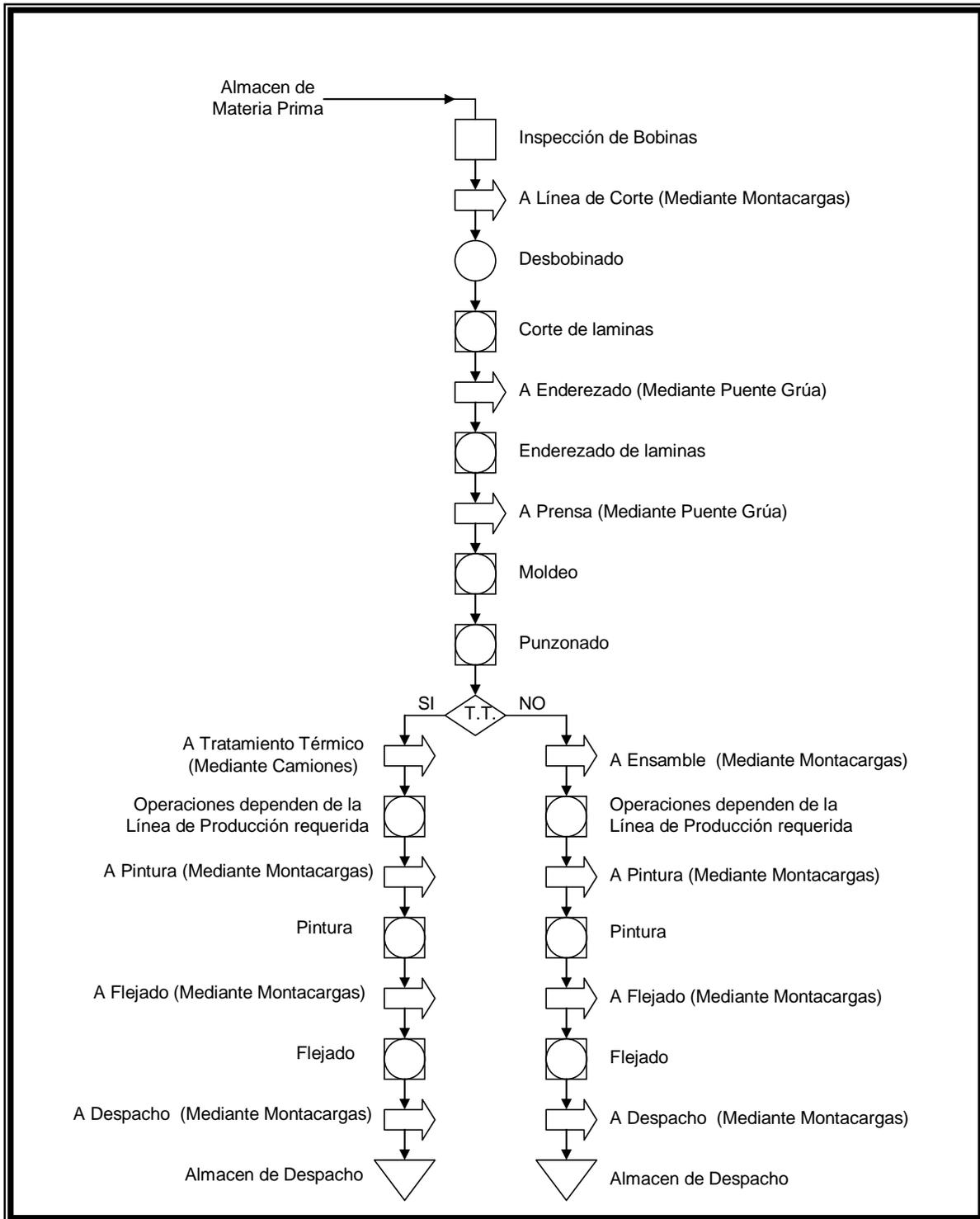


Figura 2.1 Flujograma del proceso de producción.

Fuente: DANA, Soluciones Estructurales

### 2.2.2 Máquina y Proceso de Corte (Área de Guillotinas)

El proceso que realiza esta máquina (ver figura 2.2) consta de tres etapas, la primera es de alimentación, que comienza cuando el montacargas coloca las láminas sobre un soporte, luego dos operadores levantan una de estas láminas ubicándola en la entrada de la cortadora.

La segunda etapa es graduación, para esta etapa se realizan pruebas de ensayo y error hasta lograr el ancho de corte deseado, para conseguir esto los operadores gradúan la máquina ajustando un tope que sirve de guía para el ancho de corte, esta graduación es realizada empíricamente. Al obtener el ancho de ensayo se realiza el corte.

Una vez logrado el ancho se fijan los topes y se procede con la última etapa, el corte de láminas, que ocurre cuando los operadores desplazan la lámina dentro de la máquina hasta tocar los topes; y se procede a realizar el corte, que por razones de seguridad la máquina es activada por cuatro (4) pulsadores, dos (2) por cada operador; Una vez accionados los cuatro (4) simultáneamente la máquina procede a efectuar el corte de una tira de la lámina. Rápidamente, el producto sale por la parte trasera de la máquina.



Figura 2.2. Máquina cortadora

Luego, para realizar el siguiente corte de tira, se desplaza nuevamente la lámina hasta los topes para repetir la última etapa. La máquina realiza varios cortes que dependen de las dimensiones de la lámina que es alimentada. El producto es utilizado para realizar distintos componentes, entre los que destacan: refuerzos, tapas diferenciales, soportes y otros elementos para el ensamblaje del chasis, largueros y travesaños.

### **2.2.3 Transportadores**

Son elementos que representan soluciones con una gran sencillez de funcionamiento, que una vez instalados en condiciones apropiadas suelen dar pocos problemas mecánicos y de mantenimiento.

#### **Transportadores de Rodillo**

El transportador de rodillos (ver figura 2.3) es un dispositivo que, como su nombre lo indica, utiliza rodillos metálicos para facilitar el manejo y traslado de una gran diversidad de objetos, tales como cajas, cestas, tarimas, llantas, paquetes, entre otros, dentro de una gran diversidad de procesos industriales siempre y cuando que cumplan la condición de contar con un fondo regular.

Los rodillos transportadores son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continua.

#### **Componentes de un Transportador de Rodillos**

- ✓ *Rodillos transportadores*; contruidos con trozos de tubo de acero que giran sobre cojinetes de bola debidamente sellados, ubicados en cada extremo del tubo.

- ✓ *Estructura lateral*; por lo general la componen vigas o perfiles en U de espesor determinado y altura, de acabado galvanizado.
- ✓ *Soportes*; son trípodes o estructuras metálicas de perfiles soldados en H, ubicados en los extremos de cada sección.
- ✓ *Elementos complementarios*; pueden ser algunos como sistemas de incorporación o desvío, barandillas de protección, sectores curvos, puertas abatibles y elementos para suspensión en el techo.



**Figura 2.3.** Transportadores de Rodillos

### **Tipos de Transportadores de Rodillos**

Por la forma en que están contruidos y su accionamiento pueden dividirse en varios tipos, siendo los principales:

- a. *De rodillos a gravedad*; como su nombre lo indica, este dispositivo se apoya en la fuerza de gravedad del objeto para que se deslice entre los rodillos.
- b. *De rodillos vivos por banda o para transporte de bandas*; este tipo de transportadores los rodillos son accionados por medio de una banda que los motoriza.

- c. *De rodillos vivos por cadena*; en este tipo de transportadores los rodillos son accionados por medio de una cadena que transmite la cadena de rodillo a rodillo, este tipo de transportadores es ideal para el manejo de objetos de servicio pesado, como pueden ser tarimas o tambos.
- d. *De rodillos para manejo de material a granel*; Este tipo de transportadores es el más utilizado para el transporte de mineral, comparado con el sistema de trenes y camiones de gran capacidad de carga superior a las 200ton, por ser el de menor costo para su mantenimiento. El material en este caso es transportado por una cinta o banda. Los rodillos que se emplean en este tipo de transportadores se pueden clasificar de tres tipos:
- » *Rodillos de impacto*; estos rodillos son los que reciben la carga en la cinta transportadora; están ubicados debajo de los chutes o tolvas por donde ingresa la carga.
  - » *Rodillos de carga*; son los que transportan a lo largo de la cinta transportadora la carga de esta, generalmente son de tubo de acero.
  - » *Rodillos de retorno*; Estos rodillos van ubicados en la parte inferior de la estructura de la cinta transportadora, y es en ellos donde la cinta se apoya cuando empieza la secuencia de retorno hacia la zona donde va a recibir nuevamente la carga.  
(rotranssa.com)

## 2.2.4 Ventosas

Su función principal es adherirse a los objetos que serán manipulados. Tal y como lo indica la **figura 2.4**, la ventosa se compone esencialmente de un cuerpo metálico (1), el cual está roscado en su parte superior, y en su parte inferior está unido a una junta de caucho en forma de vaso (2), cuyos labios (5) producen la estanqueidad cuando entran en contacto con la pieza (4) a

sujetar. El vacío (U) creado en el conducto (6) y en la cámara (3), hace que la pieza se adhiera a los labios de la ventosa.

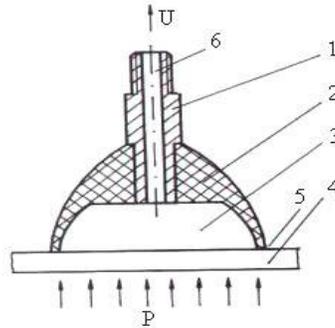
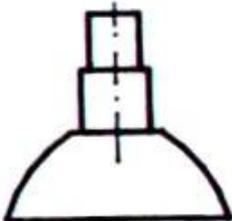
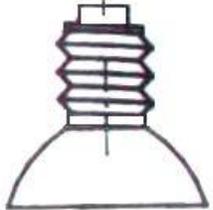


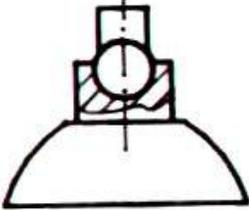
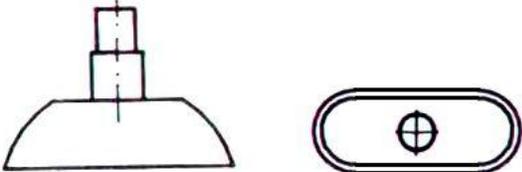
Figura 2.4. Funcionamiento de las ventosas.

En resumen, la ventosa tiene por objetivo fundamental crear una cámara de vacío con la pieza a sujetar, de forma tal que la adherencia que se produzca entre los labios de la ventosa y la pieza sea capaz de soportar el peso de esta última.

En la **tabla 2.1.** que se muestra a continuación, se describe los tipos de ventosas la función que desempeñan y su representación grafica.

Tabla 2.1. Tipos de Ventosas.

Tipo de Ventosa	Función	Representación
<b>Plana</b>	Se emplea para manipular objetos planos y lisos, tales como láminas metálicas, cristales, etc.	
<b>De fuelle</b>	Se emplea para manipular objetos muy deformables, tales como cartón, papel, plástico, etc.	

<p><b>De rótula</b></p>	<p>Se emplea para manipular objetos desde planos inclinados, ya que tiene la posibilidad de girar su articulación en cualquier dirección.</p>	
<p><b>Alargada</b></p>	<p>Se emplea para manipular objetos con superficies curvas.</p>	

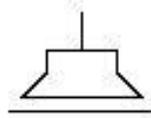


Figura 2.5. Simbología de la ventosa.

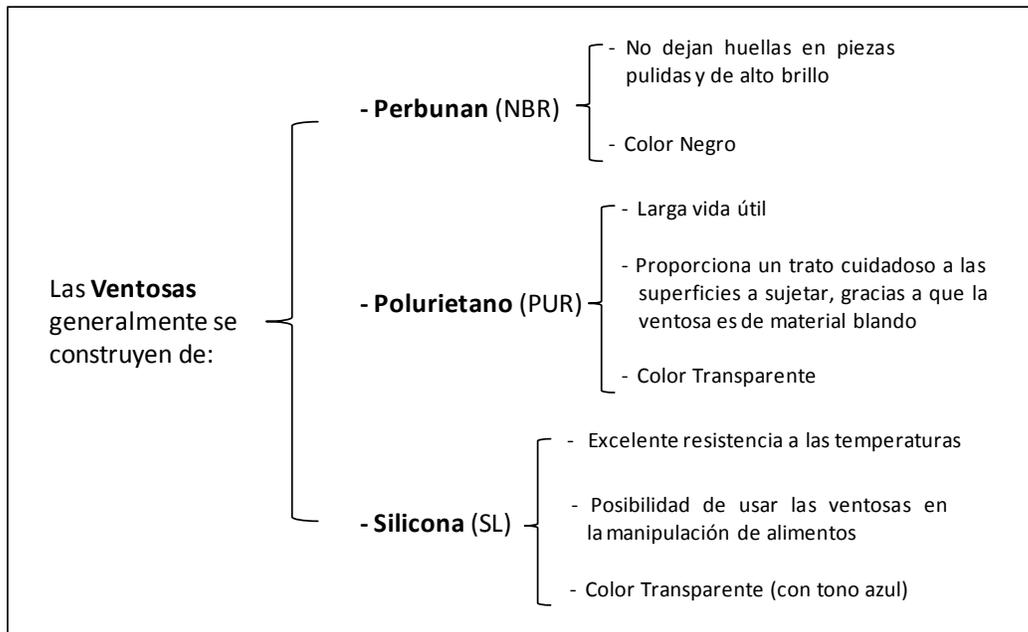
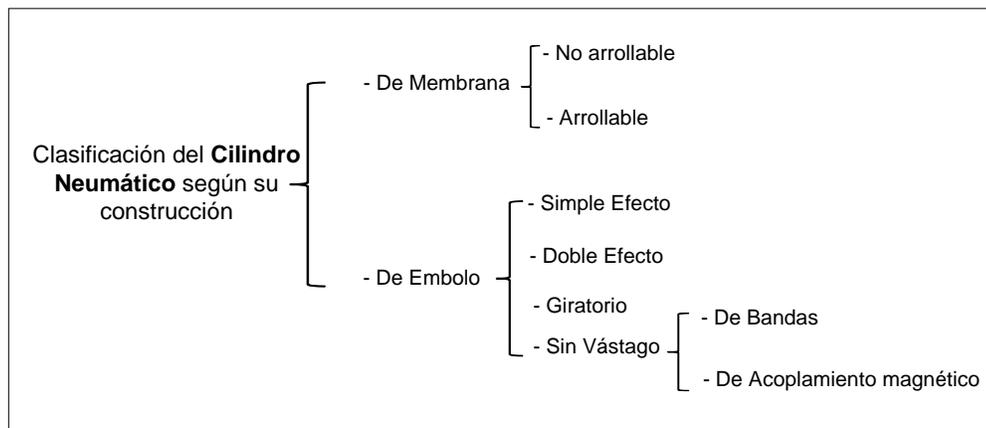


Figura 2.6. Material para la construcción de ventosas.

## 2.2.5 Fundamentos neumáticos

### Actuadores

Un actuador neumático es un elemento que requiere aire comprimido para generar un movimiento, el cual puede ser rectilíneo o giratorio. Uno de esos actuadores es el **cilindro neumático**.



**Figura 2.7.** Clasificación del cilindro neumático según su construcción.

### Cilindro de émbolo.

Son los más empleados en la neumática. Dentro este tipo de cilindros, los más usados son:

**El cilindro de simple efecto.** La construcción básica del cilindro de simple efecto se muestra en la siguiente figura:

**Funcionamiento:** El cilindro de simple efecto genera un movimiento rectilíneo (carrera del émbolo) que puede ser de avance y de retroceso. En este tipo de cilindro (ver figura 2.8), el aire comprimido sólo actúa sobre una de las caras del émbolo, y por tanto, sólo se puede producir trabajo en un sentido de carrera del émbolo.

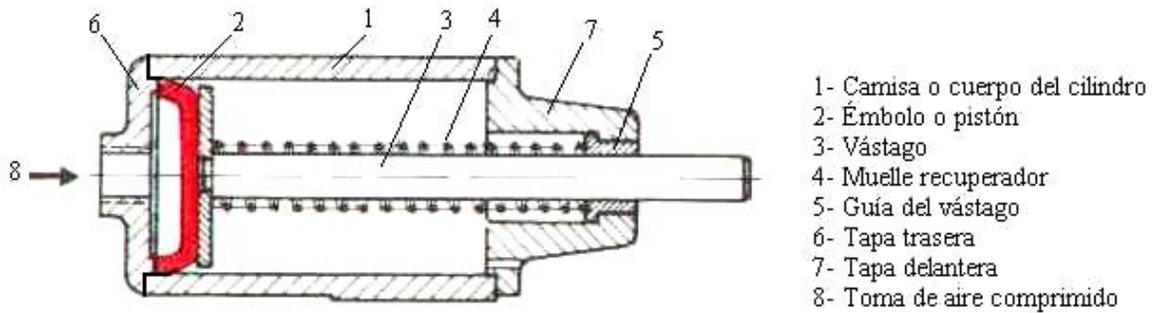


Figura 2.8. Cilindro de simple efecto.

Según la posición inicial del vástago (antes de aplicar presión neumática), este tipo de cilindro puede ser "vástago adentro" (el aire comprimido produce trabajo sólo en la carrera de avance del émbolo, y la carrera de retroceso se debe a la acción de un muelle recuperador) o puede ser "vástago afuera" (el aire comprimido produce trabajo sólo en la carrera de retroceso del émbolo, y la carrera de avance se debe a la acción de un muelle recuperador). También existe otro tipo de cilindro simple efecto cuyo retorno se realiza mediante la aplicación de una fuerza externa al vástago

**El cilindro de doble efecto:** La construcción básica del cilindro de doble efecto se muestra en la siguiente figura:

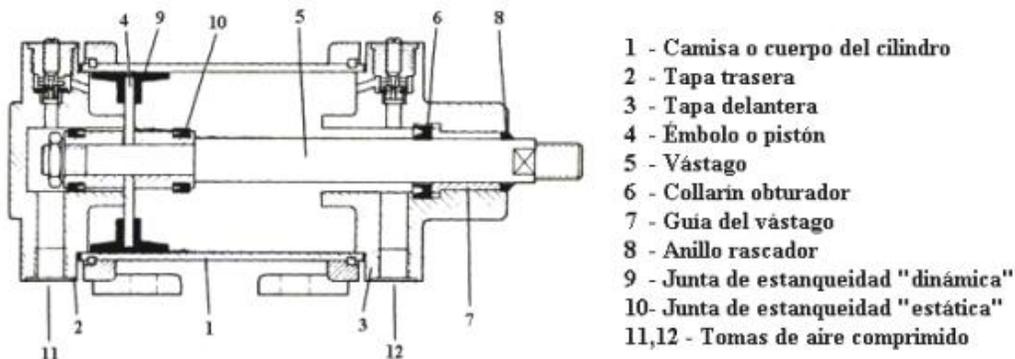


Figura 2.9. Cilindro de doble efecto.

---

**Funcionamiento:** El cilindro de doble efecto (ver figura 2.9) genera un movimiento rectilíneo (carrera del émbolo) que puede ser de avance y de retroceso. Este tipo de cilindro puede producir trabajo en los dos sentidos de carrera del émbolo, ya que posee dos tomas de aire comprimido, situadas a ambos lados del émbolo.

La carrera del émbolo de un cilindro neumático pudiera desarrollarse a una alta velocidad. En este caso, generalmente conviene amortiguar los finales de la carrera del émbolo para evitar el ruido excesivo y los choques bruscos tanto internamente (que pudieran deteriorar a algunas de las partes interiores que constituyen el cilindro) como externamente (que pudieran causar daños en el vástago del cilindro y en los objetos externos que él manipula).

## Válvulas

**Válvula neumática:** Elemento que permite controlar el arranque, parada, dirección, sentido y flujo del aire en un circuito neumático.

### **Clasificación de las válvulas según la acción que realizan sobre el flujo de aire en un circuito neumático:**

- **Válvula distribuidora o de vías. Funcionamiento.**

Este tipo de válvula influye en el camino del aire comprimido, específicamente en el arranque, parada, dirección y sentido del mismo.

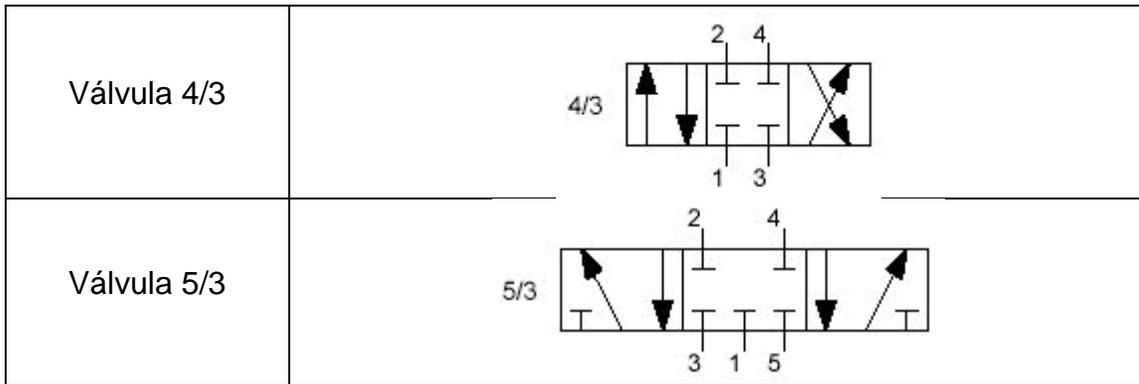
Dentro de este tipo de válvulas existen algunas que vienen fabricadas con un elemento de reposición interno (por ejemplo, un resorte), en cuyo caso, la válvula puede estar en dos posibles estados:

- Estado de reposo: Cuando el elemento de reposición no ha sido accionado.
- Estado de conmutación: Cuando el elemento de reposición ha sido accionado.

A continuación, en la **tabla 2.2** se presentan las principales configuraciones para válvulas distribuidoras o de vías, donde se muestran claramente las convenciones mencionadas anteriormente según la Norma ISO-1219:

**Tabla 2.2.** Simbología de válvulas distribuidoras o de vías, según la Norma ISO-1219.

Válvula	Simbolización
Válvula 2/2 (NC y NA)	
Válvula 3/2 (NC y NA)	
Válvula 4/2 (12 y 14)	
Válvula 5/2 (12 y 14)	
Válvula 3/3	



- **Válvula antiretorno o de bloqueo. Funcionamiento.**

Permite el paso de aire comprimido en un sentido y lo impide en el otro. Generalmente, este tipo de válvula es de asiento de bola, o de asiento cónico. A medida que aumenta la presión en el sentido del bloqueo, se logra mayor estanqueidad en el cierre de la válvula.

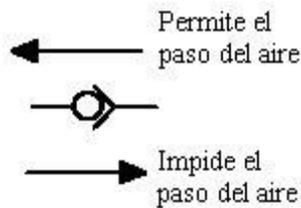


Figura 2.10. Representación simbólica de una válvula antiretorno.

- **Válvula reguladora de caudal bidireccional. Funcionamiento.**

El caudal o cantidad de aire comprimido por unidad de tiempo que pasa a través de este tipo de válvula puede ser regulado desde cero hasta el máximo permitido para cualquiera de los dos sentidos posibles de circulación del aire a través de ella.

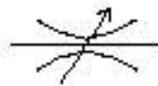


Figura 2.11. Representación simbólica de una válvula de caudal bidireccional.

- **Válvula reguladora de caudal unidireccional. Funcionamiento.**

Regula el caudal o cantidad de aire comprimido por unidad de tiempo que pasa en un sentido de circulación, mientras que en el otro sentido lo deja fluir libremente.



**Figura 2.12.** Representación simbólica de una válvula reguladora unidireccional.

### Dispositivos eléctricos más comunes usados en Electroneumática

El conjunto de elementos involucrados en el accionamiento de los actuadores neumáticos son básicamente:

- Elementos de retención.* Son empleados, para generar la señal de inicio del sistema o en su defecto, para realizar paros, ya sea de emergencia o sólo momentáneos. El dispositivo más común es el botón pulsador, tal como se muestra en la **figura 2.13**.
- Interruptores mecánicos de final de carrera.* Estos interruptores son empleados, generalmente, para detectar la presencia o ausencia de algún elemento, por medio del contacto mecánico entre el interruptor y el elemento a ser detectado.



Figura 2.13. Diversos tipos de pulsadores electrónicos.

- c. *Relevadores*. Son dispositivos eléctricos que ofrecen la posibilidad de manejar señales de control del tipo ON/OFF. Constan de una bobina y de una serie de contactos que se encuentran normalmente abiertos o cerrados. El principio del funcionamiento es el de hacer pasar corriente por una bobina generando un campo magnético que atrae a un inducido, y éste a su vez, hace conmutar los contactos de salida. Son ampliamente utilizados para regular secuencias lógicas en donde intervienen cargas de alta impedancia y para energizar sistemas de alta potencia. La representación simbólica de un relevador puede representarse como se muestra en la **figura 2.14**.

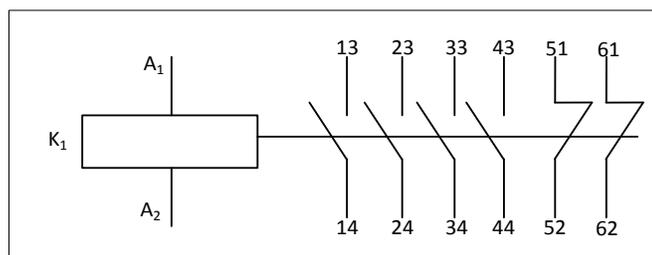


Figura 2.14. Representación simbólica de un relevador.

$K_1$  identifica al relevador número uno.  $A_1$  y  $A_2$  identifican a las terminales del relevador. La numeración identifica a la primera cifra con la cantidad de contactos, mientras que la segunda cifra (3 y 4)

indican que se trata de contactos normalmente abiertos. Para contactos normalmente cerrados se emplean en las segundas cifras los números 1 y 2, respectivamente.

Los contactos de un relé o relevador pueden ser Normalmente Abiertos (NA o NO (Normally Open), por sus siglas en inglés), Normalmente Cerrados (Normally Closed)(NC) o de conmutación.

- Los contactos Normalmente Abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos son ideales para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.
- Los contactos Normalmente Cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.
- Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto Normalmente Abierto y uno Normalmente Cerrado con una terminal común.

En la **Figura 2.15** se representa, de forma esquemática, la disposición de los elementos de un relé de un único contacto de trabajo.

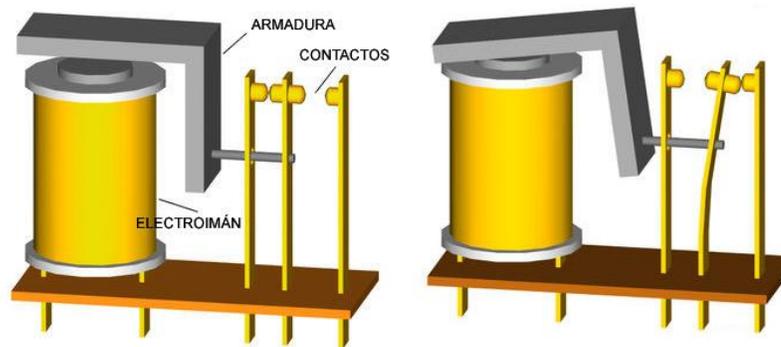


Figura 2.15. Funcionamiento de un relé o relevador.

d. *Válvulas electroneumáticas.* El dispositivo medular en un circuito electroneumático, es la válvula electroneumática. Esta válvula realiza la conversión de energía eléctrica, proveniente de los relevadores o elementos de procesamiento a energía neumática, transmitida a los actuadores o a alguna otra válvula neumática.

Esencialmente, se fundamentan de una válvula neumática a la cual se le adhiere una bobina sobre la cual se hace pasar una corriente para generar un campo magnético que finalmente generará la conmutación en la corredera interna de la válvula, generando así el cambio de estado de trabajo de la misma, modificando las líneas de servicio. En la figura 2.6 aparecen los distintos tipos de válvulas electroneumáticas.



Figura 2.16. Distintos tipos de válvulas electroneumáticas.

## **Sensores**

Un sensor es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio. ¿Y qué es esta “condición de cambio”? Con frecuencia se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta). También puede ser una cantidad capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica). Esta información, o salida del sensor, es la base del proceso de monitoreo y control de un proceso de fabricación.

### **Tipos de sensores**

- **Sensores de proximidad inductivos**

Los sensores de proximidad inductivos son dispositivos de estado sólido diseñados para detectar objetos metálicos. Este tipo de dispositivos operan según el principio del oscilador neutralizado de corrientes parásitas (ECKO, Eddy Current Killed Oscillator). Estos sensores están diseñados para generar un campo electromagnético. Cuando un objeto metálico entra en este campo, se inducen corrientes de superficie (corrientes parásitas) en el objeto metálico, las cuales restan energía en el circuito oscilador y, por tanto, a una reducción de la amplitud de la oscilación.

El circuito activador detecta este cambio y genera una señal de encendido o apagado. Cuando el objeto sale del campo electromagnético, el oscilador se regenera y el sensor vuelve a su estado normal. El comportamiento ante descrito se observa en la **figura 2.17**.

Los sensores de proximidad inductivos detectan tanto metales férricos (que contienen hierro) como no férricos. Generalmente, estos dispositivos se utilizan para detectar posición de objetos metálicos en procesos de

maquinado automatizado, o bien para detectar piezas metálicas en procesos de montaje automatizado y en operaciones de detección de presencia de envases metálicos en procesos automatizados de envasado de alimentos o bebidas.

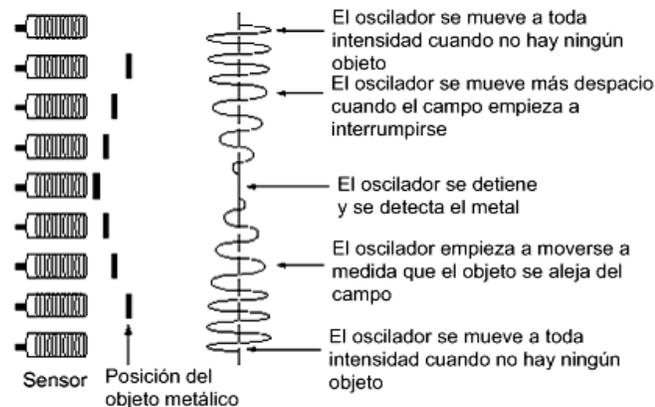
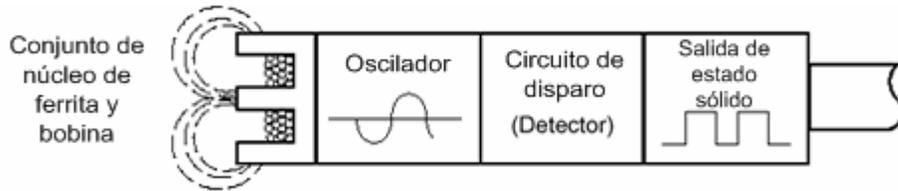


Figura 2.17. Funcionamiento de un sensor inductivo.

Un sensor de proximidad inductivo consta de cuatro componentes básicos que se observan en la **figura 2.18** y se describen a continuación:

- **Conjunto de núcleo/bobina:** Es un conjunto de núcleo de ferrita y bobina que genera un campo electromagnético a partir de la energía eléctrica suministrada por el oscilador.
- **Oscilador:** Este componente suministra la energía eléctrica al conjunto de núcleo de ferrita y bobina.
- **Circuito activador:** Este elemento se encarga de detectar cambios en la amplitud de la oscilación, estos cambios se producen cuando un objeto metálico entra o sale del campo electromagnético irradiado desde la cara del sensor.
- **Salida de estado sólido:** Cuando se detecta un cambio suficiente en el campo electromagnético, la salida de estado sólido proporciona una señal eléctrica para la conexión en interfaz con un PLC o una lógica de

máquina. Esta señal indica la presencia o ausencia de un objeto metálico en el campo de detección.



**Figura 2.18.** Componentes de un sensor inductivo.

- **Sensores de proximidad capacitivos**

Los sensores capacitivos permiten detectar objetos metálicos y no metálicos sólidos y líquidos, si bien son más apropiados para detectar objetos no metálicos debido a sus características y costo en comparación con los sensores de proximidad inductivos.

Este tipo de sensores son similares a los inductivos en cuanto a su tamaño, forma y “concepto”. Sin embargo a diferencia de estos últimos que utilizan campos magnéticos para detectar objetos, los sensores de proximidad capacitivos reaccionan a alteraciones en campos electrostáticos. La sonda situada detrás de la cara del sensor es una placa condensadora. Al aplicar corriente al sensor; se genera un campo electrostático que reacciona a los cambios de la capacitancia causados por la presencia de un objeto. Cuando el objeto se encuentra fuera del campo electrostático, el oscilador permanece inactivo, pero cuando el objeto se aproxima, se desarrolla un acoplamiento capacitivo entre éste y la sonda capacitiva. Cuando la capacitancia alcanza un límite especificado, el oscilador se activa, lo cual dispara el circuito de encendido y apagado. Este comportamiento se observa en la **figura 2.19**.

La capacidad del sensor para detectar el objeto depende del tamaño y de la constante dieléctrica del objeto, así como de su distancia con respecto al sensor.

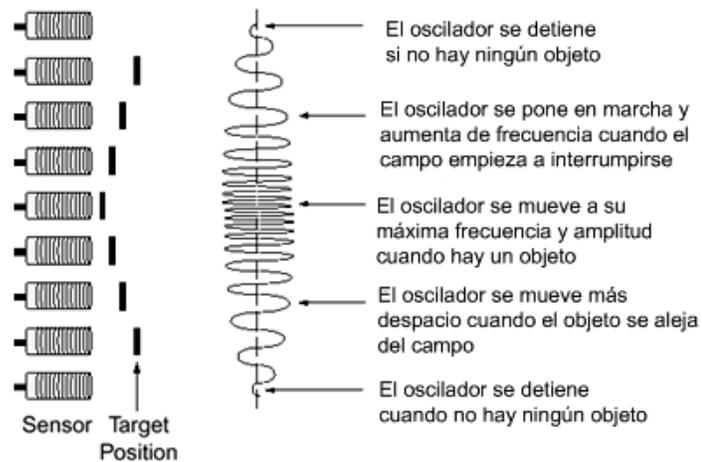


Figura 2.19. Funcionamiento de un sensor capacitivo.

La constante dieléctrica es una propiedad del material. Todos los materiales tienen una constante dieléctrica. Aquellos con constantes dieléctricas más altas son más fáciles de detectar que los que tienen valores más bajos. Cuanto mayor es el tamaño o la constante dieléctrica del objeto, más fuerte es el acoplamiento capacitivo entre la sonda y el objeto. Cuánto más corta es la distancia entre el objeto y la sonda, más fuerte es el acoplamiento capacitivo entre la sonda y el objeto.

El sensor consta de cinco componentes básicos que se muestran en la figura 29 y se describen a continuación:

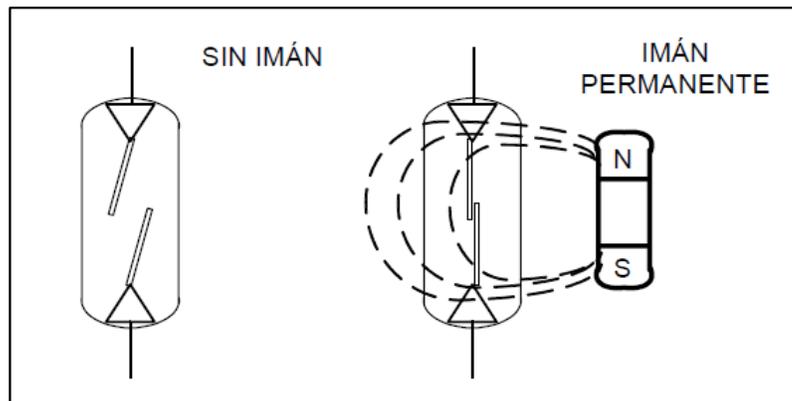
- **Sonda o placa capacitiva:** Este componente irradia un campo electrostático que genera un acoplamiento capacitivo entre la sonda y el objeto que entra en el campo.
- **Oscilador:** Se encarga de suministrar energía eléctrica a la sonda o placa capacitiva.
- **Circuito de disparo:** Se encarga de detectar cambios en la amplitud de la oscilación que se producen cuando un objeto entra o sale del campo electroestático irradiado desde el sensor.

- **Dispositivo interruptor de salida de estado sólido:** Cuando se detecta un cambio suficiente en el campo electrostático, la salida de estado sólido genera una señal eléctrica que la debe interpretar un dispositivo de interfaz como un PLC. Esta señal indica la presencia de un objeto en el campo de detección.
- **Potenciómetro de ajuste:** Este elemento se emplea para ajustar (aumentar o disminuir) la sensibilidad del sensor.
- **Sensores de proximidad magnéticos**

Este tipo de sensores consiste de una ampolla de vidrio herméticamente sellada y rellena de un gas inerte, dentro de la cual se introducen dos láminas delgadas de material ferromagnético que hacen las veces de contactos (estas láminas pueden tener un recubrimiento de un material mejor conductor en su punto de contacto).

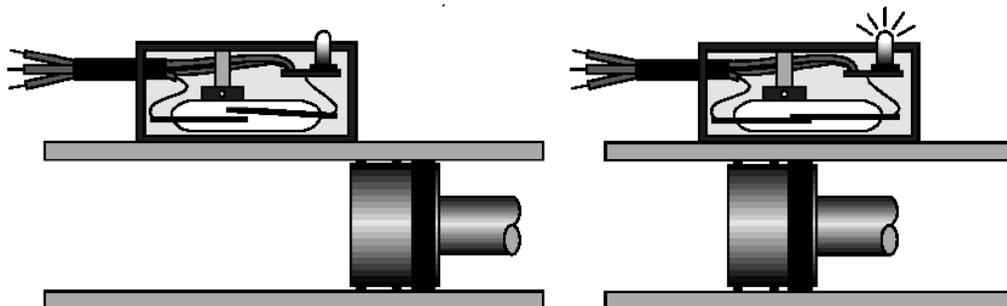
En ausencia de un campo magnético, los contactos normalmente abiertos permanecen abiertos. Sin embargo, cuando el objeto (que lleva el imán permanente en su superficie) se aproxima a una cierta distancia del sensor, el campo magnético obliga a que las láminas se atraigan, estableciéndose una continuidad eléctrica entre sus contactos, lo cual puede ser procesado por la parte de comando del automatismo e interpretado como presencia del objeto.

Cuando desaparece el campo magnético, la propia elasticidad de las láminas las devuelve a su posición original. En la **figura 2.20** se resume la operación del sensor.



**Figura 2.20.** Operación del sensor de proximidad magnético.

Los sensores magnéticos poseen como ventajas el no requerir contacto con el objeto a detectar, se adaptan a las atmósferas contaminadas, permite una mayor frecuencia de operación que los interruptores de posición (posee menor inercia), es capaz de discriminar muy bien entre corriente débil y ausencia de corriente y es poco voluminoso. Sin embargo presenta como inconveniente el verse afectado por la presencia de material ferromagnético, maneja poca corriente lo que trae como consecuencia una tendencia a que sus contactos se suelden, su repetibilidad no es muy buena, requiere que se fije un imán permanente al objeto que se quiere detectar por lo tanto no es aplicable sino en aquellos casos en los cuales siempre se detecta el mismo objeto (como sería en el caso del émbolo de un cilindro neumático, ver **figura 2.21**) y su alcance es limitado.



**Figura 2.21.** Sensor magnético empleado en la detección de posición del émbolo de un cilindro.

## **Controladores Lógicos Programables (PLC)**

Un autómata programable industrial (API) o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación. Por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, entre muchos otros.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- » Espacio reducido
- » Procesos de producción periódicamente cambiantes
- » Procesos secuenciales
- » Maquinaria de procesos variable
- » Instalaciones de procesos complejos y amplios

- 
- » Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones obligan a referirse a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

### **Ventajas**

- » No es necesario dibujar el esquema de contacto
- » No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande
- » La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega
- » Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos
- » Mínimo espacio de ocupación
- » Menor coste de mano de obra de la instalación
- » Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías
- » Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata
- » Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado
- » Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

### **Desventajas**

- » Falta de programadores
- » Costo inicial elevado

### **Funciones básicas de un PLC**

- a. *Detección.* Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- b. *Mando.* Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- c. *Diálogo hombre-máquina.* Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- d. *Programación.* Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la maquina.

### **Nuevas funciones aplicadas a PLC**

- a. *Redes de comunicación.* Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómetas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.
- b. *Sistemas de supervisión.* También los autómetas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.
- c. *Control de procesos continuos.* Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos, los autómetas llevan incorporadas

- 
- funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómeta.
- d. *Entradas- Salidas distribuidas.* Los módulos de entrada salida no tienen porqué estar en el armario del autómeta. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómeta mediante un cable de red.
  - e. *Buses de campo.* Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómeta consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

## 2.2 Definición de Términos

**ACTUADORES:** aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado.

**AIRE COMPRIMIDO:** se refiere a una tecnología o aplicación técnica que hace uso de aire (que ha sido sometido a presión por medio de un compresor), para formar energía.

**BOBINA:** Es un cilindro hueco sobre el cual se encuentra arrollado un hilo metálico.

**ELECTROVÁLVULA:** Dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto.

**EMBOLO:** es una barra cuyos movimientos se encuentran limitados a una sola dirección debido a unas guías.

**FLUJOGRAMA:** Es una representación gráfica de la secuencia de actividades de un proceso.

**HOJA DE PROCESO:** Es el documento que contiene las condiciones de la operación de la máquina, materia prima, características del producto y cualquier otra información necesaria para fabricar un determinado producto.

**MATERIAL NO CONFORME:** Todo material que presenta un defecto que no permita continuar el proceso y puede ser reprocesado y/o chatarreado.

**MOTOR:** es una máquina capaz de transformar la energía almacenada en combustibles, baterías u otras fuentes, en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.

**PELIGRO:** Condición con potencial de afectar negativamente al trabajador.

**POLEA:** es una máquina simple que sirve para transmitir una fuerza.

**PROCESO:** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

**PROVEEDOR:** Es aquel que realiza un producto o servicio requerido por el cliente.

**PULSADOR:** Elemento que permite el paso o interrupción de la corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo.

**RELÉ:** Dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes

**RIESGO:** Exposición de una persona a un peligro.

**RODILLO A GRAVEDAD:** Es un tipo de rodillo transportador cuya función de transporte se basa en el uso de la gravedad y que no es impulsado por ningún sistema de transmisión de potencia alterno.

**RODILLO TRANSPORTADOR:** Es un rodillo metálico que permite transportar cargas de forma directa (a través de sistemas con cadenas o bandas transportadoras), o indirecta (rodillos a gravedad).

# CAPÍTULO 3

## *Marco Metodológico*

---

---

### **3.1 Nivel de la Investigación**

De acuerdo al nivel de conocimientos que se adquieren, la investigación es descriptiva, debido que se va a caracterizar un hecho, fenómeno o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento.

Por otra parte, de acuerdo a la clase de medios utilizados para obtener datos, también puede clasificarse como un proyecto de campo puesto que hace necesaria la recolección de datos en el sitio donde se presenta el problema.

Según los objetivos planteados este trabajo especial de grado es un proyecto factible, puesto que se realizará una investigación, luego se procederá a plantear, elaborar y desarrollar un modelo operativo viable de automatización.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

Para responder al problema la estrategia que se va adoptar se muestra a continuación, donde se presentan las distintas fases y actividades que se van a realizar para cumplir con los objetivos planteados inicialmente:

### **Fase 1. Búsqueda de información**

- Recolectar de información relacionada con el proceso de corte.
- Visitar a la empresa para observar el funcionamiento de la Máquina, de esta forma indagar con más detalles todos los aspectos relacionados con proceso que realiza, tales como registros y reportes operacionales, entre otros.
- Recopilar información, acerca de elementos para el diseño mecánico, además de información acerca de procesos automatizados. Para ello, se investigará en recursos bibliográficos, conjuntamente se realizaran entrevistas a expertos entre ellos ingenieros especializados en estas áreas.

### **Fase 2. Diseño del Sistema Mecánico**

- Generar diversas alternativas de solución que utilicen tecnología existente en el mercado, satisfaciendo las necesidades y objetivos planteados, de manera factible, económica y eficiente.
- Seleccionar la mejor solución, mediante los criterios preestablecidos.

### **Fase 3. Diseño del Sistema Automatizado**

- Estudiar la clase de control automático que pueda recibir la máquina, información que hay que tener consideración a la hora de diseñar.
- Determinar el número de entradas y salidas a controlar para que el proceso se lleve a cabo de forma automática.
- Diseñar el sistema de control.
- Seleccionar elementos de control existentes en el mercado.

---

## Fase 4. Análisis del Proyecto

- Realizar ingeniería de detalle del sistema.
- Determinar la factibilidad del sistema.

### 3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las *técnicas* que se implementará para determinar las características fundamentales del sistema, para realizar el proceso en forma adecuada, serán la observación directa, entrevistas y análisis documental.

Luego, se procederá a recolectar esta información obtenida mediante: tablas, fichas, grabadores y dispositivo de almacenamiento de datos.

### 3.4 Aspectos administrativos

Los recursos necesarios para el desarrollo del presente proyecto, está comprendido por recursos humanos y recursos institucionales.

**Recursos humanos:** incluirán entrevistas a ingenieros, técnicos y expertos relacionados con el área de estudio, además de operarios que laboran en la estación. Entre ellos se pueden mencionar:

- Ing. Napoleón González. (Tutor académico)
- Ing. Héctor Contreras. (Tutor Industrial)
- Ing. Harold Cárdenas. (Tutor Industrial)

**Recursos Institucionales:** las instituciones consultadas para realizar la investigación pertinente son las siguientes:

- Universidad de Carabobo.
- DANA, Soluciones Estructurales Ligeras.

# CAPÍTULO 4

## *Condiciones operativas actuales y diseño mecánico para la alimentación de la máquina cortadora*

---

---

En este capítulo se presenta las condiciones actuales que opera la máquina de corte (Cizalla) y los cálculos realizados para el diseño mecánico del sistema de alimentación de la máquina de corte.

### **4.1 Condiciones operativas actuales de la máquina**

Antes de describir el proceso que realiza la máquina en cuestión, es importante analizar la materia prima que esta maneja, en especial las condiciones que llegan las láminas al proceso de corte con la guillotina.

#### **4.1.1 Descripción del proceso de desbobinado y corte de bobina**

En un principio, se reciben las bobinas las cuales son inspeccionadas para certificar que cumplen con las especificaciones requeridas y se colocan en el área destinada para almacenamiento desde donde son enviadas al área de Línea de Corte.

Con un montacargas se transporta la bobina requerida a la línea de corte, donde se realiza el corte de las bobinas en láminas, para la producción

de los componentes de chasis y en tiras para producción de los largueros de autobuses o camiones. En el caso de las tapas del Diferencial, las bobinas son enviadas a Talleres especializados en corte, los cuales hacen un proceso de corte de dichas bobinas en sub-bobinas o arepas.

El proceso de corte es realizado por varios equipos consecutivos: el principal es la máquina Niágara, la cual consta de un par de cabezales donde se monta la bobina, posteriormente rodillos aplanadores sujetan la lámina donde es desenrollada la bobina, para quitarle la curvatura de su forma original.

Posteriormente, la lámina pasa a un juego de rodillos que son manejados mediante motores a través de cadenas, en el caso de los largueros la bobina es cortada en tiras mediante cuchillas circulares, las cuales le dan el ancho definitivo, en el caso de las láminas para componentes, se les efectúa un corte longitudinal, las tiras se almacenan a un lado de la línea, para luego transportarlas al área de enderezado. Por medio de un puente grúa se trasladan las láminas a una mesa, plana y luego pasa a una mesa de rodillos una a una. Este proceso lo realizan dos operarios en forma manual, los cuales uno de ellos verifica la linealidad de la lámina por medio de una regleta patrón, mientras que el otro operario corrige a través de un sistema de pistones el área o sección que no esté en línea con la regleta guía. Este proceso de enderezado garantiza la linealidad de lámina longitudinalmente. Una vez enderezadas las láminas se trasladan al área de almacenamiento para su posterior proceso en el área de prensa.

Las láminas para los componentes en su mayoría son enviadas al área de guillotinas donde son cortadas en tiras, dando lugar al estudio a realizar.

---

#### 4.1.2 Descripción del proceso de corte mediante guillotina

Los operarios de esta línea usan los siguientes implementos de seguridad: botas, delantal, protectores auditivos, lentes y guantes. Las máquinas para su funcionamiento utilizan aceites hidráulicos y grasas especiales, los aceites usados son reciclados por empresas autorizadas, en caso de derrame de aceite residual en el piso, el personal que realiza la operación, limpia la zona contaminada utilizando los implementos de seguridad, utensilios de limpieza y trapos, los guantes y trapos son segregados en el tambor transitorio de color verde, los mismos son llevados al almacén de desechos, para colocarlos en bolsas plásticas almacenadas en sacas e identificadas con etiquetas de seguridad, en espera de que la empresa autorizada realice su disposición final.

Para el proceso de corte por guillotina se procede a colocar un lote de láminas apiladas sobre un mesón, una vez posicionadas y seleccionado el tipo de corte a realizar, los operadores se disponen a cuadrar el tope interno de la máquina, dicho tope debe moverse hacia atrás y hacia adelante para darle el ancho requerido al corte a realizar. Con el tope bien ubicado los operarios desplazan la lámina desde donde se encuentra apilada deslizándola por una mesa hasta llegar a la máquina y empujarla contra el tope interno de ésta. Al asegurarse que la lámina llegó al tope los operadores accionan las botoneras que dan la orden a la máquina para que haga el corte. Una vez finalizado éste vuelven a empujar la lámina accionar y cortar hasta terminar con dicha lámina y trasladar la siguiente lámina y repetir el proceso.

En la figura 4.1 se observa con detalle la máquina y el entrono donde se desarrolla el corte.

Los desechos metálicos son llevados a los contenedores de Scrap del área patio de bobinas para ser reciclados por la empresa autorizada. El

departamento de despacho es el encargado de realizar la nota de salida, la cual debe ser firmada y sellada por la empresa de fundición al recibir el material.



**Figura 4.1** Detalle de la máquina y proceso de corte de la guillotina

#### **4.1.3 Características principales de la guillotina**

Las características principales de la máquina se pueden apreciar en la **tabla 4.1** y las dimensiones de la cizalla en la **tabla 4.2**.

**Cizalla – Guillotina.** Herramienta para cortar en frío planchas de metal.

Hidromatic Modelo C7-25

Marca SACMA. Varese – Italia.

**Tabla 4.1.** Características principales de la maquina cortadora de laminas.

<i>Longitud de corte</i>	2550 mm
<i>Espesor máximo</i> (R=45 Kg/mm <sup>2</sup> ) (R=70 Kg/mm <sup>2</sup> )	10 mm 8 mm
<i>Angulo de Corte en grados</i>	1° 48´
<i>Profundidad del escote</i>	500 mm
<i>Libre pasaje entre montaje</i>	2860 mm
<i>Longitud efectiva de cuchillas</i>	2850 mm
<i>Ciclos por minuto N.</i>	40
<i>Carrera registro posterior</i>	800 mm
<i>Carrera pisón hidráulico</i>	19 mm
<i>Potencia absorbida</i>	12,5 HP

**Fuente:** DANA, Soluciones Estructurales.

**Tabla 4.2.** Dimensiones de la Cizalla

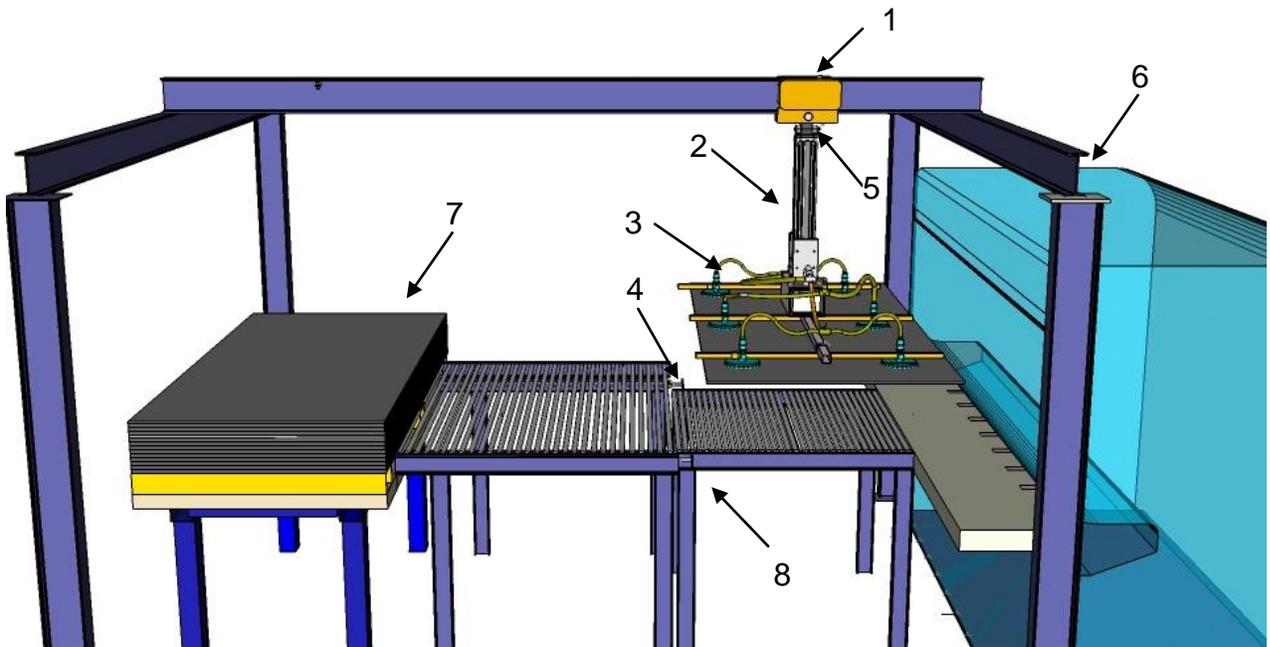
<i>Altura</i>	2075 mm
<i>Ancho</i>	2000 mm
<i>Longitud</i>	3450 mm
<i>Peso aproximado</i>	11.300 Kg.

**Fuente:** DANA, Soluciones Estructurales.

## 4.2 Desarrollo de Solución del Problema

La solución al problema planteado consiste de un **sistema de vacío** como elemento principal del sistema, debido a que éste será el encargado de levantar las láminas y sujetarlas para desplazarlas hasta la entrada de la cizalla; dicho desplazamiento horizontal se realizará mediante un **trolley**, el cual consta de un **sistema sujeción** que permitirá la unión del mismo con el

**conjunto de vacío**; el sistema de vacío cuenta a su vez con un **cilindro pistón** que es el encargado de realizar el desplazamiento vertical del sistema, logrando elevar la lámina sujeta por las ventosas para luego extender su vástago y dejar caer la lámina sobre el mesón. Luego, la lámina es posicionada dentro de cizalla para su corte posterior. En la **figura 4.2** se puede observar el sistema diseñado.



- |                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1. Trolley            | 5. Sistema de sujeción      |
| 2. Cilindro pistón    | 6. Cizalla o Guillotina     |
| 3. Conjunto de vacío  | 7. Lote de láminas apiladas |
| 4. Cilindro empujador | 8. Mesa de Rodillos         |

**Figura 4.2.** Elementos del sistema a diseñar.

Cada uno de los elementos que intervienen en el sistema se diseñaron de la siguiente manera:

### 4.2.1 Diseño de Soporte de Sistema de vacío

El sistema de vacío será acoplado a una estructura para su distribución, este constará de un soporte principal y de tres (3) paralelos transversales que servirán de agarre o soporte para las ventosas, uno soldado a la mitad del soporte principal y los otros dos (2) equidistantes del centro, siendo estos móviles para posicionarlos de acuerdo al tipo de lámina con el que se va a trabajar. Las dimensiones y diversas posiciones se pueden observar en los planos que se encuentran en el anexo 5. En la **figura 4.3** se puede observar la estructura del conjunto de vacío.

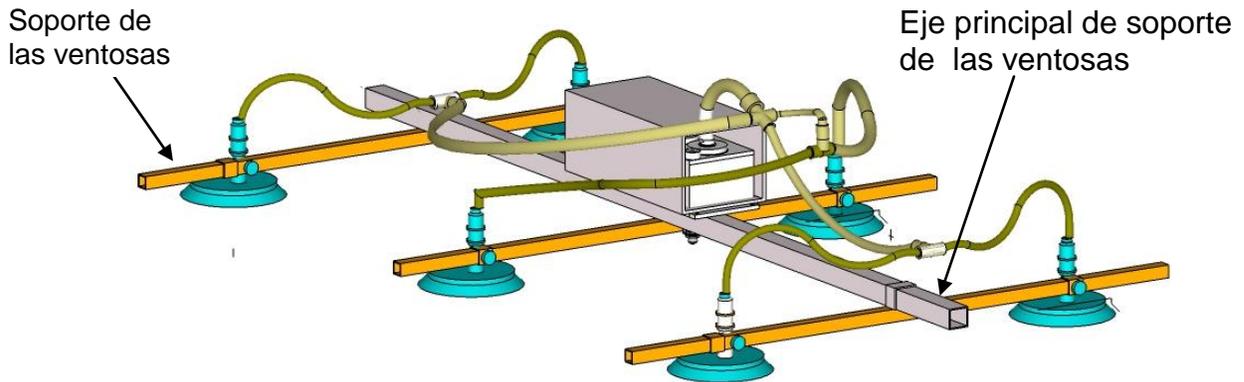


Figura 4.3 Conjunto de Sistema de Vacío

### Propiedades del material a utilizar

En la tabla 4.3 se muestran una serie de propiedades del material utilizado en el diseño del sistema.

Tabla 4.3 Propiedades del Acero Común

<i>Material</i>	<i>Esfuerzo de Fluencia a Tensión</i>	<i>Módulo de Elasticidad</i>	<i>Densidad</i>
Acero Común	$S_y = 344,7 \text{ MPa}$	$E = 207 \text{ GPa}$	$\rho = 7978 \text{ Kg/m}^3$

Fuente: “Diseño en Ingeniería Mecánica”, Shigley, J. y Mischke R.

El factor de seguridad utilizado para seleccionar los perfiles de viga ( $F_s$ ) es igual a 2, debido a que los datos de pruebas del material son representativos, se trata de un ambiente normal y los modelos analíticos de carga y esfuerzos representan con precisión el sistema.

El factor de seguridad utilizado para el diseño de soldadura ( $F_s$ ) es igual a 3, debido que las condiciones del entorno en el cual se utilizará se considera moderadamente agresivo, ya que va a estar expuesto al aire libre en un galpón de la empresa.

### **Selección de vigas de soporte de las ventosas**

En un principio, se seleccionaron las ventosas que conforman el conjunto de vacío, tomando en cuenta estos parámetros requeridos por el problema, la ventosa más adecuada es: **Ventosa con Soporte Vulcanizado de 200 mm diámetro** (ver anexo 3). Capaz de alzar una fuerza 78,5 Kg cada ventosa, generando una fuerza total de 4.621 N valor mayor al necesitado por sistema a diseñar. Las especificaciones de la selección se encuentran detalladamente en el **capítulo 5**.

Una vez seleccionado las ventosas, se procedió a diseñar la viga se a corte, flexión, y por último se comprueba el efecto torsor y deflector que ejerce las ventosas sobre la misma, considerando la condición más crítica, la cual se produce cuando se levanta la lámina más pesada y las ventosas están más separadas, debido a que esta ubicación la viga es cuando se encontrará sometida a mayor esfuerzo.

El diagrama de fuerzas para el perfil que servirá de soporte para ventosas se encuentra representado en la **figura 4.4**

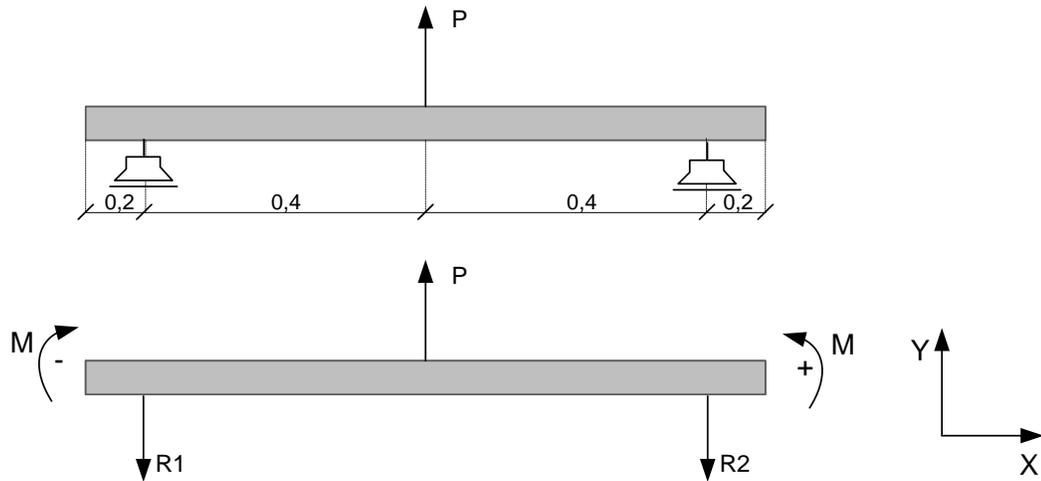


Figura 4.4 Diagrama de Cuerpo Libre de soporte de ventosas.

La carga P viene expresada da por:

$$P = \frac{W_{lámina}}{3} + W_{ventosa} = 42,22Kg + 2,24Kg = 46,46Kg = 455,77N \quad (4.1)$$

Realizando sumatoria de fuerzas en el eje se obtiene el valor de las reacciones ejercidas por los vínculos:

$$+\uparrow \Sigma F_y = m * a_y \Rightarrow V_f = V_o + a \cdot t \Rightarrow V_o = 0$$

Se sabe que el actuador neumático maneja un caudal de 300 L/min y tarda 10 seg en realizar todo su recorrido. Con estos datos se deduce que:

$$a = \frac{0,63619 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 0,063619 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Rightarrow \boxed{a \approx 0} \Rightarrow \Sigma F_y = 0$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = R_1 - P + R_2 = 0 \quad (4.2)$$

$$R_1 = R_2 = -220,85N$$

Luego de obtener las reacciones, se calcula el momento máximo aplicado al elemento ubicado en el medio de la viga, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$M_{max} = -220,85 * 0,4 = -88,34Nm$$

Seguidamente, se determina el módulo de resistencia ( $S_x$ ) de la sección transversal del elemento que soporta el momento máximo ( $M_{max}$ ) aplicado a éste en función del esfuerzo de fluencia a tracción ( $S_y$ ) del material.

$$S_x = \frac{M_{max}}{S_y} = \frac{88,34Nm}{344,7*10^6Pa} = 2,56 * 10^{-7}m^3 = 0,256cm^3 \quad (4.3)$$

Una vez obtenido el valor de  $S_x$ , se selecciona del catálogo de Industrias Unicon C.A. (ver anexo 1), un tubo estructural de sección cuadrada 25 x 25 ya que cumple con la condición:

$$S_{x_{perfil}} > S_{x_{calculado}}$$

Ahora, para verificar el perfil seleccionado tomamos en cuenta el peso propio como una carga distribuida sobre la viga, hacemos los nuevos diagramas y calculamos el nuevo momento máximo ( $M_{max}$ ), el nuevo módulo de resistencia ( $S_x$ ) y con ellos el factor de seguridad. Hasta conseguir una viga que cumpla con un factor de seguridad mayor a 2, el cual viene dado por la ecuación:

$$FS = \frac{S_{x_{perfil}}}{S_{x_{calculado}}} \quad (4.4)$$

Verificando,  $FS = 5,6 > 2$

Se selecciona el perfil 25 x 25 de espesor 2 mm puesto que el factor de seguridad es mayor a 2.

### **Cálculo Deflexión máxima**

Aplicando la ecuación diferencial de la elástica e integrando dos veces, se obtienen las siguientes ecuaciones para cada tramo:

- $0 < X < 0,25$

$$-1,125453 * 10^{-4}X^4 + 7,739923 * 10^{-3}X - 1,93454112 * 10^{-3} = 0$$

- $0,25 < X < 1$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 - 4,32 * 10^{-3}X^3 + 3,34 * 10^{-3}X^2 + 6,3 * 10^{-3}X - 1,87 * 10^{-3} = 0$$

- $1 < X < 1,75$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 + 5,22 * 10^{-3}X^3 - 2,54 * 10^{-2}X^2 + 0,0356X - 1,14 * 10^{-4} = 0$$

- $1,75 < X < 2$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 + 9,00410^{-4}X^3 - 2,710^{-3}X^2 - 4,1410^{-3}X + 1,1710^{-2} = 0$$

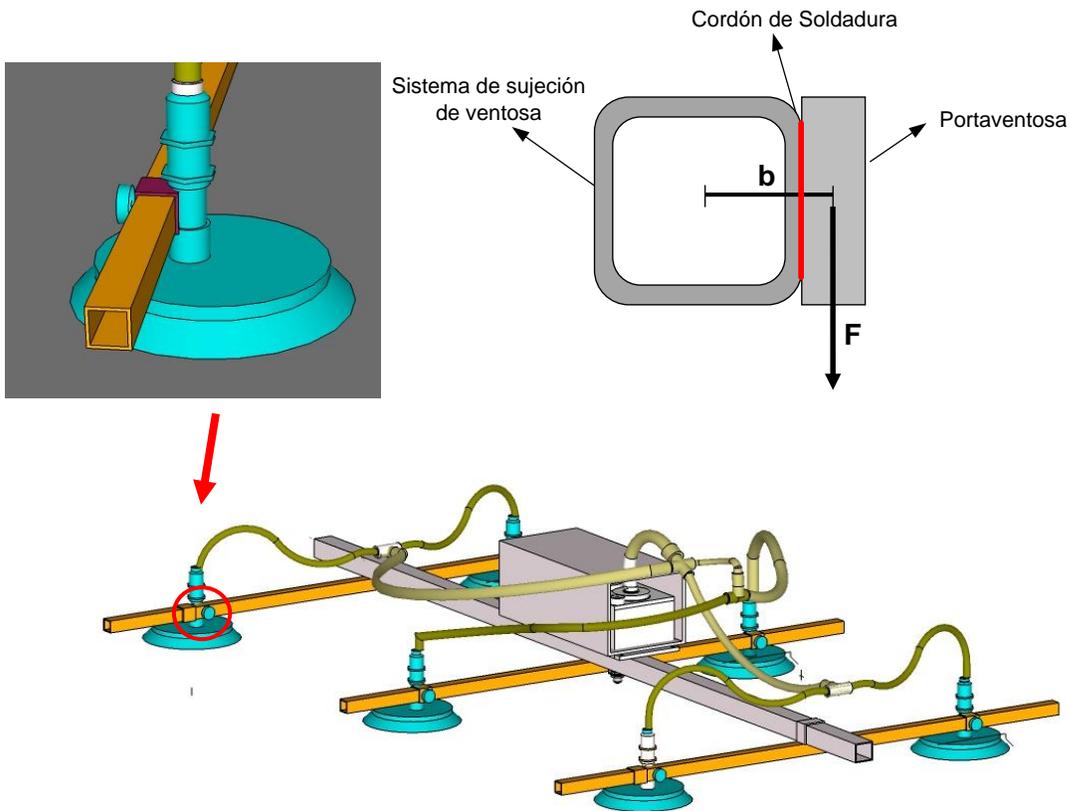
La deflexión máxima ocurre en el medio de la viga de soporte de las ventosas cuando  $X = 1m$ , sustituyendo este valor en la expresión para obtener un valor de deflexión de:

$$Y = 0,002m = 2mm$$

Como se puede observar el tubo estructural de 25x25 posee una deformación despreciable, por lo que se confirma su selección.

### Estudio de torsión

En cuanto a la **torsión** que produce la ventosa sobre el perfil seleccionado, como se indica en la figura 4.5, se verifica con la deformación angular que se produce:



**Figura 4.5.** Efecto torsor que produce las ventosas sobre el perfil seleccionado.

La fuerza que soporta una ventosa cuando el sistema levanta la lámina más pesada vendría siendo:

$$F = \frac{W_{lámina}}{6} + W_{ventosa} = 21,11Kg + 2,24Kg = 23,35Kg * 9,81 = 229,08N$$

$$\theta = \frac{M_T * L}{G * I_p} = \frac{12,37N.m * 1,2m}{79,3 * 10^9 Pa * 2,86 * 10^{-8} m^4} = 6,55 * 10^{-3} rad = 0,38^\circ \quad (4.5)$$

En donde,

$M_T$ : Momento de torsión

$$M_T = Fuerza * brazo = 229,08N * 54 * 10^{-3}m = 12,37Nm$$

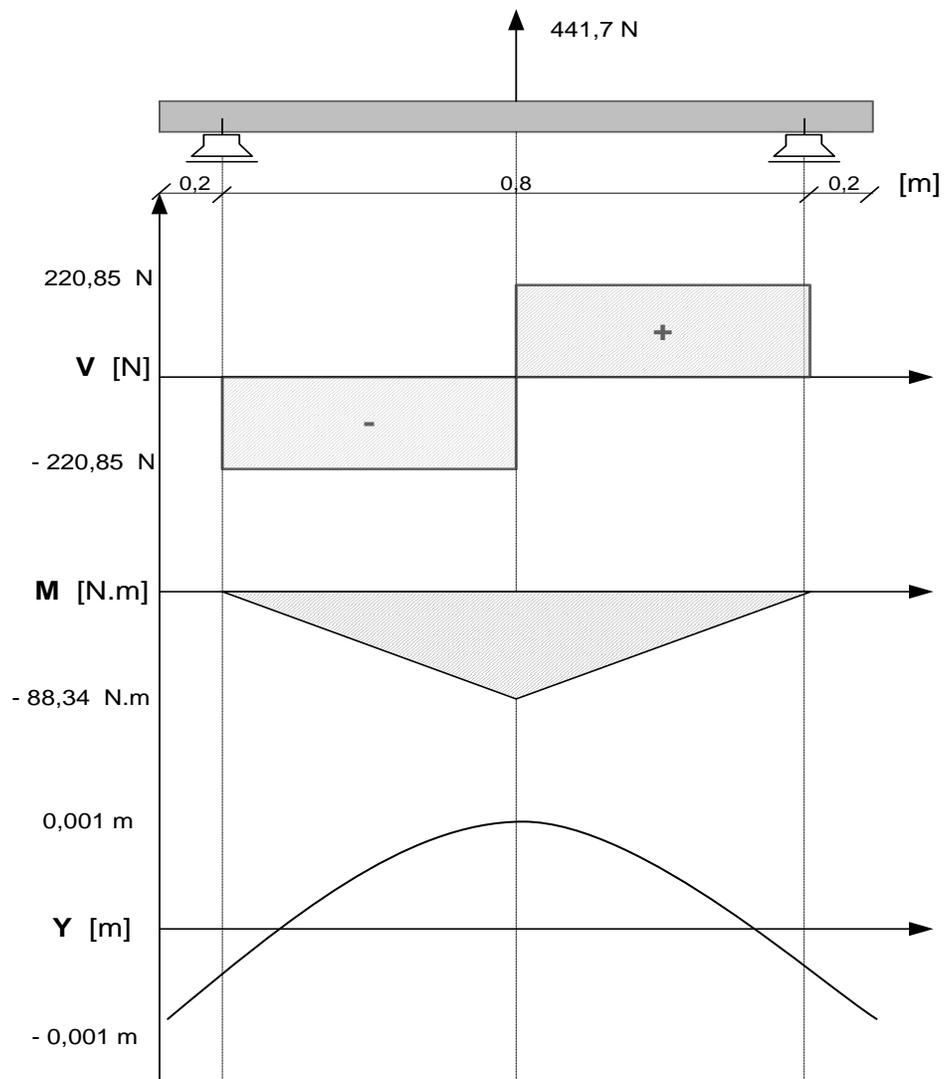
L: longitud de la barra

G: Módulo de rigidez

$I_p$ : Inercia polar del área transversal

La deformación angular es muy pequeña, eso es debido que el brazo (b) que ejerce la torsión también lo es, por ende el perfil seleccionado no corre el riesgo a deformación angular.

En la **figura 4.6**, se encuentran los diagramas de corte, momento y deflexión del soporte de las ventosas.

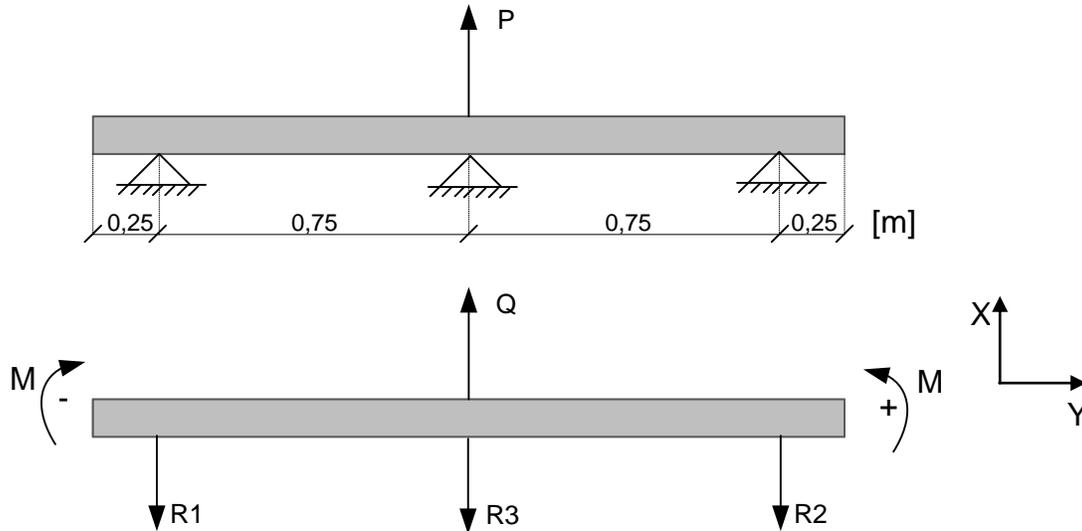


**Figura 4.6.** Diagrama de Corte, Momento y deflexión del soporte de las ventosas.

## 4.2.2 Selección de viga del eje principal del soporte de ventosas

El eje principal del soporte de ventosas se diseñó a corte, flexión, y por último se comprueba el efecto de deflexión que ejerce los soportes de las ventosas sobre el mismo, al igual que en la sección anterior 4.1. Este diseño se realiza considerando la condición más crítica, la cual se produce cuando se levante la lámina más pesada y los perfiles transversales se encuentran a los extremos, debido a que con esta ubicación la viga se encontrará sometida a mayor esfuerzo.

El diagrama de fuerzas del eje principal se encuentra representado en la **figura 4.7**.



**Figura 4.7** Diagrama de Cuerpo Libre de eje principal.

Se puede decir que:

$$P = Q - R_3$$

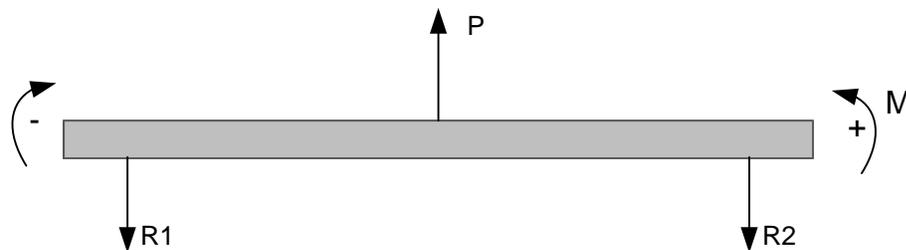
Realizando sumatoria de fuerzas en el eje y se obtiene el valor de las reacciones ejercidas por los vínculos:

$$+\uparrow \Sigma F_y = m * a_y \Rightarrow \boxed{a \approx 0} \Rightarrow \Sigma F_y = 0$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = R_1 - P + R_2 = 0$$

$$R_1 = R_2 = -473,95 \text{ N}$$

Al obtener las reacciones el diagrama del cuerpo libre queda representado tal y como se presenta en la **figura 4.8**.



**Figura 4.8** Diagrama de Cuerpo Libre de eje principal definitivo.

La carga P viene representada por:

$$P = 2 * \left( \frac{W_{lámina}}{3} + W_{ventosa} \right) = 2 * (42,22Kg + 2,24Kg) = 96,623Kg = 947,9N \quad (4.6)$$

Luego de obtener las reacciones, se calcula el momento máximo que viene dado por la carga P ubicado en el medio de la viga, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$M_{max} = -473,95 * 0,75 = -355,463 \text{ Nm}$$

Seguidamente, se determina el módulo de resistencia ( $S_x$ ) de la sección transversal del elemento que soporta el momento máximo ( $M_{max}$ ) aplicado a éste en función del esfuerzo de fluencia a tracción ( $S_y$ ) del material.

$$S_x = \frac{M_{max}}{S_y} = \frac{355,463 \text{ Nm}}{344,7 * 10^6 \text{ Pa}} = 1,031 * 10^{-6} \text{ m}^3 = 1,031 \text{ cm}^3$$

Una vez obtenido el valor de  $S_x$ , se selecciona del catálogo de Industrias Unicon C.A. (ver anexo 1), un tubo estructural de sección cuadrada 40 x 40 ya que:

$$S_{x_{perfil}} > S_{x_{calculado}}$$

Para verificar la selección, se procederá a recalcular tomando en cuenta el peso propio de la viga, hasta conseguir una viga que cumpla con el factor de seguridad mayor a 2, el cual viene dado por la ecuación:

$$Fs = \frac{S_{x_{perfil}}}{S_{x_{calculado}}}$$

En la **tabla 4.4**, se encuentran especificados los factores de seguridad calculados, con la ecuación anterior, para cada perfil, además que sale especificado su respectivo espesor y módulo de resistencia ( $S_x$ ).

**Tabla 4.4** Factores de seguridad determinados para la selección de perfil.

<b>Perfil de Viga h x b</b>	<b>e Espesor (mm)</b>	<b><math>S_{x_{perfil}}</math> (<math>\text{cm}^3</math>)</b>	<b>Fs Factor de Seguridad</b>
25 x 25	2,00	1,14	1,11
25 x 25	2,50	1,28	1,24
25 x 25	3,00	1,38	1,34
40 x 40	2,00	3,40	3,30

Se selecciona el perfil 40 x 40 de 2 mm espesor puesto que el factor de seguridad es mayor a 2.

### Cálculo Deflexión máxima

Aplicando la ecuación diferencial de la elástica e integrando dos veces, se obtiene las siguientes ecuaciones para cada tramo:

- $0 < X < 0,25$

$$-1,125453 * 10^{-4}X^4 + 7,739923 * 10^{-3}X - 1,93454112 * 10^{-3} = 0$$

- $0,25 < X < 1$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 - 4,32 * 10^{-3}X^3 + 3,34 * 10^{-3}X^2 + 6,3 * 10^{-3}X - 1,87 * 10^{-3} = 0$$

- $1 < X < 1,75$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 + 5,22 * 10^{-3}X^3 - 2,54 * 10^{-2}X^2 + 0,0356X - 1,14 * 10^{-4} = 0$$

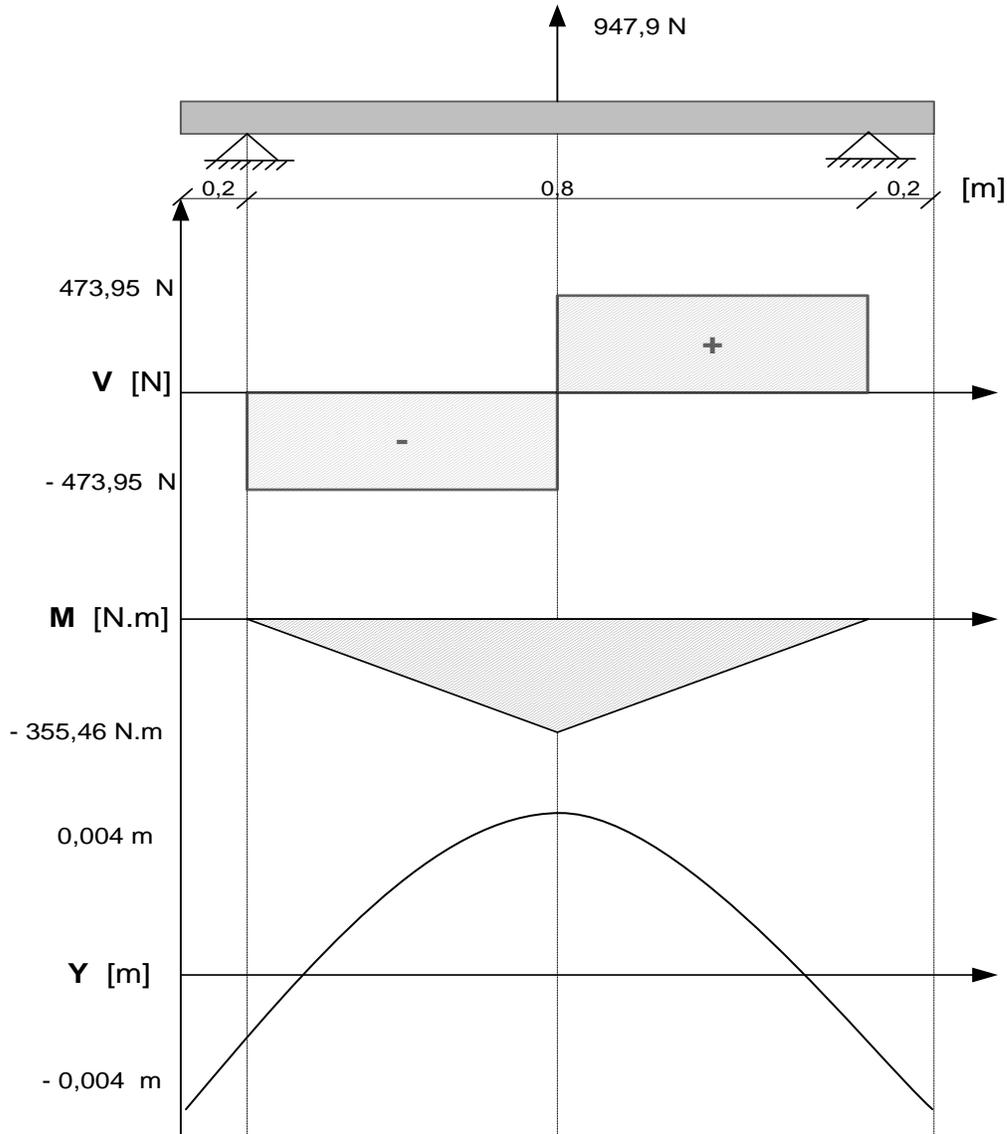
- $1,75 < X < 2$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 + 9,00410^{-4}X^3 - 2,710^{-3}X^2 - 4,1410^{-3}X + 1,1710^{-2} = 0$$

La deflexión máxima ocurre en el medio de la viga cuando  $X = 1m$ , sustituyendo este valor en la expresión para obtener un valor de deflexión de:

$$Y = 0,004m = 4mm$$

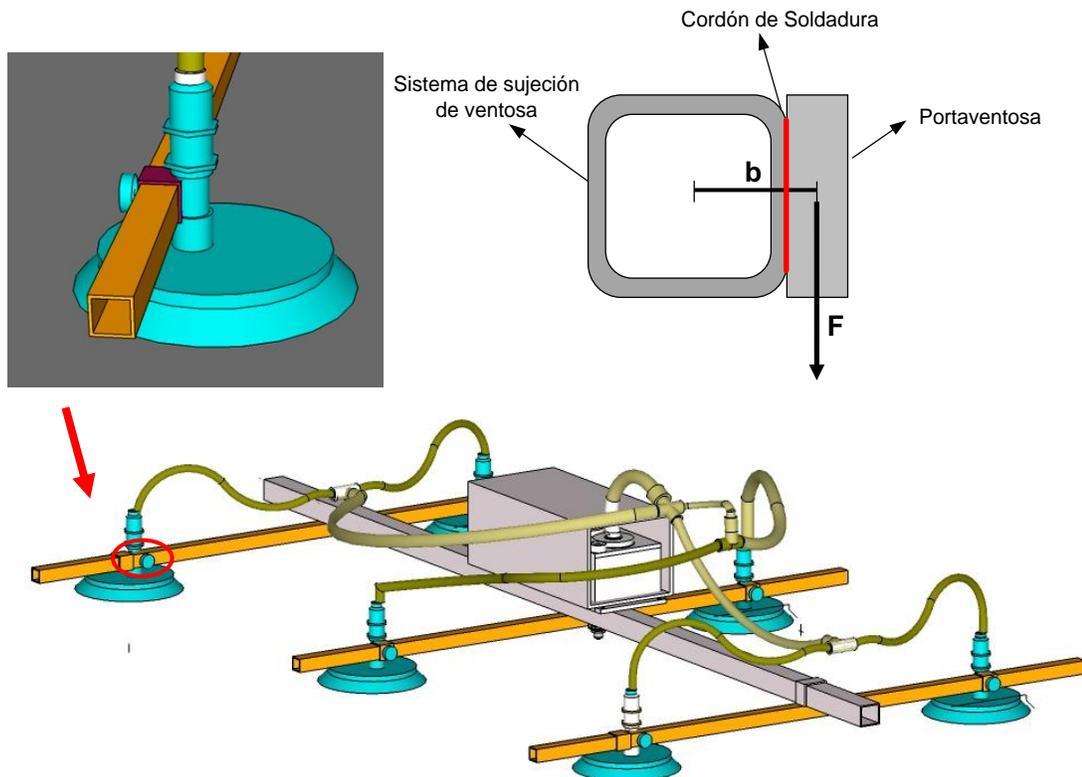
Estos valores se pueden observar en los en los diagramas que se encuentran en la **figura 4.9**.



**Figura 4.9.** Diagrama de Corte, Momento y deflexión del eje principal.

#### 4.2.4 Uniones Soldadas

La soldadura se realizará mediante un arco de soldadura a filete y se utilizará un electrodo E60XX con un factor de seguridad de 3. El patrón de soldadura se puede observar en la figura 4.10.



**Figura 4.10** Vista de la junta del perfil del soporte de ventosa con el portaventosa.

Para el diseño de soldadura se utilizará el código de soldadura “American Institute of Steel Construction (AISC)”, al igual que el reglamento de “American Welding Society (AWS)”. Este diseño básicamente consiste en determinar el área de la garganta de la soldadura, asegurando que no falle.

### Esfuerzos sobre la soldadura

En este caso solo se encuentra sometida a un esfuerzo cortante únicamente. Se calcula el **esfuerzo cortante máximo** por carga cortante  $\tau$  para una unión soldada en función de la fuerza aplicada  $F$ . La garganta  $h$  y la longitud del cordón de la soldadura, viene dada por la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{F}{1,414 * h * L} \quad (4.7)$$

En donde:

F: es la fuerza de succión expresada en Newton de una ventosa necesaria para alzar la lámina más pesada.

L: Ancho en milímetros del perfil de la viga que soporta a las ventosas.

h: espesor en milímetros de la garganta del cordón.

Sustituyendo estos valores en la expresión, se obtiene:

$$\tau = \frac{458,16N}{1,414 * h * 25mm} = \frac{12,96}{h} MPa$$

Luego, se determina el esfuerzo total, para ello se aplicó la teoría de **Von Mises – Hencky**, utilizado como un criterio de resistencia estática según el cual el material no fluirá en el punto analizado siempre que la energía de distorsión por unidad de volumen en el punto no supere la energía de distorsión por unidad de volumen que se da en el momento de la fluencia en el ensayo de tracción. Dicha teoría ofrece una proyección muy precisa de fallas en materiales dúctiles que se someten a la acción de cargas estáticas, tensiones combinadas, tensiones de esfuerzo de corte y tensiones normales inversas por completo.

$$\sigma_{max} = \sqrt{\sigma_{Eq}^2 + 3 * \tau_{Eq}^2} \quad (4.8)$$

Donde;

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo máximo Von Mises - Hencky

$\sigma_{Eq}$ : Esfuerzo normal equivalente

$\tau_{Eq}$ : Esfuerzo de corte equivalente

$$\sigma_{max} = \sqrt{(0)^2 + 3 * \left(\frac{12,96}{h}\right)^2} = \frac{22,45}{h} \text{ MPa}$$

Cabe destacar, que el esfuerzo normal equivalente ( $\sigma_{Eq}$ ) es igual a cero (0) puesto que se anulan los momentos por ser iguales pero de sentidos contrarios, debido que las reacciones están ubicadas equidistantemente, tal y como se muestran en la figura 4.3.

Según el código AISC/AWS el esfuerzo permitido para metal de soldadura de filete o de tope en función del esfuerzo último del electrodo  $S_y$  sometido a un tipo de **Carga Cortante**, viene dado por la siguiente ecuación:

$$S_{yp} = 0,4 * S_y \quad (4.9)$$

En la tabla 4.5 se muestran los valores de **Resistencia a la Tensión** ( $S_y$ ) y los valores calculados del **Esfuerzo Cortante Permisible** ( $S_{yp}$ ) de los electrodos para soldar acero común.

**Tabla 4.5** Esfuerzos permitidos por el reglamento AISC para metal de soldadura.

<b>Número de Electrodo</b>	$S_y$ Resistencia a Tensión (MPa)	$S_{yp}$ Esfuerzo Cortante (MPa)
<b>E60XX</b>	427	170,8
<b>E70XX</b>	482	192,8
<b>E80XX</b>	551	220,4
<b>E90XX</b>	620	248
<b>E100XX</b>	689	275,6
<b>E120XX</b>	827	330,8

Se determina el valor del espesor mínimo adecuado de la garganta de soldadura con la ecuación del factor de seguridad:

$$N = \frac{S_{yp}}{\sigma_{max}} = \frac{170,8}{\frac{22,45}{h}}; N = 3 \quad \Rightarrow \quad \boxed{h = 2,54 \text{ mm}}$$

$\tau$ : Esfuerzo Cortante Permisible. (MPa)

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo máximo. (MPa)

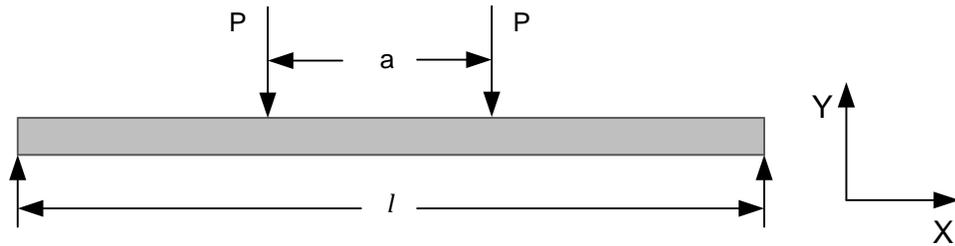
Sustituyendo el **Esfuerzo Máximo** ( $\sigma_{max}$ ) calculado y el **Esfuerzo Permisible** ( $\tau$ ) del electrodo E60XX, se obtiene un **espesor (h)** de **2,54 mm**, siendo un valor pequeño, comparado con el espesor mínimo para una soldadura de arco eléctrico es de 5mm. Lo que significa que la soldadura no va a fallar.

## 4.3 Diseño de sistema de transporte

### 4.3.1 Calculo de viga para traslado de Trolley

Para el desplazamiento del conjunto formado por el sistema de vacío con su estructura de soporte, el actuador y la lámina, se usó un carro trolley el cual es movido por un motor, y su recorrido lo hace a través de una viga.

Según las normas FEM, Normativa referente a Polipastos y Puentes Grúas (Ver anexo 1), se utiliza para seleccionar el perfil de la viga, calculando el momento de inercia necesario para vigas carrileras de grúas apoyadas en ambos extremos, tal y como lo muestra la **figura 4.11**.



**Figura 4.11.** Viga carrilera de grúa apoyada en ambos extremos.

Siendo,

$P$  = Carga que soporta la viga (Ton)

$a$  = Separación entre las cargas  $P$ .

$l$  = Longitud de la viga.

Para nuestro caso  $a = 0$ . Se toma  $\frac{a}{l} = 0,10$ . El menor valor de la tabla (Ver anexo 1).

Luego, se procede a calcular el valor de la carga la cual estará sometida la viga, esta carga está comprendida por diversos pesos como: el del Trolley, de la estructura de soporte de ventosas y el de la lámina más pesada, siendo ésta la situación más crítica.

$$P = P_{Trolley} + P_{Estructura} + P_{lamina} = 260 \text{ Kg} = 0,26 \text{ Ton}$$

Se desea obtener una deflexión de:

$$f = \frac{l}{800} = \frac{4,41m}{800} = 5,5mm$$

Seguidamente, se calcula la inercia requerida por la viga; para ello se aplica la siguiente ecuación:

$$I = P * n * l^2 = 0,26 * 196 * 4,41^2 = 991,1 \text{ cm}^4 \quad (4.10)$$

Siendo:

$P$ : Carga expresada en Toneladas (ton).

$n$ : Factor proporcionado por la Norma FEM para grúa accionada por motor eléctrico y para obtener una deflexión no mayor a  $f = \frac{l}{800}$ . (Ver anexo 1)

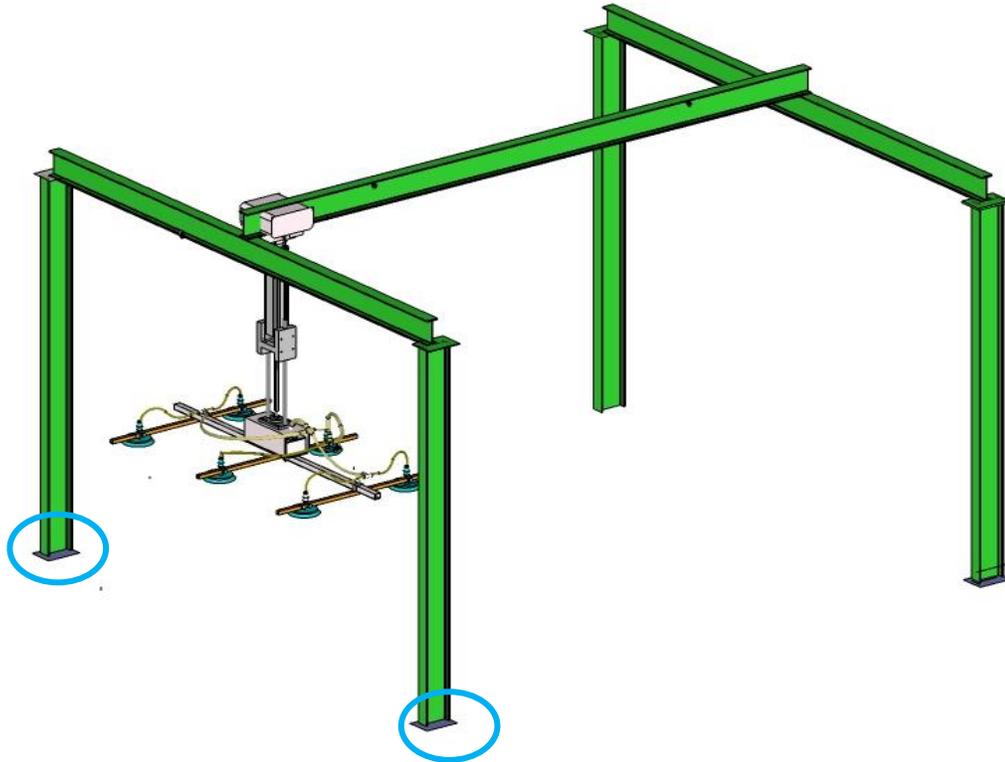
$l$ : Luz de la Viga. Expresada Metros (m).

Una vez obtenida la inercia requerida, se selecciona un perfil que posea una inercia mayor a la requerida, por consiguiente se selecciona un perfil IPN 180, del catálogo de HIERROBECO, C.A. (ver anexo 1).

En vista que el esfuerzo a flexión es mayor que el de compresión que sufren las columnas, el perfil seleccionado anteriormente se puede utilizar para las columnas, sin riesgo de falla.

#### **4.3.2 Soldadura del pórtico**

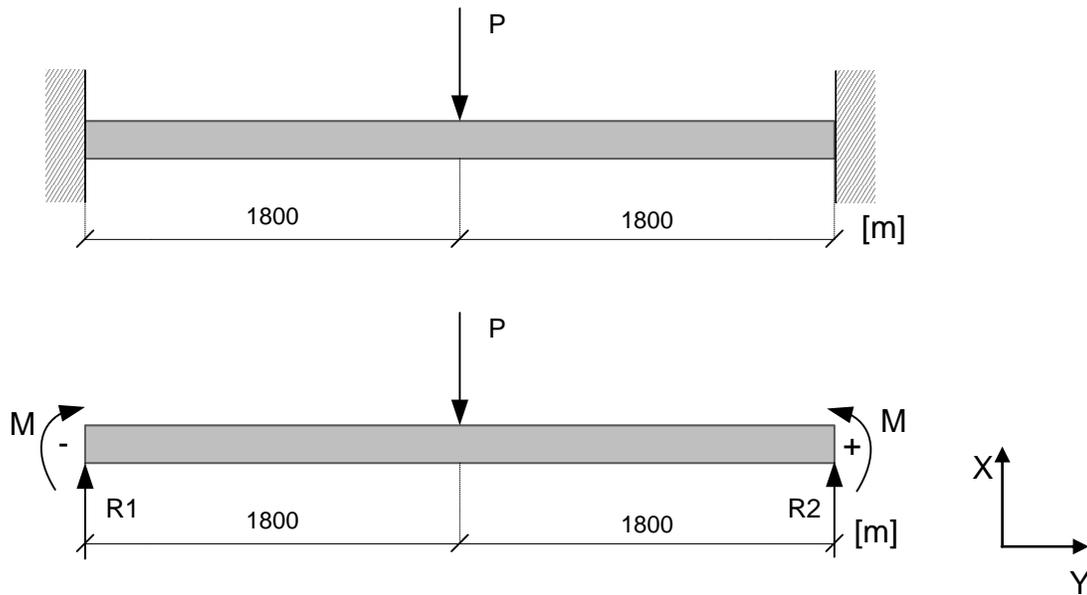
La soldadura más crítica del pórtico es la que permite unir la columna con la placa metálica, que a su vez esta se une al piso. Es necesario para este diseño analizar la circunstancia de mayor riesgo de falla, en este caso es cuando la carga está situada en uno de los extremos del pórtico (figura 4.12).



**Figura 4.12.** Condición crítica para diseño de soldadura del pórtico.

La columna se encuentra sometida a esfuerzos de compresión y flexión, tal y como se puede observar en la **figura 4.10**. Estos esfuerzos son efectos de la viga que soporta la misma. De modo que, inicialmente se realiza un estudio a la viga.

El diagrama de cuerpo libre de la viga apoyada en las columnas se muestra en la **figura 4.13**.



**Figura 4.13** Diagrama de Cuerpo libre de viga apoyada en las columnas.

Donde el valor de la carga soportada por la viga está conformada por los distintos pesos que conforman el sistema, tales como:

$$P = P_{Viga} + P_{Trolley} + P_{Estructura} + P_{lámina}$$

$$P = 17,9 \frac{Kg}{m} * 4,13 m + 50 Kg + 219Kg = 333,927 Kg \approx 334Kg$$

$$P = 334Kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 3.276,54N$$

Una vez obtenida la carga, se procede a calcular las reacciones y momentos que producen la soldadura, la cual se comporta como un empotramiento.

$$R1 = R2 = \frac{P}{2} = 167 Kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 1638,27N \approx 1639N$$

$$M = Fuerza * brazo = 3.276,54N * 1.882mm = 6.166.448,28N.mm$$

Las reacciones y momento calculados anteriormente se transmiten a las columnas produciendo esfuerzos de flexión y compresión sobre la misma, estos esfuerzos se calculan a continuación:

Para la carga a compresión el **esfuerzo normal medio** es:

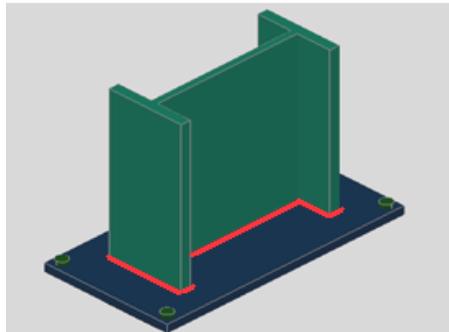
$$\sigma_{com} = \frac{F}{A} \quad (4.11)$$

Donde:

F: es la carga de compresión.

A: Área de la garganta.

El área de la garganta viene dada por la forma de unión de la viga a la placa que va a ir apernada al suelo, la cual se encuentra representada en la figura 4.14.



**Figura 4.14.** Forma de Unión de Soldadura de perfil IPN.

El **área** se calcula de la siguiente manera, donde  $d$  es lo largo del cordón y  $b$  es la separación entre los cordones (como se puede observar en la **figura 4.13**), para el perfil IPN180 los valores vendrían siendo  $b = 82 \text{ mm}$ ,  $d = 180 \text{ mm}$  (ver anexo 1) y el valor de  $h$  es el espesor del cordón de soldadura.

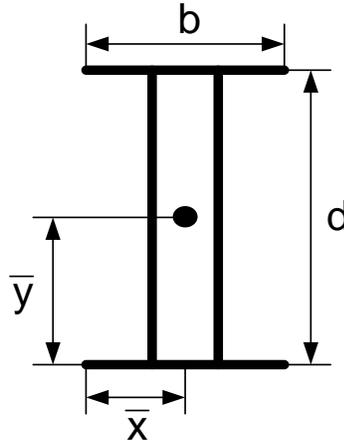
$$A = 1,414 * h * d = 1,414 * h * 82 \Rightarrow \boxed{A = 115,948 * h \text{ mm}^2}$$

Sustituyendo en la ecuación 4.10, se tiene:

$$\sigma_{com} = \frac{R}{A} = \frac{1639N}{115,948 * h \text{ mm}^2} = \frac{14,14}{h} \text{ MPa}$$

El momento M produce un esfuerzo normal por flexión  $\sigma$  en las juntas, se analiza en las uniones soldadas suponiendo que tal esfuerzo actúa en forma perpendicular al área de la garganta, considerando como líneas de las juntas la figura 4.15 y su momento polar de inercia unitario es el siguiente:

$$I_u = \frac{d^2}{6} (3b + d) = \frac{180^2}{6} (3 * 82 + 180) = 2.268.000 \text{ mm}^3$$



**Figura 4.15.** Forma de Unión de Soldadura de filete.

Entonces, el segundo momento de área basado en la garganta de la junta es:

$$I = 0,707 * h * I_u = 0,707 * h * 2.268.000 \text{ mm}^3 = 1.603.476 * h \text{ mm}^4$$

El esfuerzo normal se halla con la ecuación 4.12:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{6.166.448,28 \text{ N} \cdot \text{mm} * 41 \text{ mm}}{1.603.476 * h \text{ mm}^4} = \frac{157,67}{h} \text{ MPa} \quad (4.12)$$

Para determinar la altura del cordón se debe tener presente ambos esfuerzos, por lo que se aplica la **teoría de Von - Mises** nuevamente para estimar el esfuerzo total en la soldadura:

$$\sigma_{max} = \sqrt{\sigma_{Eq}^2 + 3 * \tau_{Eq}^2} \quad (4.13)$$

Donde;

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo máximo Von Mises - Hencky

$\sigma_{Eq}$ : Esfuerzo normal equivalente

$\tau_{Eq}$ : Esfuerzo de corte equivalente

$$\sigma_{max} = \sqrt{(0)^2 + 3 * \left(\frac{171,81}{h}\right)^2} = \frac{297,6}{h} \text{ MPa}$$

Según el código AISC/AWS los esfuerzos permitidos para metal de soldadura de filete o de tope en función del esfuerzo último del electrodo  $S_y$ , para distintos tipos de carga, vienen dados en la siguiente tabla:

**Tabla 4.6** Propiedades del Acero Común.

<b>Tipo de Carga</b>	<b>Tipo de Junta</b>	<b><math>S_{yp}</math> Esfuerzo Permisible</b>	<b><math>n^*</math></b>
Tensión	A Tope	$0.60 S_y$	1.67
Aplastamiento	A Tope	$0.90 S_y$	1.11
Flexión	A Tope	$0.60 - 0.66 S_y$	1.52 – 1.67
Compresión simple	A Tope	$0.60 S_y$	1.67
Cortante	A Tope o de Filete	$0.40 S_y$	1.44

**Fuente:** “Diseño en Ingeniería Mecánica”, Shigley, J. y Mischke R.

Se toma el menor esfuerzo permisible de ambos casos (flexión y compresión simple) para asegurar que la soldadura no falle, previniendo así el peor de los casos.

$$S_{yp} = 0,6 * S_y$$

En la tabla 4.7 se muestran los valores de **Resistencia a la Tensión** ( $S_y$ ) y los valores calculados del **Esfuerzo Cortante Permisible** ( $S_{yp}$ ) de los electrodos para soldar acero común.

**Tabla 4.7** Esfuerzos permitidos por el reglamento AISC para metal de soldadura.

<b>Número de Electrodo</b>	$S_y$ Resistencia a Tensión (MPa)	$S_{yp}$ Esfuerzo Cortante (MPa)
<b>E60XX</b>	427	256,2
<b>E70XX</b>	482	289,2
<b>E80XX</b>	551	330,6
<b>E90XX</b>	620	372,0
<b>E100XX</b>	689	413,2
<b>E120XX</b>	827	469,2

Determinando el valor del espesor mínimo adecuado de la garganta de soldadura con la ecuación del factor de seguridad:

$$N = \frac{S_{yp}}{\sigma_{\max}} = \frac{256,2 \text{ MPa}}{\frac{297,6}{h} \text{ Mpa}}; \quad N = 3 \quad \Rightarrow \quad \boxed{h = 3,48 \text{ mm}}$$

La altura de este cordón de soldadura es posible realizarlo con facilidad y además asegura que la unión trabaje bajo condiciones seguras, siendo un valor pequeño, comparado con el espesor mínimo para una soldadura de arco eléctrico es de 5mm.

#### 4.4 Diseño de unión del trolley con el cilindro

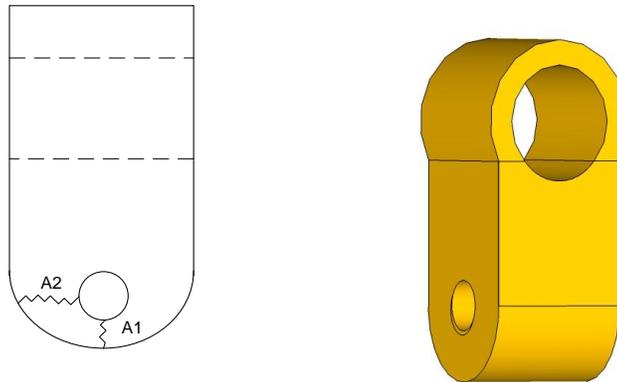
El estudio de la resistencia de la pieza se hará a corte por el área 1 ( $A_1$ ) y a tracción por área 2 ( $A_2$ ), indicados en la figura 4.16.

$$\begin{aligned} \text{A tracción: } \sigma &= \frac{F}{A} \\ \text{A corte: } \tau &= \frac{F}{A} \end{aligned} \quad (4.14)$$

Siendo,

$F$  = Fuerza aplicada (N)

$A$  = Área transversal a la fuerza aplicada (mm)



**Figura 4.16** Pieza de unión del trolley con el cilindro.

Como  $A_2 = 2 A_1$  el estudio se hará a corte por ser más crítico.

##### 4.4.1 Cálculo de Fuerza

$$F = P_{Estructura} + P_{lamina} = 210 \text{ Kg} = 210 * 9,810 = 2.060,1 \text{ N}$$

De igual manera, la fuerza se calcula con la condición más crítica, con el peso de la lámina más pesada y el peso total de toda la estructura.

#### 4.4.2 Cálculo de área

$$A = 10\text{mm} * 60\text{mm} = 600\text{mm}^2$$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2.060,1\text{ N}}{600\text{ mm}^2} = 3,43\text{ MPa}$$

Como se sabe que,

$$\tau_y = 0,577 * S_y = 0,577 * 344,7\text{ MPa} \Rightarrow \boxed{\tau_y = 196,48\text{MPa}}$$

$$\tau_{\text{calculado}} > \tau_y$$

Comparando el esfuerzo de corte calculado con el esfuerzo de corte último del acero se puede afirmar que la pieza no falla.

# CAPÍTULO 5

## *Diseño de alimentación automática y proceso de corte; ingeniería de detalles y análisis de costos del diseño*

---

---

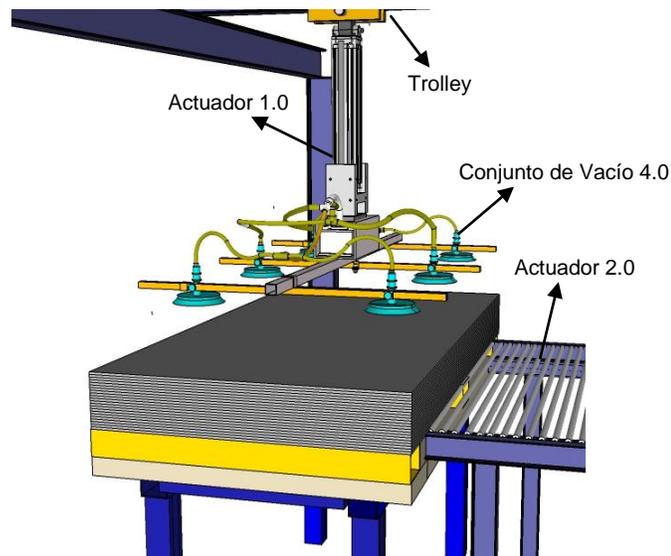
### **5.1 Sistema automatizado**

#### **5.1.1 Descripción del proceso de automatización**

La automatización consistirá de un sistema de vacío 4.0 conformado por seis (6) ventosas, el generador de vacío y sus respectivos accesorios, que se utilizará para levantar la lámina y mantenerla suspendida durante el recorrido; un cilindro 1.0 que con la extensión y la retracción de su vástago estará encargado de subir y bajar la estructura donde estará el sistema de vacío junto con la lámina (o sin ella en el caso del retorno), un carro de desplazamiento o trolley, que es el encargado de trasladar el conjunto, compuesto por el sistema de vacío, la estructura donde estará distribuido éste y el cilindro pistón encargado del movimiento vertical; por último se ubicarán dos (2) cilindros empujadores 2.0 y 3.0 que se encargarán de llevar la lámina hasta el tope de la máquina cortadora, una vez que el sistema de vacío haya soltado ésta.

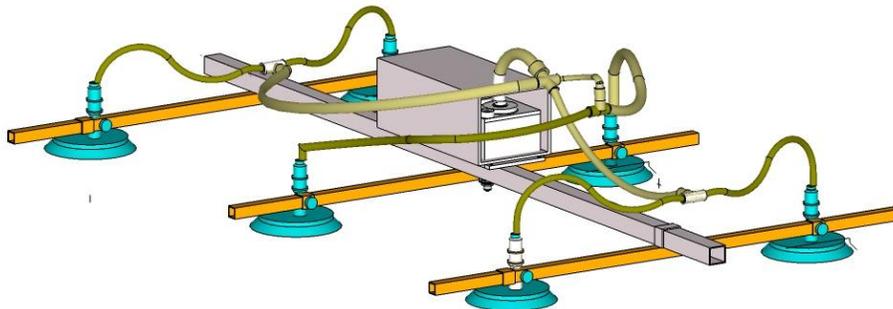
A continuación, se muestran las condiciones a cumplir del sistema automatizado:

- El sistema automatizado inicia con la disposición de las laminas sobre el mesón, la presencia del trolley en posición de salida y la retracción del actuador 1.0; dando así la orden para que el cilindro 1.0 extienda su vástago.



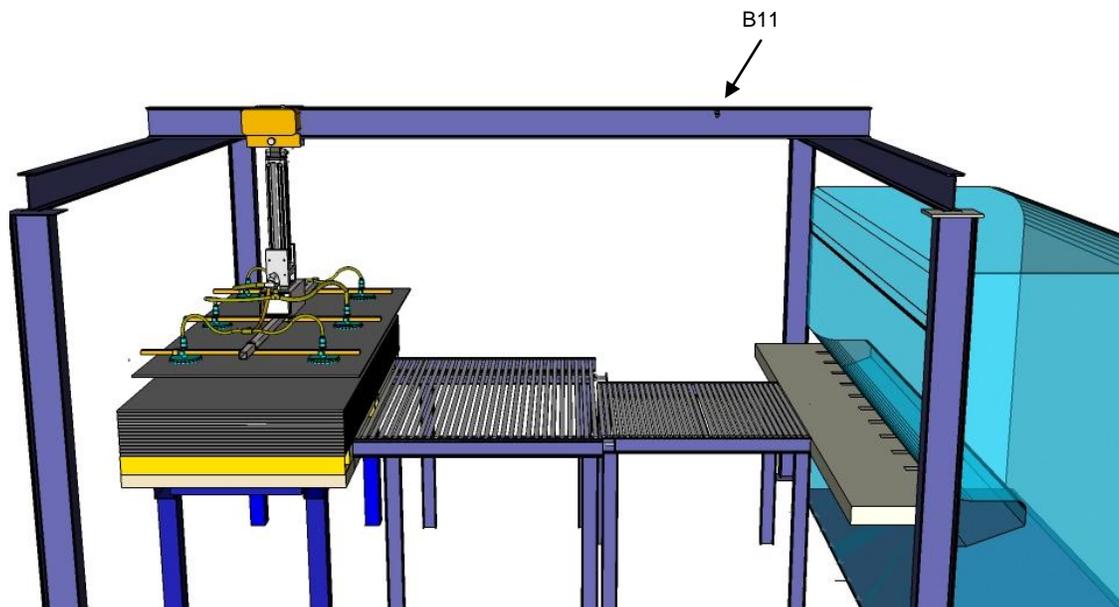
**Figura 5.1** Láminas apiladas sobre mesón con sistema de vacío.

- La estructura donde está distribuido el sistema de vacío 4.0 cuenta con un sensor encargado de detectar la presencia de las láminas al momento en el que el actuador 1.0 llegue a donde se encuentran apiladas las láminas.



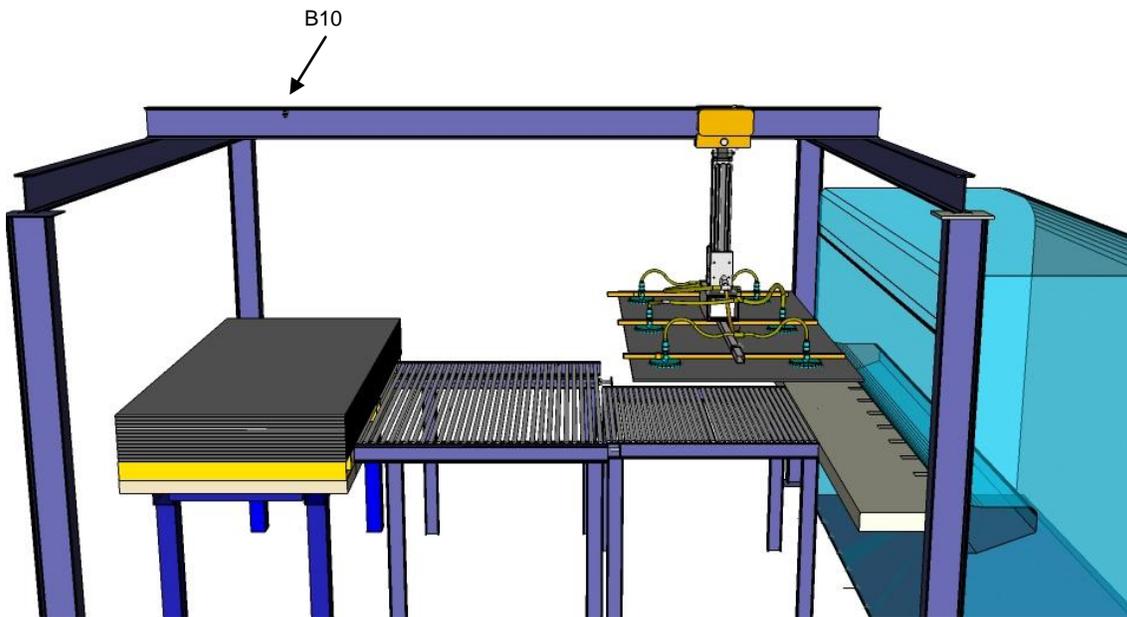
**Figura 5.2** Detalle del sistema de vacío.

- Al tener contacto con las laminas se genera la señal para que el vástago se detenga y al mismo tiempo manda a activar el generador de vacío 4.1 y mande la señal para que el dicho sistema se accione y succionen la lámina.
- El vacuostato integrado en el generador manda una señal para que el cilindro 1.0 se retraiga. Su retracción completa activa el trolley para que comience su desplazamiento horizontal y llegar al final del recorrido que marcado por un sensor.



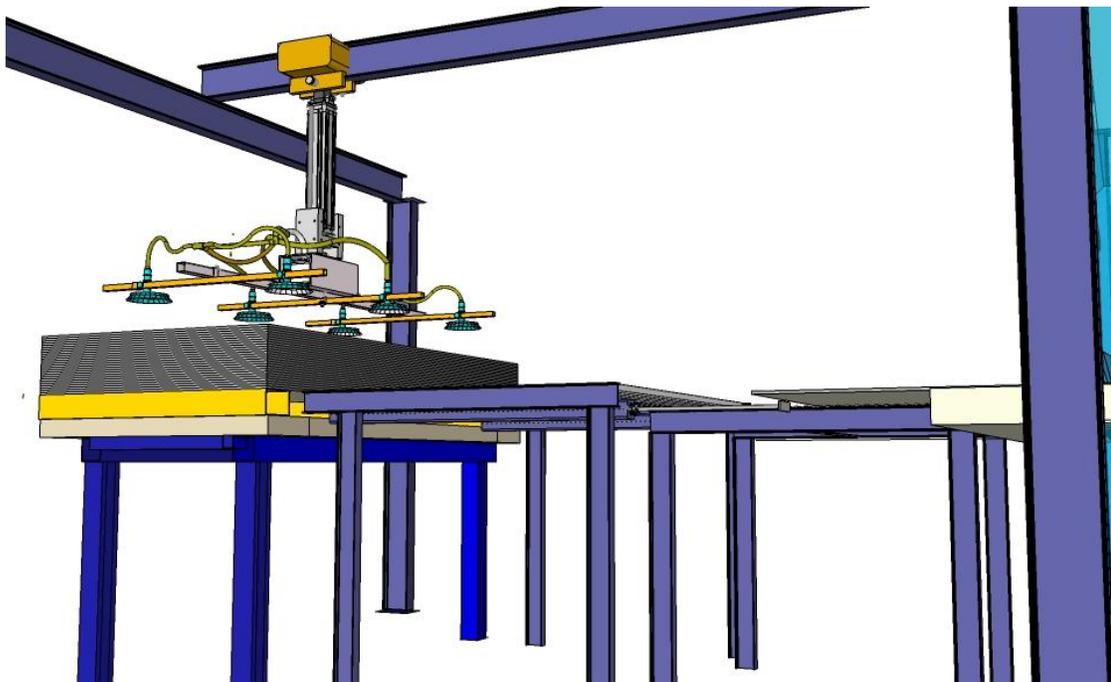
**Figura 5.3** Sistema de alimentación en posición de salida con indicador de elementos.

- Al detenerse el trolley se ordena la extensión del actuador 1.0, que al llegar al final de carrera genera la señal para que el sistema generador de vacío se desactive, logrando que la lámina caiga sobre la mesa.



**Figura 5.4** Sistema de alimentación en posición de llegada.

- La presencia de la lámina sobre el mesón junto con la posición de retracción de los actuadores 2.0 y 3.0, mandan la señal para que dichos actuadores se extiendan, empujando así la lámina hasta llegar al tope interno de la máquina. Al caer la lámina sobre el mesón se genera una señal para que el trolley regrese y se coloque en su posición inicial.



**Figura 5.5** Trolley en posición inicial (retraído sin lámina), lámina sobre mesón de rodillos y vástagos de cilindros empujadores en contacto con la lámina.

- El tope de la máquina cuenta con un sensor, que al detectar la presencia de la lámina, manda la señal para que se detengan la extensión de los cilindros 2.0 y 3.0, y a su vez accionan la máquina para que realice el corte deseado.
- Una vez logrado el corte de la lámina se pierde la señal del sensor, permitiendo que los actuadores 2.0 y 3.0 continúe su extensión, de manera que si la lámina requiere de otro corte, ésta será nuevamente trasladada hasta el tope accionando el sensor indicando la presencia de la lámina y éste el corte de la misma; el ciclo se cerrará en el momento en que los cilindros 2.0 y 3.0 extiendan sus vástagos completamente, mandando simultáneamente la señal para que se retraigan los actuadores 2.0 y 3.0.

### 5.1.2 Diagrama de potencias del sistema diseñado.

En la figura 5.6 se muestra el diagrama de potencias del sistema de alimentación y corte de las láminas de acero y de sus componentes, los cuales se describen a continuación:

- **Actuador 1.0:** Cilindro de doble efecto encargado de sujetar el sistema de vacío, comandando así la extensión para tomar la lamina, la retracción para que el trolley realice el desplazamiento, el cual al llegar a su final manda una señal para que el vástago se extienda nuevamente y suelte la lámina en la entrada de la guillotina.
- **Actuadores 2.0 y 3.0:** Cilindros de doble efecto cuya función es empujar la lamina contra el tope interno de la maquina (que indica el ancho del corte), hasta lograr los cortes de tiras necesarios por lamina.
- **Conjunto de vacío 4.0:** Grupo de ventosas encargado de sujetar la lamina de acero, dicho grupo será gobernado por un generador de vacío electroneumático con vacuostato integrado, identificado como 4.1.
- **Electrovalvulas:** Se cuenta con tres (3) electroválvulas 5/3 vías, encargadas de la extensión y retracción de los vástagos de los cilindros.
- **Sensores:** Seis (6) sensores magnéticos colocados sobre los actuadores para detectar posición inicial y final de carrera.
- **Válvulas reguladoras de caudal:** Cuatro (4) válvulas reguladores que permitirán modificar la velocidad de extensión y retracción de los actuadores.
- **Unidad de mantenimiento.** Representa una combinación de filtro de aire comprimido, regulador de presión y lubricador de aire comprimido.

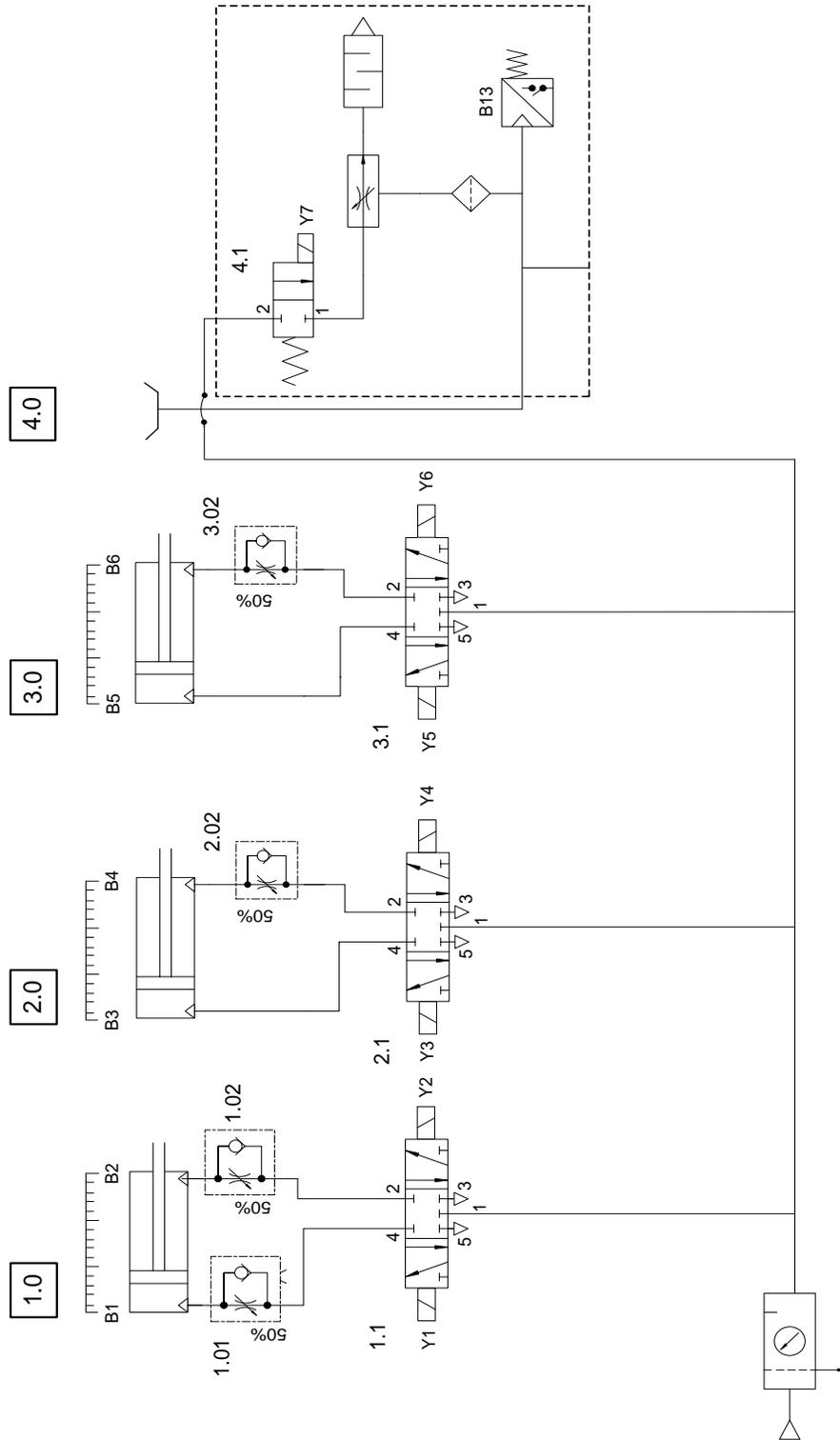
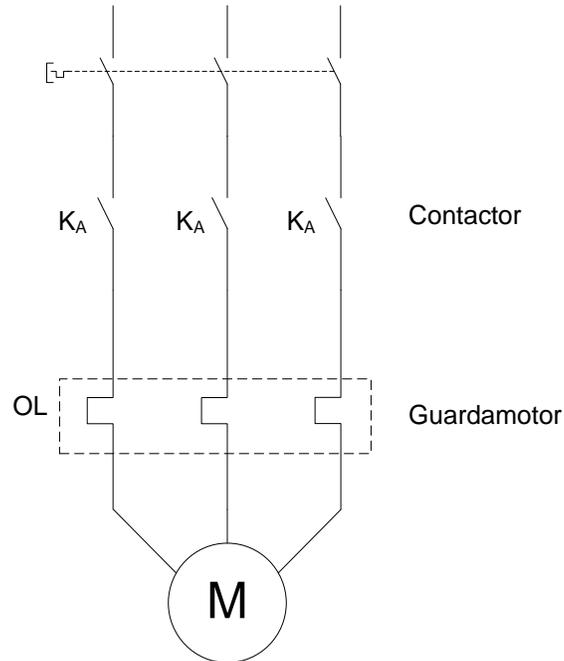


Figura 5.6 Diagrama de Potencia.

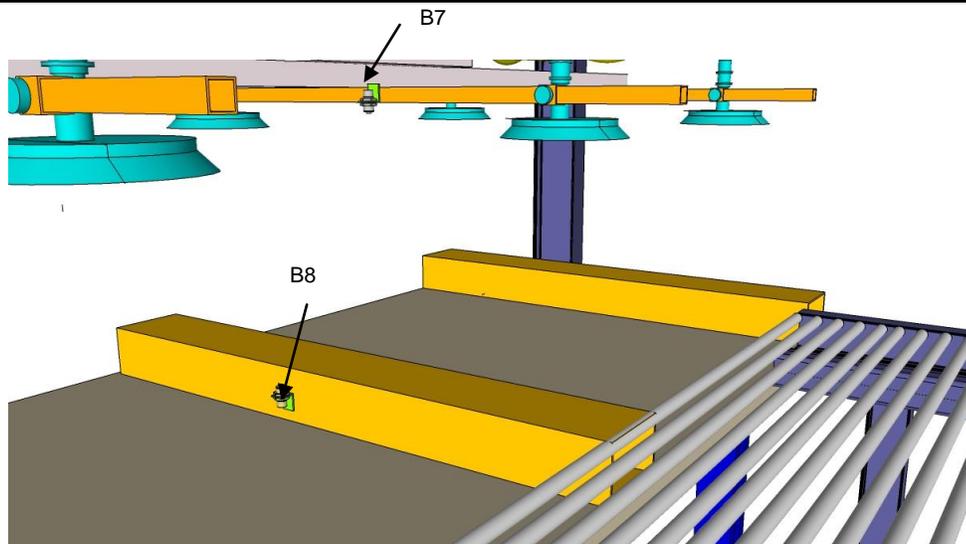
El sistema de igual manera cuenta con la presencia de un motor trifásico con sus respectivos contactores de protección, encargado de desplazar el sistema compuesto por: soporte de ventosas, conjunto de vacío, actuador 1.0 y la lámina.



**Figura 5.7** Diagrama de motores.

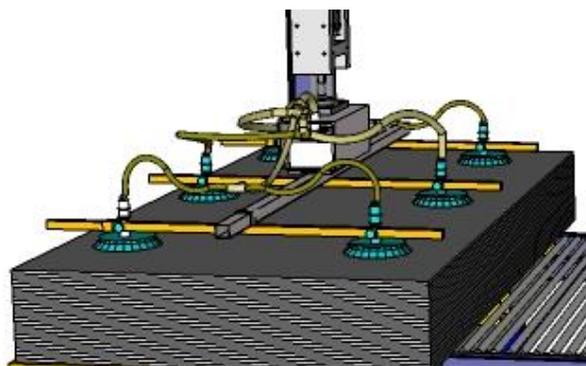
### 5.1.3 Descripción de las etapas del sistema automatizado

- i. El proceso inicia con la ubicación de las láminas por parte del montacargas sobre el mesón. La presencia de láminas será detectada por un sensor inductivo B8 (I11) colocado en el mesón (ver figura 5.8). Una vez posicionadas las láminas el operador procederá a oprimir el pulsador S1 (I01), dando inicio al sistema de alimentación y corte de láminas.



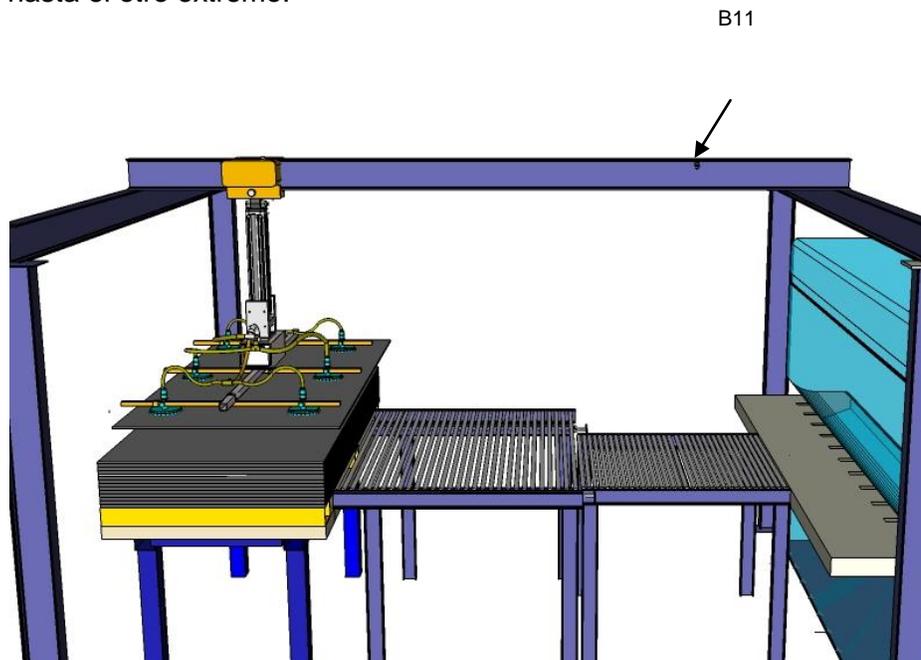
**Figura 5.8**

- ii. El sensor B8 (I11) junto con la condición de vástago retraído del actuador 1.0 sensada por B1 (I04); energizaran la bobina Y1 (Q01) para que la electroválvula 1.1 conmute y logre que el cilindro 1.0 se extienda.
- iii. La estructura de soporte del sistema de vacío cuenta con un sensor B7 (I10) (ver figura 5.8), encargado de detectar el momento en que el conjunto de ventosas 4.0, desplazado verticalmente por el actuador 1.0, tenga contacto con la lamina (ver figura 5.9). Dicha señal energiza la bobina Y7 (Q7) haciendo que la electroválvula 4.1 conmute y accione el generador de vacío.



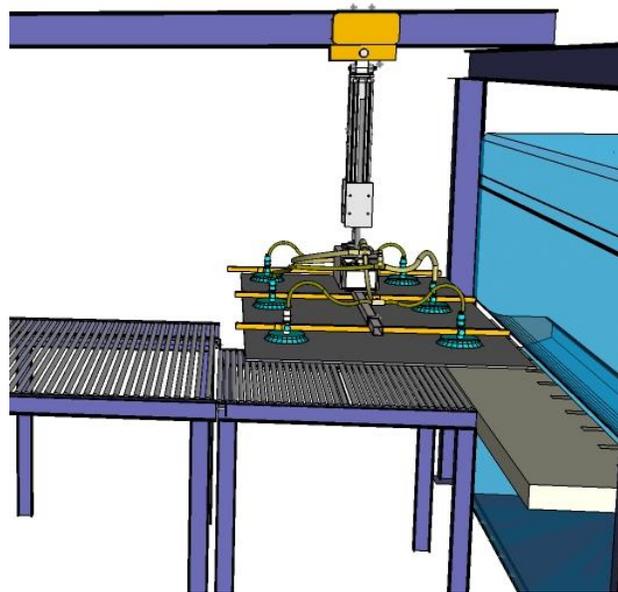
**Figura 5.9** Momento en que el sistema está en contacto con las laminas

- iv. El vacuostato B13 (I16) integrado en el generador, indica el agarre total de la lamina, energizando el selenoide Y2 (Q02) para que la electroválvula 1.1 conmute y logre la retracción del vástago del actuador 1.0 (ver figura 5.10).
- v. La retracción del cilindro 1.0 es sensada por B1 (I04) que junto B7 (I10), mandan la señal al controlador (Q08), quien hace conmutar su contacto asociado para que arranque el motor del trolley y este desplace el sistema hasta el otro extremo.



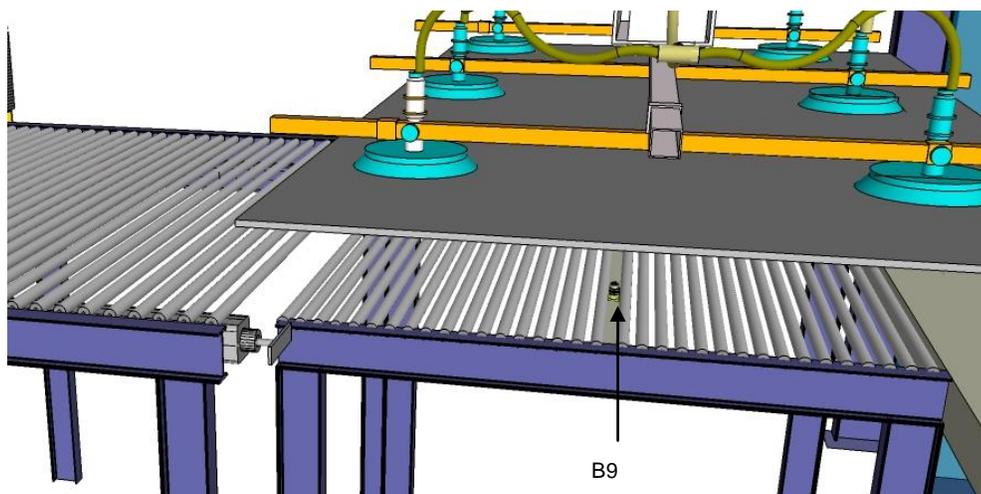
**Figura 5.10** Vástago retraído con lamina y detalle del sensor B11 (que marca el final del desplazamiento de la estructura).

- vi. El final del recorrido del trolley es marcado por el sensor inductivo B11 (I14) (ver figura 5.10), que al ser accionado, corta la señal de avance del motor.
- vii. El sensor B11 (I14) junto con la posición de vástago retraído de los actuadores 2.0 y 3.0 sensada por B3 (I06) y B5 (I08) respectivamente, mandan la señal al selenoide Y1 (Q01) para que la electroválvula 1.1 conmute y el actuador 1.0 extienda su vástago nuevamente, pero ésta vez para que el conjunto de ventosas 4.0 suelte la lámina (ver figura 5.11).



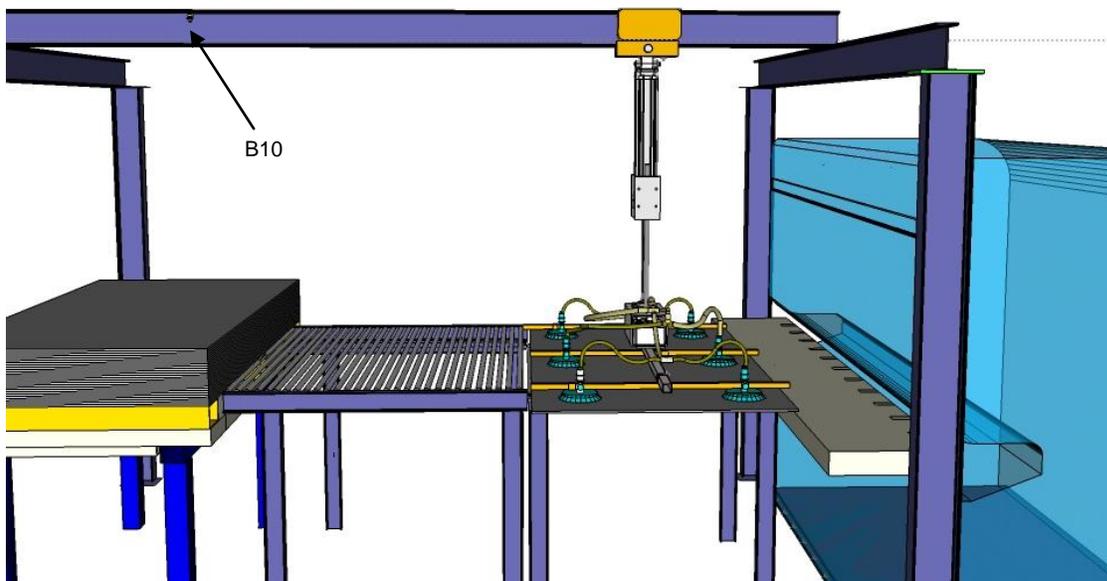
**Figura 5.11** Detalle del trolley llegando al final del recorrido con vástago retraído.

- viii. La extensión completa del vástago del cilindro 1.0 es sensada por B2 (I05), mandando una señal para que la electroválvula 4.1 que comanda el generador de vacío, conmute y deje de generar dicho vacío, logrando así soltar la lámina.
- ix. El vacuostato B13 (I16) manda la señal a la bobina Y2 (Q02) para que el vástago del cilindro 1.0 se retraiga.



**Figura 5.12** Detalle de las ventosas sosteniendo la lamina, y mesa de rodillos con sensor B9.

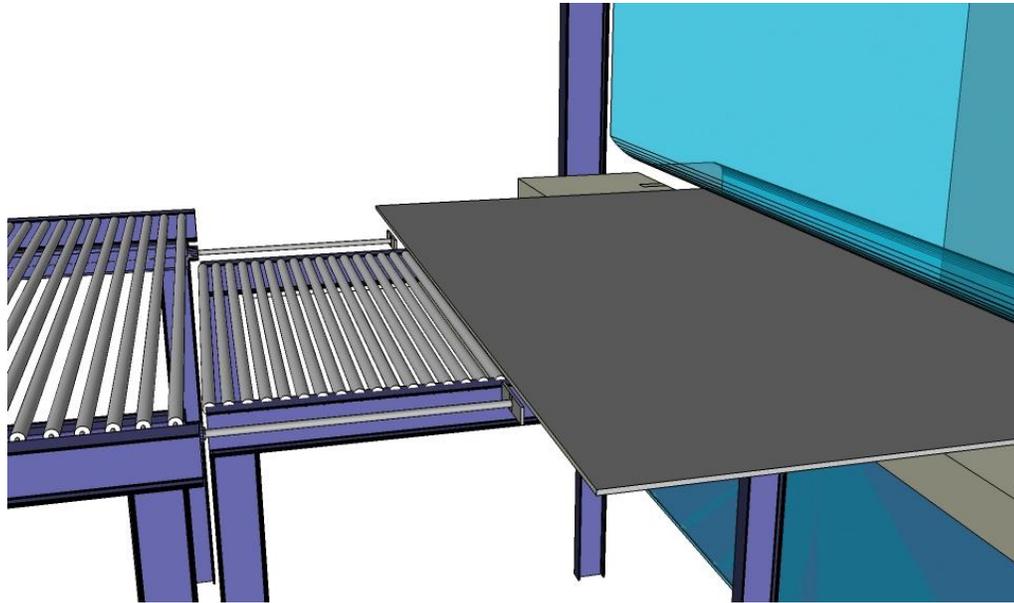
- x. La retracción del actuador 1.0 sensada por B1 (I04), mas la presencia de la lamina sobre la mesa de rodillos sensada por B9 (I12) (ver figura 5.12), y la posición retraída de los actuadores 2.0 y 3.0 sensada por B3 (I06) y B5 (I08) respectivamente; energizan los selenoides Y3 (Q03) y Y5 (Q05) haciendo conmutar las electroválvula 2.1 y 3.1 logrando que los cilindros anteriormente nombrados, comiencen la extensión de sus vástago. En el mismo momento la retracción completa del actuador 1.0 sensada por B1 (I04) (ver figura 5.13), junto con la señal de B9 (I12), mandan la señal al controlador (Q10), permitiendo el retorno del trolley a su posición inicial.



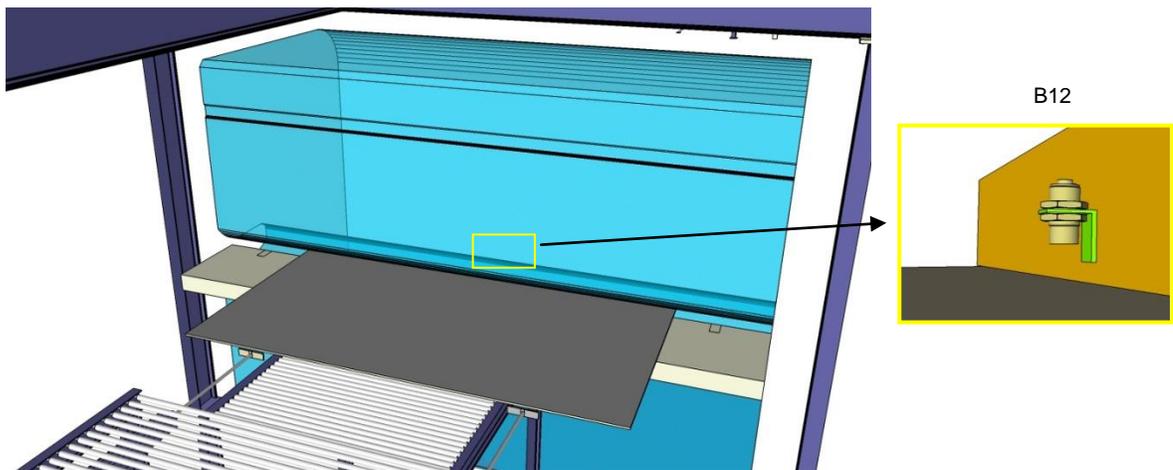
**Figura 5.13** Lamina sobre el mesón con vástago del cilindro 1.0 extendido, con detalle del sensor B10.

- xi. La función de los actuadores (2.0 y 3.0), es ir empujando la lámina contra el tope interno de la máquina (ver figura 5.14), disponiéndola para que se realice el corte. El sensor B12 (I15) (ver figura 5.15) es el encargado de indicar que la lamina llegó al tope, al ocurrir esto, se manda una señal para que las electroválvulas 2.1 y 3.1 se coloquen en su posición central logrando la

detención de los cilindro 2.0 y 3.0, mandando la señal al controlador (Q10) para accionar el corte de la lámina.

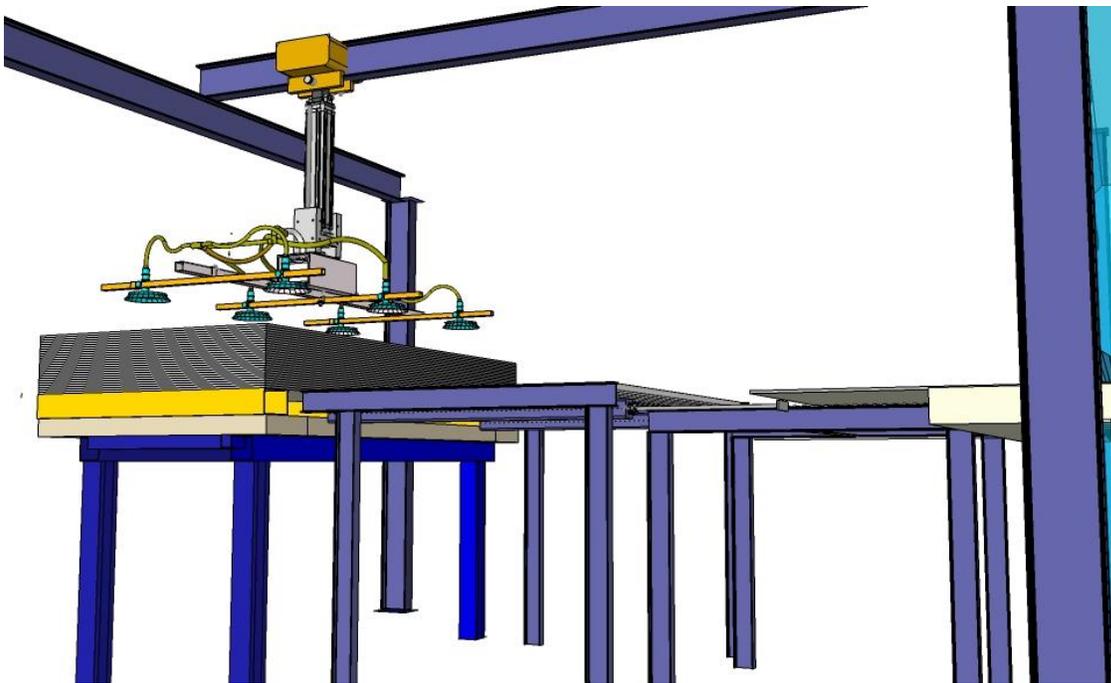


**Figura 5.14** Imagen de los cilindros extendidos y lámina en contacto con el tope.



**Figura 5.15** Detalle del sensor interno B12 que está en el tope, accionado por la presencia de la lámina.

- xii. Una vez terminado el corte, la tira cortada desliza por una rampa que forma parte de la maquina. Le señal del sensor B12 (I15) se pierde por ser inductivo, energizando las bobinas Y3 (Q03) y Y5 (Q05), haciendo conmutar las electroválvulas 2.1 y 3.1, para que actuadores 2.0 y 3.0 sigan extendiendo su vástago para empujar la lamina y realizar un nuevo corte.
- xiii. El ciclo continua hasta que los cilindros tengan sus vástagos completamente extendidos y sea detectado por los sensores de final de carrera B4 (I07) y B6 (I09) (ver figura 5.16), energizando los selenoides Y4 (Q04) y Y6 (Q06), permitiendo conmutar las electroválvulas 2.1 y 3.1 y con ello la retracción de los cilindros 2.0 y 3.0 respectivamente.



**Figura 5.16** Vástagos de 2.0 y 3.0 extendiéndose y el trolley dispuesto para buscar una nueva lámina.

- xiv. La retracción de los actuadores 2.0 y 3.0 es sensada por B3 (I06) y B5 (I08), dando la orden para que el actuador 1.0 extienda su vástago nuevamente, disponiendo una nueva lamina para el corte.

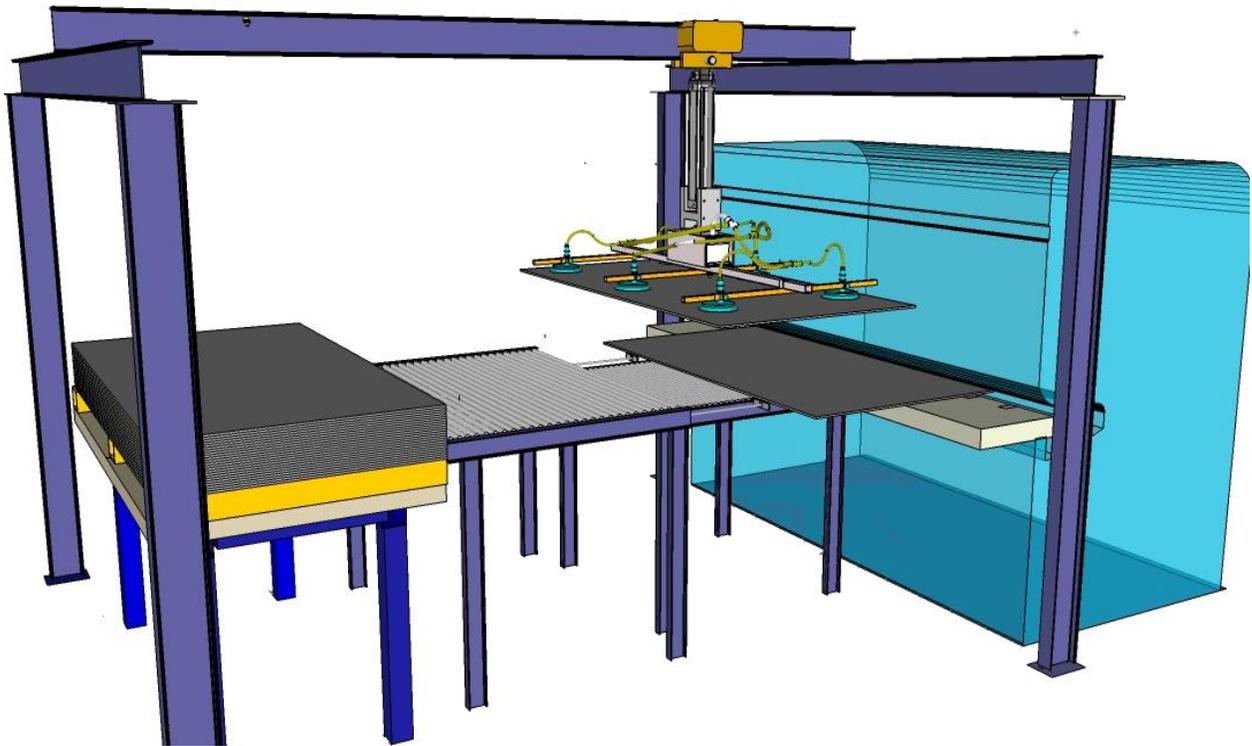


Figura 5.17 Trolley dispuesto a dejar la nueva lámina.

#### 5.1.4 Selección del sistema de control

Para el diseño del sistema de control se escogió trabajar con un autómata programable (PLC), el cual es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria en sistemas de control secuencial, aumentando la confiabilidad de los equipos.

### **5.1.5 Esquema de control**

En la figura 5.18 se muestra el esquema de conexión del PLC del sistema automatizado de la alimentación y corte de la máquina cortadora de láminas de acero; mostrando con detalle las entradas (I) y las salidas (Q).

### **5.1.6 Programación del PLC**

Éste lenguaje de programación permite representar gráficamente el circuito de control de un proceso dado mediante el uso simbólico de contactos N.A. y N.C., temporizadores, contadores, registrados de desplazamiento, relés, etc. El programa es realizado y almacenado en la memoria del PLC y éste lee el programa en escalera de forma secuencial (hace un scan o barrido), siguiendo el orden en que los renglones (escalones de la escalera) fueron escritos, comenzando por el reglón superior y terminando con el inferior. **Figura 5.19.**

### **5.1.7 Listado de señales de entradas y salidas del sistema.**

A continuación se muestra las listas de entradas (I), tabla 1; y salidas (Q), tabla 2; del sistema de control. Detallando por separado cada elemento, su función dentro del sistema, el símbolo con el que se identifican en el esquema de control y la dirección que tiene en la programación del PLC (diagrama en escalera).

**Tabla 5.1** Listas de las entradas del sistema de control

<b>Elemento</b>	<b>Función</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Dirección</b>
Pulsador	Arranque del sistema	S1	I01
Pulsador	Parada del sistema	S2	I02
Pulsador	Parada de emergencia	S3	I03
Sensor magnético	Detecta retracción del actuador 1.0	B1	I04
Sensor magnético	Detecta extensión del actuador 1.0	B2	I05
Sensor magnético	Detecta retracción del actuador 2.0	B3	I06
Sensor magnético	Detecta extensión del actuador 2.0	B4	I07
Sensor magnético	Detecta retracción del actuador 3.0	B5	I08
Sensor magnético	Detecta extensión del actuador 3.0	B6	I09
Sensor inductivo	Detecta presencia de lamina en sistema de vacío	B7	I10
Sensor inductivo	Detecta presencia de lamina sobre mesón de apilamiento	B8	I11
Sensor inductivo	Detecta presencia de lamina sobre mesa de rodillos	B9	I12
Sensor inductivo	Detecta posición de arranque del trolley	B10	I13
Sensor inductivo	Detecta posición de retorno del trolley	B11	I14
Sensor inductivo	Detecta lamina en contacto con el tope de la guillotina	B12	I15
Vacuostato	Detectar agarre de lamina	B13	I16

**Tabla 5.2** Listas de las salidas del sistema de control

<b>Elemento</b>	<b>Función</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Dirección</b>
Electroválvula	Extensión del cilindro 1.0	Y1	Q01
Electroválvula	Retracción del cilindro 1.0	Y2	Q02
Electroválvula	Extensión del cilindro 2.0	Y3	Q03
Electroválvula	Retracción del cilindro 2.0	Y4	Q04
Electroválvula	Extensión del cilindro 3.0	Y5	Q05
Electroválvula	Retracción del cilindro 3.0	Y6	Q06
Electroválvula	Arranque del generador de vacío	Y7	Q07
Contactador	Avance del Trolley	K1	Q08
Contactador	Retorno del Trolley	K2	Q09
Contactador	Corte de la máquina	K3	Q10

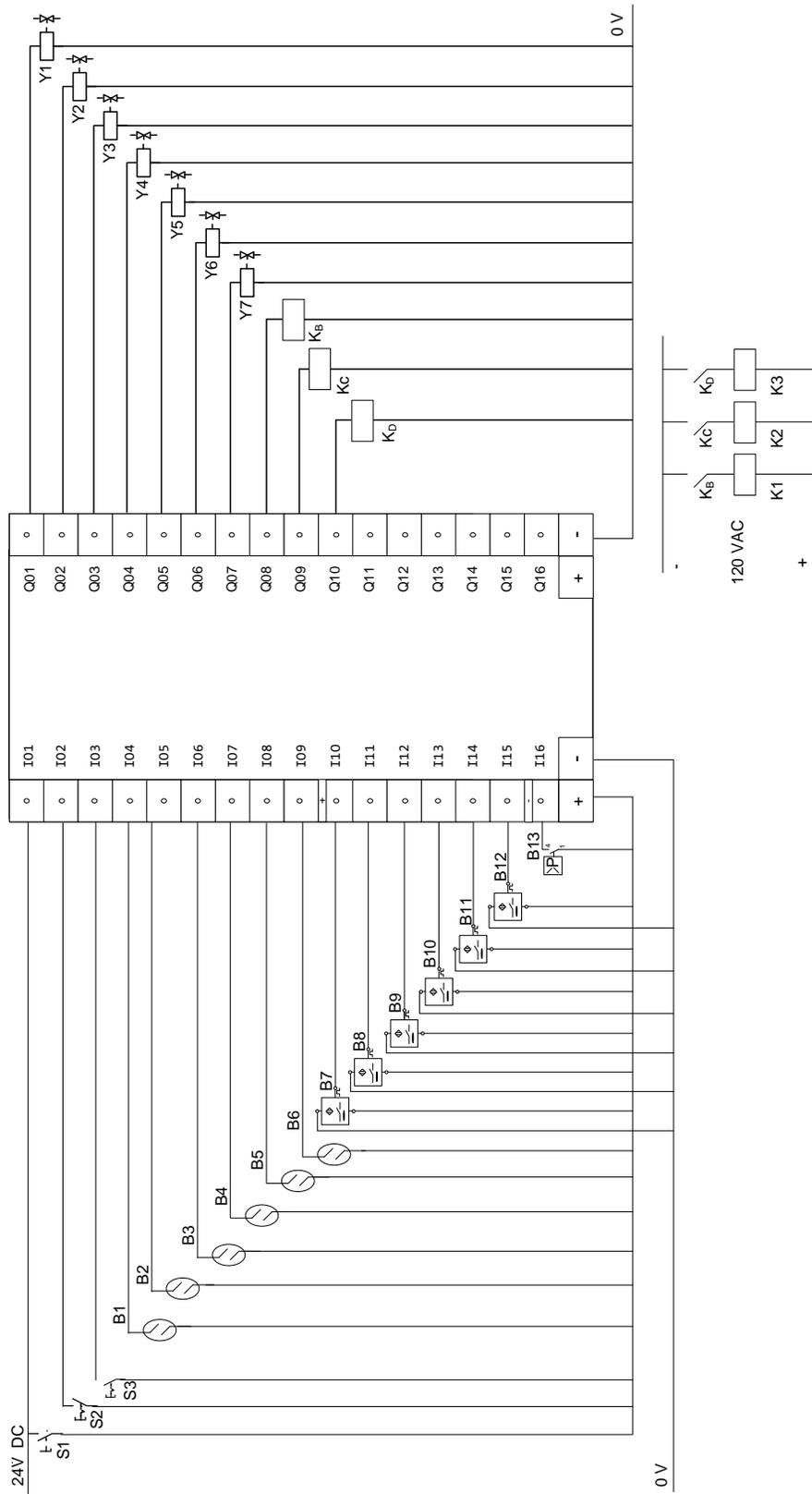
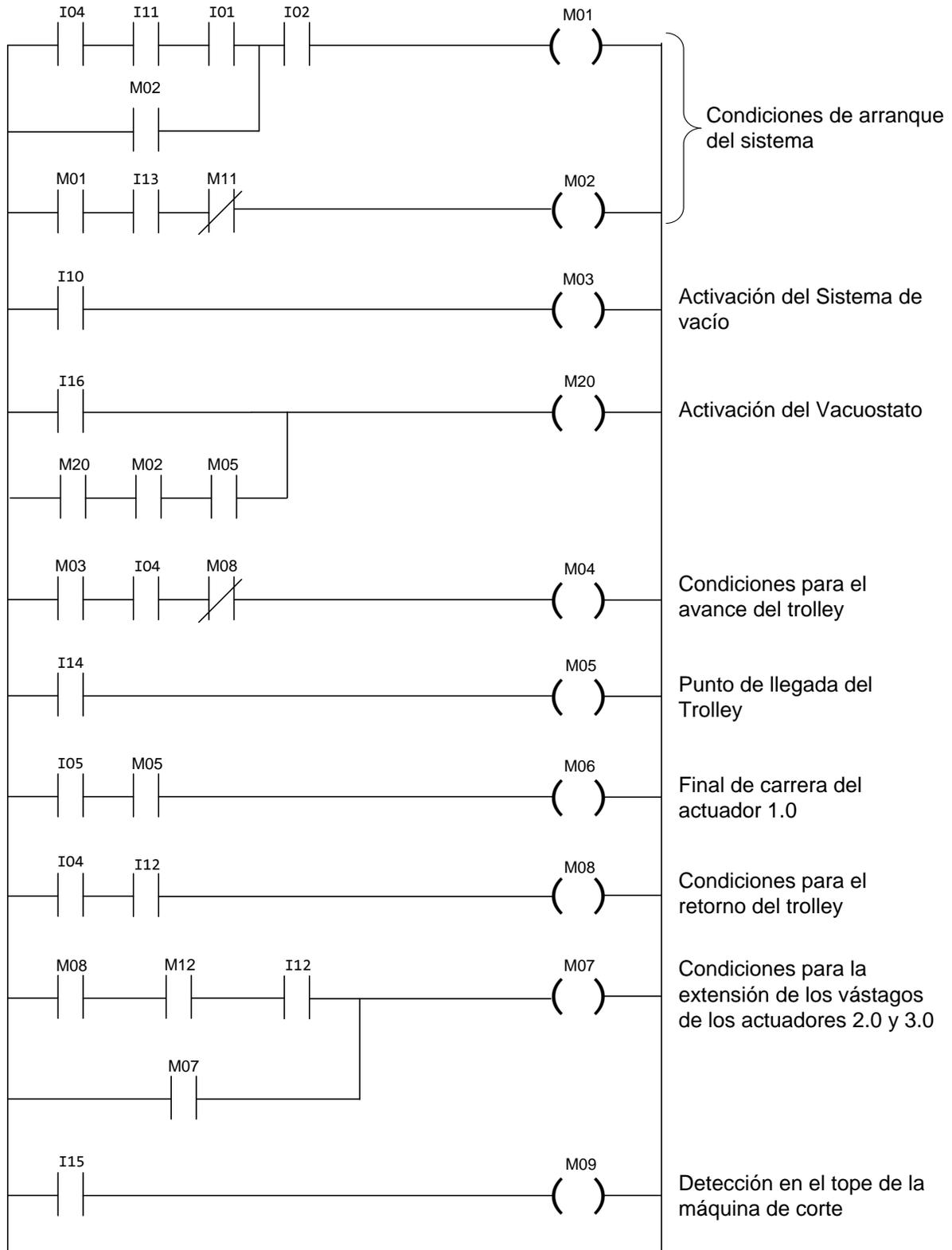
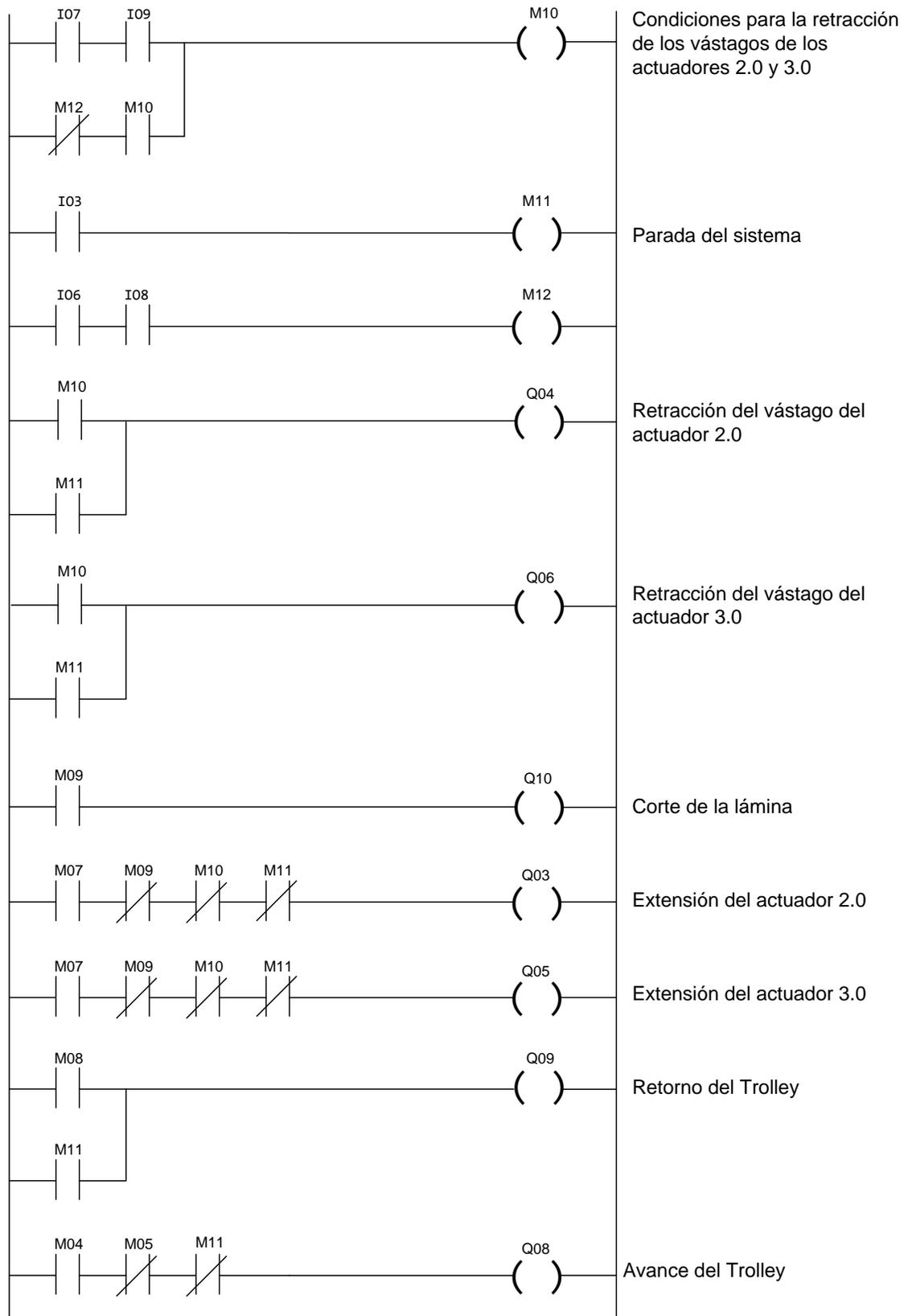


Figura 5.18 Diagrama de conexión del PLC.





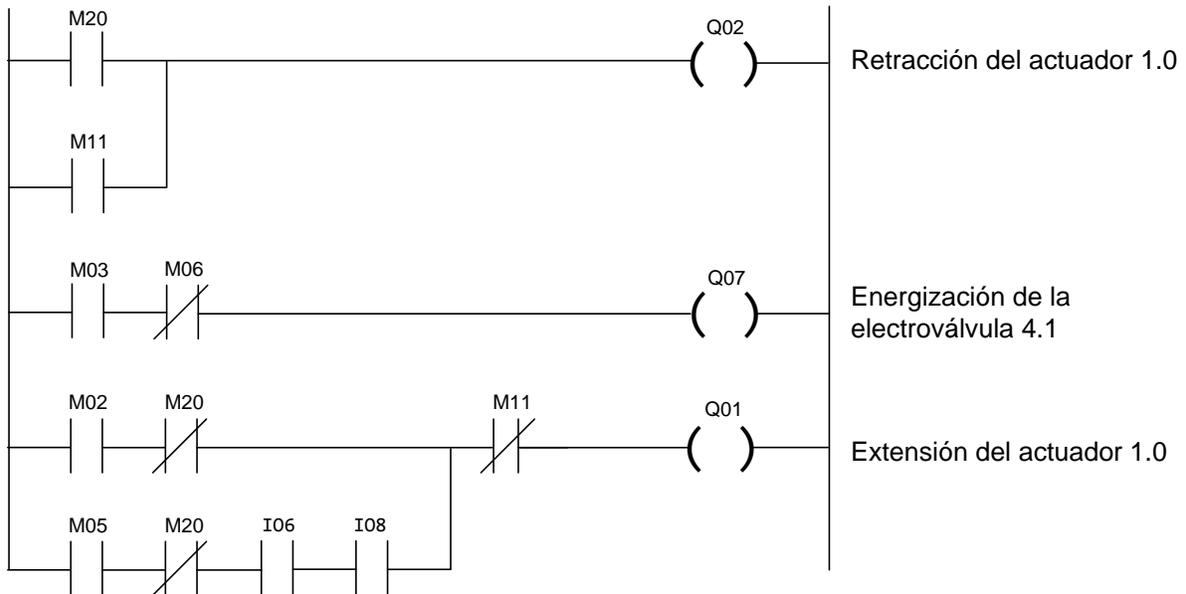


Figura 5.19 Diagrama de escaleras.

## 5.2 Ingeniería de detalles

Los componentes o equipos del sistema automatizado fueron seleccionados en el mercado nacional, por medio de proveedores locales; sus respectivas hojas de especificaciones técnicas se encuentran en el anexo 3. Cada elemento fue seleccionado de acuerdo a su aplicación, condiciones de trabajo, tomando en cuenta los parámetros de diseño de forma que se ajusten a los requerimientos; tal y como se describió en la sección anterior. De manera de resumen y para mejor entendimiento en la **tabla 5.6** se presenta un listado de los equipos y materiales que se necesitan para la implementación del diseño. Además, se puede observar la ubicación de estos elementos en los planos adjuntos que se encuentran el anexo 5.

## 5.2.1 Selección de los componentes del Sistema Automatizado

### Conjunto de generación de vacío

Para poder dimensionar correctamente un manipulador de ventosas, primero es necesario conocer y evaluar las características de la carga que debe ser sujeta:

- Tipo de carga
- Dimensiones y forma
- Masa
- Rugosidad e irregularidades de la superficie de agarre
- Permeabilidad

En este caso, se realiza la selección con la lámina más pesada, siendo ésta la condición crítica y de esta manera se asegura la elevación de todas las láminas. En la **tabla 5.3**, se muestran las características de la lámina:

**Tabla 5.3 Características de la lámina de acero más pesada.**

Características	Magnitud
Largo (mm)	1860
Ancho (mm)	1175
Espesor (mm)	7,50
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	7,80
Peso (Kg)	126,647

El proceso de selección del conjunto de aspiración se realizó mediante una serie de pasos que son explicados a continuación:

## Cálculo de Fuerzas de Elevación

Se calcula determinando su dirección y la posición de las ventosas respecto a la carga, sin olvidarse de las fuerzas de aceleración o desaceleración que actúan sobre la carga en movimiento y el rozamiento entre las ventosas y la superficie de agarre.

Para traslado de la lámina se realiza movimientos tanto vertical como horizontal, por esta razón se calcula las fuerzas para ambos casos.

- **Fuerza vertical**

Las ventosas se apoyan horizontalmente sobre la carga que se desea elevar. En este caso, la fuerza que se necesita para que las ventosas muevan nuestra lámina de acero se calcula con la siguiente fórmula:

$$F = m \times (g + a) \times \eta \quad (5.1)$$

En donde:

**F** = Fuerza de las ventosas (N)

**m** = Masa (Kg)

**g** = Fuerza de gravedad terrestre (9,81 m/s<sup>2</sup>)

**a** = Aceleración o desaceleración (5 m/s<sup>2</sup> en este caso)

**η** = Coeficiente de seguridad

Sustituyendo, se obtiene que:

$$F = 126,647 \times (9,81 + 5) \times 1,5$$

$$F = 2.813,46 \text{ N}$$

- **Fuerza horizontal**

Las ventosas se apoyan horizontalmente sobre la carga que se desea mover lateralmente. En este caso, la fuerza que se necesita para que las ventosas muevan lateralmente nuestra lámina de acero se calcula con la siguiente ecuación:

$$F = m \times \left( g + \frac{a}{\mu} \right) \times \eta \quad (5.2)$$

Donde:

**F** = Fuerza de las ventosas (N)

**m** = Masa (Kg)

**g** = Fuerza de gravedad terrestre (9,81 m/s<sup>2</sup>)

**a** = Aceleración o desaceleración (5 m/s<sup>2</sup> para este caso)

**μ** = Coeficiente de rozamiento

= 0,1 para superficies aceitosas

= 0,2 ÷ 0,3 para superficies húmedas

= 0,5 para madera, cristal, metal y mármol

= 0,6 para superficies rugosas

**η** = Coeficiente de seguridad

**Nota:** Estos coeficientes de rozamiento son valores relativos a los materiales de las cargas objeto de manipulación obtenidos del “*Catálogo de Vuototécnica*”.

Introduciendo en la ecuación los valores indicados:

$$F = 126,647 \times \left( 9,81 + \frac{5}{0,5} \right) \times 1,5 = 3.763,32 \text{ N}$$

Comparando ambas fuerzas, se obtiene un valor mayor para el caso de la fuerza horizontal, por ende este es el valor que se utilizó para la selección del sistema.

## **Selección de forma de ventosa**

El tipo de ventosa más apropiada para el trabajo a realizar es la **ventosa estándar**, debido que son las ventosas más empleadas en todos los sectores industriales para la manipulación de objetos de plástico, cajas de cartón, tableros de madera, placas no demasiado gruesas de cristal o metal, etc.

- **Selección del material de ventosas**

La selección del material de la ventosa es realizada por las propiedades, características y condiciones de operación, la que más se ajusta a éstas es la ventosa de **goma benz con soporte vulcanizado**, debido que ésta se encuentra hecha de una mezcla de goma capaz de soportar esfuerzos elevados como tirones, aplastamiento, golpes, etc. Son aptas para el agarre de placas metálicas. Esta ventosa posee su labio rectificad que permite el agarre rápido de la carga que se desea elevar, incluso con una presión de apoyo mínima se consigue una perfecta retención de vacío.

- **Selección de ventosas**

Una vez seleccionado el tipo de ventosa a utilizar y calculada la fuerza se procede seleccionar el diámetro del sistema de vacío conformado por seis ventosas ( $n = 6$ ). La fuerza es repartida equitativamente para cada ventosa, es decir:

---

$$F_{ventosa} = \frac{F}{n} = \frac{3.763,32 \text{ N}}{6} = 627,22 \text{ N}$$

Tomando en cuenta estos parámetros la ventosa más adecuada es: **Ventosa con Soporte Vulcanizado de 200 mm diámetro** (ver anexo 3). Capaz de alzar una fuerza 78,5 Kg cada ventosa, generando una fuerza total de 4.621 N valor mayor al necesitado por sistema a diseñar.

- **Selección del generador de vacío**

El cálculo del caudal de la bomba o del generador de vacío es bastante complejo, pues deben calcularse todos los volúmenes negativos (el aire que debe ser vaciado contenido en las ventosas, en los colectores, tubos, hasta en el generador de vacío o la válvula de corte), estudiar minuciosamente la carga objeto de manipulación (permeabilidad, rugosidad, irregularidades de la superficie de agarre, etc.), evaluar los tiempos de agarre requeridos y el grado de vacío que se pretende. Para agilizar el cálculo la compañía de **Vutotécnica** ha creado un baremo en el que se indican las ventosas en función de su diámetro y que, de forma segura y bastante exacta, permite dimensionar la bomba o el generador de vacío en función de su número. Se han contemplado dos categorías de materiales como parámetros: una impermeable (chapa y cristal) y otra ligeramente porosa y permeable (madera y cartón). La selección del caudal de las ventosas dependerá de la clase de material objeto de manipulación, asimilándolo a uno u otro parámetro.

Los valores indicados en la tabla son válidos cuando:

- El grado de vacío disponible no es inferior a -75 Kpa.

- El número de ciclos por minuto es inferior a 10.
- La superficie de agarre no es particularmente rugosa.
- La permeabilidad es similar a la de los materiales tomados como ejemplo.

**Tabla 5.4** Ventosas y características

<b>Diámetro de las ventosas (mm)</b>	<b>Material que debe ser sujetado</b>	
	<b>Chapa y Cristal (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Madera y Cartón (m<sup>3</sup>/h)</b>
<b>4 ÷ 10</b>	0,15	0,30
<b>11 ÷ 20</b>	0,30	0,60
<b>21 ÷ 35</b>	0,50	1,00
<b>36 ÷ 50</b>	1,00	2,00
<b>51 ÷ 85</b>	1,50	3,00
<b>86 ÷ 110</b>	2,00	4,00
<b>111 ÷ 200</b>	2,50	5,00
<b>201 ÷ 300</b>	3,00	6,00
<b>301 ÷ 360</b>	4,00	8,00

*Fuente: “Catálogo de Vuototécnica”.*

En la tabla 5.4 vemos que para las ventosas de diámetro 200 mm, para materiales impermeables como el mármol, son necesarios 2,5 m<sup>3</sup>/h; por lo que para 6 ventosas, el caudal que se necesita para la bomba de vacío será:

$$Q = 2,5 * 6 = 15 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Nota:** Los valores de la tabla se refieren a bombas de vacío con álabes giratorios; cuando se utilizan generadores de vacío basados en el principio de Venturi, debido a su menor rendimiento de aspiración, los caudales de la tabla deben ser multiplicados por tres. Por lo tanto el caudal que debe suministrar es de 45 m<sup>3</sup>/h.

---

El generador de vacío seleccionado es **Generadores de Vacío Multietapa PVP-70 M**, cuyas especificaciones técnicas se encuentran en el anexo 3.

## Actuadores

Para seleccionar los actuadores del sistema diseñado, se utilizó el diagrama Presión - Fuerza que se muestran en el anexo 3, suministrado por el fabricante Festo. Dicho diagrama es la representación gráfica de la siguiente fórmula:

$$F = p * 10 * \frac{d^2 * \pi * 10}{4} - R \quad (5.3)$$

Donde:

$F$ : Fuerza efectiva del vástago (N)

$p$ : Presión de trabajo (bar)

$d$ : Diámetro del émbolo (cm)

$R$ : Fuerza de roce (N)

La utilización del diagrama arroja valores orientativos, debido a que la fuerza de roce depende de muchos factores como lubricación, presión de trabajo, contrapresión, entre otros. Para efectos de realización del diagrama se considera una fuerza de roce empírica, que representa un 10% de la fuerza efectiva.

El procedimiento para la selección fue el siguiente:

1. Se determina la fuerza de trabajo a la que va a estar sometido el actuador.

2. *Con el valor de la fuerza y la presión disponible mínimo que debe tener el émbolo del actuador.*
3. *Con el diámetro obtenido, se selecciona el diámetro comercial inmediatamente superior.*
4. *Por último, para verificar, se va a al gráfica nuevamente se busca la fuerza máxima que soportará el actuador.*

*A continuación se muestra la selección justificada de cada uno de los actuadores del sistema.*

### **Cilindro neumático (1.0) de elevación de la estructura del sistema de vacío**

Este actuador debe mover una masa de 210 Kg. (2.060,1 N), que corresponde a la masa de la estructura conjuntamente la lámina más pesada. Además se conoce que el actuador debe realizar una carrea máxima de 570mm (distancia que hay desde el trolley hasta la mesa donde se apilan las láminas de acero). En base a esto se selecciona el cilindro neumático siguiendo el procedimiento antes indicado, resultando el siguiente:

Cilindro de doble efecto, marca Festo.

Modelo: DNC-100-570-PPV-A

Diámetro del émbolo: 100 mm

Diámetro del vástago: 25 mm

Carrera: 500 mm

Conexión neumática: G<sup>1</sup>/<sub>2</sub>

Peso: 11,208 Kg.

**Accesorios:**

Brida Vasculante, modelo SNCB-100

Guía para carreras fijas, modelo FENG-100-500-KF

**Cilindros neumáticos (2.0 y 3.0) empujadores de láminas a la entrada de la cizalla**

Este actuador debe mover una masa de 127 Kg. (1.245,87 N), que corresponde a la masa de la lámina más pesada. Además, se conoce que el actuador debe realizar una carrea máxima de 1230 mm. En base a esto se selecciona el cilindro neumático siguiendo el procedimiento antes indicado, resultando el siguiente:

Cilindro de doble efecto, marca Festo.

Modelo: DNC-63-1230-PPV-A

Diámetro del émbolo: 63 mm

Diámetro del vástago: 20 mm

Carrera: 1230 mm

Conexión neumática: G<sup>3</sup>/<sub>8</sub>

Peso: 10,680 Kg.

**Accesorios:**

*Pies de fijación, modelo HNC-63*

## Sensores

- **Sensores de proximidad magnéticos:** estos sensores serán los encargados de detectar las posiciones de los vástagos de los actuadores del sistema. Dicho sistema requiere una cantidad de seis (6) sensores, que corresponden a los sensores B1, B2, B3, B4, B5 y B6, los cuales irán instalados directamente en una ranura que poseen los actuadores, a ras con el perfil de estos. Las características del sensor se muestran a continuación:

Sensores de proximidad para ranura en T, reed magnéticos, marca festo.

Modelo: *SME-8-K-LED-230*.

Tensión de funcionamiento: 12-30 V.

Salida digital.

Con led indicador.

Contacto normalmente abierto.

- **Sensores inductivos:** el sistema cuenta con seis (6) sensores de proximidad inductivos, identificados como B7, B8, B9, B10, B11 y B12. El sensor B7 está ubicado en la estructura de soporte del sistema de vacío y será el encargado de detectar que las ventosas se posicionen sobre la lámina. El sensor B8 es el responsable de detectar la presencia de láminas sobre el mesón de apilamiento. Así mismo, el sensor B9 detecta la presencia de láminas en la mesa de rodillos. El inicio y el fin de carrera del trolley son sensadas por B10 y B11 respectivamente. La lámina de al llegar al tope dentro de la guillotina es detectada por el sensor B12. Con esta información se selecciona el sensor con las siguientes características:

---

Sensores de proximidad inductivos, marca festo.

Modelo: *SIEN-M18BPS-K-L*.

Insensible a campos magnéticos.

Tensión de funcionamiento: 10-30V

Distancia nominal de detección: 4mm.

Con led indicador.

Salida eléctrica PNP.

### **Tubos flexibles**

Se seleccionó un tubo flexible de 12 mm de diámetro externo, apropiado para trabajar con los elementos que intervienen en el sistema

Tubo flexible de 12 mm, marca festo.

Modelo: *PUN-H-12X2 SW*.

Color: azul.

### **Electroválvulas**

Para llevar a cabo la selección de las electroválvulas del sistema diseñado, es necesario determinar el consumo de aire y la velocidad de operación de cada actuador. El consumo de aire se determina mediante el diagrama de Consumo de Aire suministrado por Festo, en donde se representa en litros por centímetros (cm) de carrera, por lo que es necesario multiplicar este valor por la carrera del actuador en centímetros (cm).

El otro factor que hay que tomar en cuenta en la selección de las válvulas, es la velocidad de los actuadores, la cual se establece en un valor promedio 0,1 m/seg. Luego con el consumo de aire y la velocidad, se

determina el caudal con el que se selecciona la válvula adecuada, además de parámetros como número de posiciones, número de vías, tipo de accionamiento, etc.

- **Electroválvula 1.1:** siendo la responsable de alimentar el actuador 1.0 dicho actuador posee 100 mm de diámetro del émbolo, 500 mm de carrera y la presión de funcionamiento es de 6,07 bar. Con estos valores obtenemos que el consumo de aire del actuador es de:

$$Q = 0,5 \text{ l/cm}$$

$$V = 0,5 \text{ l/cm} * 50\text{cm} = 25 \text{ litros}$$

Con el valor de la velocidad y la carrera se determina que el tiempo en que se tarda el actuador completar la carrera es de 5 seg.

$$t = \frac{50 \text{ cm}}{10 \text{ cm/s}} = 5\text{seg}$$

Posteriormente, con estos datos se calcula el caudal necesario que debe suministrarse el actuador:

$$Q = \frac{25 \text{ l}}{5 \text{ seg}} = 5 \text{ l/s} = 300 \text{ l/min}$$

En base a este valor, se selecciona una electroválvula que proporcione un caudal mayor al indicado, resultando la siguiente:

Electroválvula 5/3 vías con centro cerrado, marca Festo.

Modelo: *MFH-5/3G-D-1C*

Tensión de alimentación: 24 VC.

---

Caudal nominal: 1000 l/min

Conexiones neumáticas G 1/8

Accesorios: Racores

Conector tipo zócalo *MSSD-F, KMF*.

- **Electroválvulas 2.1 y 3.1:** son las encargadas de alimentar los actuadores 2.0 y 3.0 respectivamente, los cuales poseen una carrera de 1230 mm y un diámetro de 63 mm del émbolo. Aplicando el procedimiento descrito anteriormente:

$$Q = 0,25 \text{ l/cm}$$

$$V = 0,25 \text{ l/cm} * 123\text{cm} = 30,75\text{litros}$$

$$t = \frac{123 \text{ cm}}{10 \text{ cm/s}} = 12,3 \text{ seg}$$

$$Q = \frac{30,75 \text{ l}}{12,3 \text{ seg}} = 2,5 \text{ l/s} = 150 \text{ l/min}$$

Electroválvula 5/3 vías con centro cerrado, marca Festo.

Modelo: *MFH-5/3G-D-1C*

Tensión de alimentación: 24 VC.

Caudal nominal: 1000 l/min

Conexiones neumáticas G 1/8

Accesorios: Racores

Conector tipo zócalo MSSD-F, KMF.

### **Válvulas reguladoras de caudal**

Para regular las velocidades de los vástagos de los actuadores, se utilizarán válvulas reguladoras con estrangulación del aire al escape. Con estas válvulas, se garantiza que las velocidades de los actuadores 1.0, 2.0 y 3.0, sean las óptimas para que el sistema de alimentación de láminas de la máquina trabaje adecuadamente. Según los caudales requeridos por cada actuador, se seleccionaron las siguientes válvulas:

Válvulas reguladoras de caudal, con estrangulación del aire de escape.

Marca: Festo.

Modelo: *GRLA-1/2-QS-12-D*.

Caudal nominal: 1580 l/min.

Conexiones neumáticas

Conexión 1: G 3/8

Conexión 2:  $\emptyset$  20,5mm

### **Controlador Lógico Programable (PLC)**

Para el diseño del sistema de control, se escogió trabajar con lógica programable (PLC). La selección del PLC se realizará tomando en consideración la cantidad y tipo de señales de entradas y salidas. Para este diseño, se seleccionan dispositivos que funcionan con un potencial eléctrico de 24 VDC. Con estos valores, en el catálogo Allen Bradley se selecciona:

---

**MICROLOGIX 1200****1762-L40BXB*****Especificaciones técnicas*** (ver anexo 3)

- 20 entradas
- 8 salidas tipo relé

Debido a que el PLC seleccionado no posee la cantidad de salidas necesarias, se selecciona del catalogo Allen Bradley el modulo de expansión:

**1762-OB16*****Especificaciones técnicas*** (ver anexo 3)

- 16 salidas tipo relé

Es de importancia resaltar que la selección del PLC se basó en que la empresa DANA utiliza la marca Allen Bradley.

## **5.2.2 Selección de los componentes Mecánicos**

### **Mesones del sistema**

En el diseño hay tres (3) mesas:

1. Mesa donde están colocadas un lote de laminas apiladas.
2. Es una **mesa de rodillos** de dimensiones de 1230mm x 1700mm, la altura debe ser mayor a 1535mm puesto que altura irían posicionados los cilindros empujadores

3. Es una **mesa de rodillos** de 1230mm x 1070mm, de 1160mm de altura.

El peso de la lámina más pesada es aproximadamente de 127Kg. Otra consideración, es que se requiere una separación entre cada rodillo para colocar unos sensores para detectar la presencia de lámina.

La idea de colocar las mesas de rodillos es para que los operadores puedan desplazar las laminas hasta la maquina.

Con estas condiciones se seleccionaron las mesas están presentes en el sistema diseñado. Las dimensiones y proporciones de las mesas se puede observar con más detalles en los planos que se encuentran en el anexo 5.

Especificaciones de las mesas a gravedad por rodillos:

## **Mesa 2**

Longitud:	1230 mm.
Ancho total:	1700 mm.
Ancho útil:	1624 mm.
Altura:	1200 mm.
Estructura:	Lámina de acero plegada 1 ½" x 3" x 1 ½" x 2.5 mm. de espesor, con perforaciones hexagonales 7/16".
Rodillos:	En tubo de acero 1 7/8" de diámetro externo, 2 mm. de espesor, eje hexagonal 7/16", montado en rodamientos importados con sistema de resorte. Separados 6" centro a centro.
Soportes:	En tubo de acero cuadrado 2", 2 mm. de espesor.
Acabado:	Estructura: Fondo anticorrosivo más color esmalte sintético Sintolite color azul mar. Rodillos: Acero natural.
Longitud:	1230 mm.
Ancho total:	1070 mm.

---

### **Mesa 3**

Ancho útil:	994 mm.
Altura:	1160 mm.
Estructura:	Lámina de acero plegada 1 ½" x 3" x 1 ½" x 2.5 mm. de espesor, con perforaciones hexagonales 7/16".
Rodillos:	En tubo de acero 1 7/8" de diámetro externo, 2 mm. de espesor, eje hexagonal 7/16", montado en rodamientos importados con sistema de resorte. Separados 6" centro a centro.
Soportes:	En tubo de acero cuadrado 2", 2 mm. de espesor.
Acabado:	Estructura: Fondo anticorrosivo más color esmalte sintético Sintolite color azul mar. Rodillos: Acero natural.

### **Selección del Trolley**

La selección del Trolley se basa en la carga que se desea desplazar, por lo tanto como el sistema posee un peso de 200 Kg. para la situación más crítica, el Trolley más pequeño encontrado en el mercado Nacional es capaz de levantar 1 Tonelada. Sus especificaciones son las siguientes:

Marca: Kito

Modelo: ER2M010ILIS

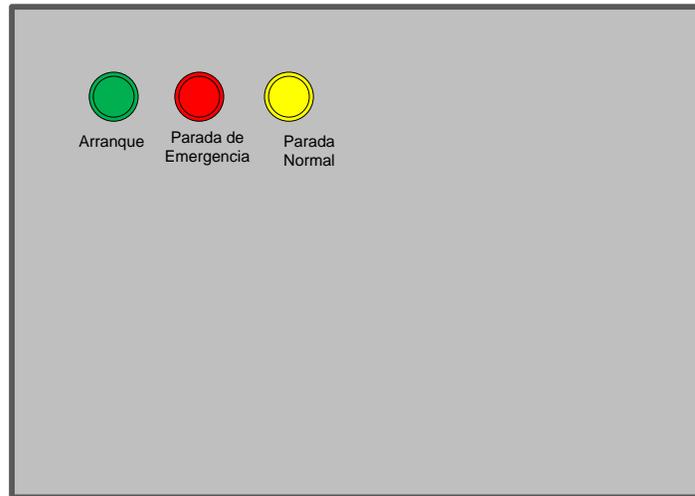
Capacidad: 1000 Kg

Velocidad de Traslación: 2,4 a 24 m/min

#### **5.2.3 Diseño del tablero y selección de cableado**

Por otro lado, el diseño del tablero, se hizo utilizando las distancias y esquemas de montaje recomendadas por los fabricantes de los equipos. La

distribución interna de los elementos que conforman el sistema de control se encuentra en el anexo 5.



**Figura 5.20** Tablero parte frontal.

El listado de cables se realizó utilizando los manuales de cada uno de los elementos, para determinar los calibres de cable a utilizar según la numeración AWG. Este listado, se puede observar en la tabla que se muestra a continuación:

**Tabla 5.5** Listado de cableado.

Descripción del Equipo	Tag de Cableado	Calibre AWG	Longitud (m)
SENSOR INDUCTIVO SIEN-M18BPS-K-L	C-1	20	150
SENSOR ELECTRICO SME-8-K-LED-230	C-2	20	80
BOBINA. MAG. MSFG-24DC/42AC	C-3	20	2
ELECTROVALVULA SOV 33 SOS NC	C-4	20	2
PLC, Marca Fatek. FBS-40MA	C-5	10	1

---

CONTACTORES GMC-9 AC 120 V	C-6	12	0.5
PULSADORES SERIE XB2	C-7	14	2
TROLLEY KITO 1 TON.	C-9	Cable plano	6

### 5.3 Análisis de costos

La evaluación económica en el diseño de un proyecto es la fase última pero no por ello la menos importante, al contrario, es ésta la etapa en la que se define la factibilidad o rentabilidad en la implementación, partiendo de los requerimientos planteados al inicio y en el desarrollo del proyecto. Dicha evaluación económica representa una base cuantitativa que podrían manejar los directivos de la empresa al momento de tomar la decisión de la ejecución de dicho proyecto.

Para definir si el proyecto o inversión, es viable o no, es necesario realizar una evaluación cuantitativa previa a la implementación, para ello se determina la relación costo-beneficio de la implementación del sistema y de acuerdo a los resultados se toma la decisión de invertir en dicho proyecto. Para evaluar la factibilidad económica es necesario, inicialmente, conocer la inversión inicial requerida para la puesta en marcha del proyecto, la cual representa el único movimiento económico, egreso, a realizarse en el año cero del mismo. Los costos asociados a la inversión inicial se muestran detalladamente a continuación:

**Tabla 5.6** Costos asociados a la inversión inicial.

Proveedor	Descripción	Precio unitario (Bsf.)	Costo total (Bsf.)
<b>FESTO</b>	Cilindro doble 163464 DNC-100-500-PPV-A PZ	2.835,95	2.835,95
	Unidad guía 34486 FENG-100-500	7.769,33	7.769,33
	Fij. Oscilante 174395 SNCB-100	383,70	383,70
	Cilindro doble 163398 DNC-63-1230-PPV-A	2.753,68	5.507,36
	Silen. C/ROSCA U -3/8 B	109,75	219,50
	Sensor inductivo SIEN-M18BPS-K-L	409,58	2.867,06
	Sensor electric SME-8-K-LED-230	222,19	1.333,14
	Regulador de caudal GRLA-3/8-B	101,19	404,76
	Regulador flujo GRLA-1/2-QS-12-D	221,54	443,08
	Racor rápido QS -3/8-12	26,98	107,92
	Conector por en QS -1/4-12	23,87	95,48
	Tapón ciego B -3/8	15,01	45,03
	Unidad de mantenimiento C/MAN FRC-3/8-DMIDI	1.048,33	1.048,33
	Conector por en QST-12	60,60	121,20
	Tubo flexible PUN-H-12X2 SW	29,44	1.030,40
	Electroválvula MFH-5/3G-D-1C	876,27	2.628,81
	Placa base NAVW-1/4-1-ISO	170,43	340,86
	Conjunto de placa F NEV-1 DA/DBISO	173,11	173,11
Bobina Magnética MSFG-24DC/42AC	101,68	406,72	
<b>NEUMATICA ROTONDA</b>	Sistema de vacío acoplado	21.000,00	21.000,00
<b>MAPACO</b>	Mesa a gravedad de rodillos (1400 mm longitud, 1700mm ancho)	6.330,00	6.330,00
	Mesa a gravedad de rodillos (1230 mm longitud, 1070mm ancho)	4.880,00	4.880,00
<b>SEQUIN</b>	Pulsadores, guardamotor, contactores del motor y magneto térmico	588,00	588,00

	PLC fatek	2.300,00	2.300,00
<b>IMOCON</b>	Trolley	16199,00	16199,00
<b>SUMIMSE</b>	Perfil IPN 180 x 12 m	4.100	8.200
	Tubo Estructural 25 x 25 x 6 m	125,00	125,00
	Tubo Estructural 40 x 40 x 6 m	158,00	158,00
	Pletina 75 x 6 x 6 m	128,62	128,62
<b>MULTISERVICIOS ESCALAND</b>	Caja generador de vacío y placa de apoyo para generador.	950,00	950,00
	Uniones de ventosas	220,00	1.320,00
	Pasadores roscados y moleteados en la perilla de sujeción.	180,00	1.440,00
	Uniones para vigas	150,00	300,00
		<b>Sub-total (Bsf.)</b>	80.470,36
		<b>IVA 12%</b>	9656,44
		<b>Total neto (Bsf.)</b>	<b>90.126,80</b>

La inversión total en maquinarias es de Bsf. 90.126,80; adicionalmente es importante tomar en cuenta los gastos asociados al entrenamiento de personal, imprevistos e instalación de maquinarias, estableciendo de tal forma que dichos costos representan el 2%, 2% y 10%, respectivamente, del costo total de equipos. Es así como la inversión inicial se ve incrementada por estas estimaciones hasta alcanzar un valor de **Bsf. 102.744,55**.

De acuerdo a los informes de producción de la planta se conoce que en la jornada laboral de un turno de trabajo se cortan 30 láminas de acero, realizando aproximadamente 5 cortes a cada lámina. Evaluando el número de cortes obtenidos anualmente se obtiene:

$$N^{\circ} \frac{\text{cortes}}{\text{año}} = \frac{30 \text{ laminas}}{\text{día}} * \frac{5 \text{ cortes}}{\text{lámina}} * \frac{5 \text{ días}}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} * \frac{8 \text{ meses}}{\text{año}}$$

$$N^{\circ} \frac{\text{cortes}}{\text{año}} = 24000$$

Con la implementación de la automatización del sistema de corte, se estima que los cortes diarios de láminas de acero aumenten desde un 30 a 40 láminas, por lo que el número de cortes anuales estimado es de:

$$N^{\circ} \frac{\text{cortes}}{\text{año}} = \frac{40 \text{ laminas}}{\text{día}} * \frac{5 \text{ cortes}}{\text{lámina}} * \frac{5 \text{ días}}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} * \frac{8 \text{ meses}}{\text{año}}$$

$$N^{\circ} \frac{\text{cortes}}{\text{año}} = 32000$$

Además, actualmente se dispone de 2 operadores en dicha maquina, que con la implementación del sistema automatizado no serán necesario para operar el mismo, por ende, este costo posteriormente representaría un ahorro:

$$\text{Costo op} = N^{\circ} \text{op} * \text{Sueldo mens} * \text{Meses trab} \quad (5.4)$$

Donde:

*Costo op*: costo asociado a los operadores (Bsf.)

*N°op*: número de operadores (Adimensional)

*Sueldo mens*: sueldo mensual del operador (Bsf./mes)

*Meses trab*: meses de trabajo del operador (meses)

Sabiendo que un operador devenga un sueldo mensual de 3000Bsf. se obtiene:

$$\text{Costo op} = \left( 2 * \frac{3000\text{Bsf.}}{\text{mes}} * 8 \text{ meses} \right) = 48000\text{Bsf.}$$

Es importante recalcar que la empresa DANAVEN adquieren inicialmente las bobinas de acero, las cuales en un proceso previo al corte, son dispuestas en láminas más pequeñas con un costo asociado de 300 Bsf. lo que teóricamente representa 60 Bsf. por corte tomando en cuenta que de cada lámina se obtienen aproximadamente 5 cortes. Durante el proceso de corte la lámina debe valorizarse para efectos cuantitativos de la empresa, ya que el proceso como tal requiere debitarle el costo destinado a los servicios industriales asociados al proceso, la mano de obra, el uso de los programas adquiridos para ello y mantenimiento de la máquina; de tal manera se asume que dicho requisito representa un 10% del costo inicial del corte de la lámina.

Seguidamente se determina el beneficio del sistema:

$$BU = Cf - Cu \quad (5.5)$$

Donde:

BU: Beneficio por kg (Bsf./corte)

Cf: Costo unitario final (Bsf./corte)

Cu: Costo unitario inicial (Bsf./corte)

Sustituyendo los datos necesarios en la ecuación anterior se obtiene:

$$BU = (66 - 60)Bsf./corte$$

$$BU = 6 Bsf./corte$$

Así mismo se debe calcular el ahorro que produce el sistema mediante la implementación de la automatización.

$$As = Pa * BU + Costo op \quad (5.6)$$

Donde:

As: Ahorro del sistema (Bsf)

Pa: Cantidad de producto adicional que se obtienen con la implementación de la propuesta (cortes)

Sustituyendo los datos correspondientes se obtiene que:

$$As = ((32000 - 24444)cortes/año * 6Bsff./corte) + 48000Bsff./año$$

$$As = 96000Bsff./año$$

Seguidamente se define el tiempo de retorno, tiempo en el cual la empresa recuperara la inversión inicial, dando paso a una decisión concreta acerca de la inversión del sistema:

$$Tr = \frac{Cs}{As} \quad (5.7)$$

Donde:

Tr: tiempo de retorno (año)

Cs: Costo del sistema (Bsff)

As: Ahorro del sistema (Bsff/año)

El costo del sistema no es más que la inversión inicial del mismo, de tal manera:

$$Tr = \frac{102744,55 Bsff.}{96000 \frac{Bsff.}{año}}$$

$$Tr = 1,0703 \cong 1 \text{ año}$$

Cabe destacar que aún así la inversión realizada se recuperaría en aproximadamente 1 año operando 8 meses al año en un solo turno de trabajo de lunes a viernes, cortando 40 laminas diarias. Esto representa un aumento de 8000 láminas anuales y un ahorro en el salario de 2 operadores que al implementar el nuevo sistema no serán necesarios para el mismo sino que todo el personal del área se adiestrará de manera tal que, cualquiera de los

mismos esté capacitado para poner en marcha la máquina en el momento que la misma requiera operar, al igual que conozca las paradas de emergencia o cualquier otra información relevante que deban manejar.

# Conclusiones

---

---

- La investigación permite la eliminación del proceso manual, con ello los movimientos repetitivos realizados por los operarios, así como, los esfuerzos que deben hacer para empujar láminas tan pesadas hasta la entrada de la máquina, de esta manera se busca descartar un trabajo riesgoso que podría traer problemas tanto del personal como para la empresa.
- El diseño mecánico permite seleccionar los diversos perfiles cuadrados y vigas que conforman el sistema, tomando en cuenta los esfuerzos y condiciones críticas a las que están sometidos. El diseño de soldadura se basó en la teoría de Von – Mises, determinando así el esfuerzo total aplicado a las juntas soldadas. Además, se realizó el estudio de las condiciones necesarias para que dichos elementos puedan cumplir con los requerimientos del sistema propuesto; dicho diseño tiene como pilar fundamental el uso de un factor de seguridad que se utiliza para sobredimensionar los cálculos teóricos y dependerá de las condiciones donde se desarrolla el trabajo.
- El sistema de control seleccionado para la automatización se basó en un Controlador Lógico Programable (PLC), encargo del control secuencial de las señales mandadas por los elementos seleccionados

tales como: actuadores neumáticos, sistema de vacío, sensores, pulsadores y contactores.

- La automatización del sistema de alimentación de la máquina pretende reducir la exposición de los operadores a sobrecargas físicas, evitando así el riesgo a padecer de enfermedades ocupacionales que son fuertemente sancionadas por la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT); esto porque se cuenta con las tecnologías necesarias para eliminar dicho riesgo en el puesto de trabajo.
- La implementación del sistema automático busca aumentar el número de cortes diarios realizados por la máquina, disponiendo mayor cantidad de tiras cortadas que pasaran a ser trabajadas en otros procesos de manufactura posteriores.
- El estudio económico realizado por medio del análisis de costos, indica que el proyecto es económicamente rentable, que la inversión inicial para la implementación y puesta en marcha del proyecto es de Bsf. 102.744,55; inversión que será recuperada al cabo de un año y por último que se verá un ahorro para la empresa asociado a la reducción de mano de obra.
- Se logró diseñar un sistema automatizado para la alimentación y corte que desempeña una máquina cortadora. Basándose en el estudio y selección de todos los elementos que componen el sistema con detalle, así como su ubicación. Afirmando, que la ingeniería de detalle se desarrolló de acuerdo a las necesidades.

# *Recomendaciones*

---

- Adiestrar y capacitar al personal para lograr el adecuado uso de la tecnología implementada y poner en marcha el buen funcionamiento de la máquina en el momento que la misma requiera operar, evitando así cualquier contratiempo y paradas en el sistema.
- Desarrollar un programa de mantenimiento, que permita extender la vida útil del sistema y obtener un funcionamiento eficiente del mismo.
- Desarrollar hoja de datos referenciando el tipo de lámina con el cual se va a trabajar en la jornada y sus dimensiones, para así ajustar la estructura donde se dispone el sistema de ventosas y asegurar el buen inicio del sistema.

# Referencias

---

---

- Colmenarez J., Lameda H. (2008), **“Automatización del Proceso de Dosificado y Mezclado de materia prima para la producción de pastillas de Jabón”**. Trabajo Especial de Grado presentado en Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo. Venezuela.
- DANA VEN. (On-line). Disponible en: <http://www.dana.com.ve/>. Revisado en Enero de 2009.
- Escobar M., “Guía de Automatización” (On-line). Universidad de Carabobo. Venezuela. Disponible en:  
<http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat I/contenido menu/Unidad II/Contenido/pagina1/pagina1.htm>
- García A. (2008), **“Automatización de una prensa neumática para el ensamblado de módulos de suspensión Mc Phersson”**. Trabajo Especial de Grado presentado en Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Luis B., Wilmer M. (2007) Universidad de Carabobo. **“Rediseño de un sistema para el corte de barras de acero”**. Trabajo Especial de Grado presentado en Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Nortom, R. (1999), **“Diseño de Máquinas”**. Prentice Hall. Primera Edición
- Rincones C. (2008), **“Diseño de un Sistema Automatizado para la Estación de Fosfatizado de engranajes de una empresa fabricante de partes para Automóviles”**. Trabajo Especial de Grado presentado

*en Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo. Venezuela.*

- *Shygly, J. y Mischke, C. (2002), “Diseño en ingeniería mecánica. McGraw Hill”. Sexta Edición.*

# ANEXOS

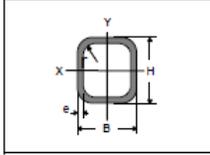
---

## **Anexo 1**

*Tubos Estructurales Sección Cuadrada Industrias UNICON*

*Catálogo de Hierrobeco C.A.*

*Norma FEM.*



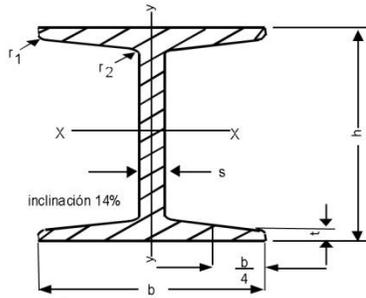
**Tubos de Acero Laminados en Frio para Carpintería Metálica Sección Cuadrada**

Nominales H x B	Dimensiones				Peso	Área de Sección A	Momento de Inercia I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	Módulo de Sección S <sub>x</sub> =S <sub>y</sub>
	H	B	Espesor Nominal e	Radio de Esquina Exterior R				
<i>pulg x pulg</i>	mm	mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>
<i>½ x ½</i>	12,00	12,00	0,9	1,8	0,33	0,37	0,07	0,12
<i>½ x ½</i>	12,00	12,00	1,1	2,2	0,39	0,44	0,08	0,14
<i>5/8 x 5/8</i>	15,88	15,88	0,9	1,8	0,42	0,51	0,19	0,23
<i>5/8 x 5/8</i>	15,88	15,88	1,1	2,2	0,50	0,61	0,21	0,27
<i>¾ x ¾</i>	18,50	18,50	0,8	1,6	0,45	0,55	0,28	0,30
<i>¾ x ¾</i>	18,50	18,50	0,9	1,8	0,51	0,61	0,30	0,33
<i>¾ x ¾</i>	18,50	18,50	1,1	2,2	0,61	0,73	0,35	0,38
<i>1 x 1</i>	25,00	25,00	0,8	1,6	0,61	0,75	0,72	0,58
<i>1 x 1</i>	25,00	25,00	0,9	1,8	0,69	0,84	0,80	0,64
<i>1 x 1</i>	25,00	25,00	1,1	2,2	0,83	1,01	0,94	0,75
<i>1 x 1</i>	25,00	25,00	1,4	2,8	1,04	1,26	1,13	0,90
<i>1 x 1*</i>	25,00	25,00	2,0	4,0	1,44	1,71	1,43	1,14
<i>1 ¼ x 1 ¼</i>	31,50	31,50	0,9	1,8	0,87	1,08	1,65	1,05
<i>1 ¼ x 1 ¼</i>	31,50	31,50	1,1	2,2	1,05	1,3	1,96	1,25
<i>1 ½ x 1 ½</i>	37,50	37,50	0,9	1,8	1,05	1,29	2,85	1,52
<i>1 ½ x 1 ½</i>	37,50	37,50	1,1	2,2	1,27	1,56	3,40	1,81
<i>1 ½ x 1 ½</i>	37,50	37,50	1,4	2,8	1,60	1,96	4,17	2,22
<i>1 ½ x 1 ½</i>	37,50	37,50	1,9	3,8	2,14	2,59	5,59	2,93
<i>1 ½ x 1 ½*</i>	37,50	37,50	2,0	4,0	2,24	2,71	5,81	3,05
<i>2 x 2</i>	50,00	50,00	1,0	2,0	1,56	1,93	7,63	3,05
<i>2 x 2</i>	50,00	50,00	1,1	2,2	1,71	2,11	8,32	3,33
<i>2 x 2</i>	50,00	50,00	1,4	2,8	2,16	2,66	10,31	4,12
<i>2 x 2*</i>	50,00	50,00	2,0	4,0	3,04	3,71	13,93	5,57
<i>2 x 2*</i>	50,00	50,00	2,3	4,6	3,47	4,22	15,57	6,23
<i>2 x 2*</i>	50,00	50,00	2,6	5,2	3,89	4,72	17,10	6,84
<i>2 x 2*</i>	50,00	50,00	2,9	5,8	4,30	5,2	18,53	7,41
<i>2 ½ x 2 ½</i>	63,50	63,50	1,4	2,8	2,72	3,42	21,69	6,83
<i>2 ½ x 2 ½*</i>	63,50	63,50	2,0	4,0	3,83	4,79	29,69	9,35
<i>3 x 3</i>	76,20	76,20	1,4	2,8	3,27	4,13	38,11	10,00
<i>3 x 3</i>	76,20	76,20	1,9	3,8	4,41	5,53	50,21	13,18
<i>3 x 3*</i>	76,20	76,20	2,0	4,0	4,63	5,81	52,54	13,79
<i>3 x 3*</i>	76,20	76,20	2,9	5,8	6,62	8,24	72,15	18,94
<i>4 x 4</i>	100,00	100,00	1,4	2,8	4,39	5,46	87,82	17,56
<i>4 x 4*</i>	100,00	100,00	2,0	4,0	6,23	7,71	122,15	24,43
<i>4 x 4*</i>	100,00	100,00	2,3	4,6	7,14	8,82	138,59	27,72

(\*) Los productos indicados con asterisco son fabricados con acero laminado en caliente.

Todas las propiedades estáticas están dadas en función de los valores nominales de la sección sin considerar las tolerancias de fabricación.

# VIGAS IPN



## DIMENSIONES

h: Altura  
b: Ancho del ala  
s: Espesor del alma  
t: Espesor del ala  
r: Angulo

## MOMENTO RESPECTO A LOS EJES

I = Momento de Inercia.  
S = Momento de Resistencia  
R = Radio de Inercia, siempre referido al eje De reflexión correspondiente.

Longitud de 12 metros

Calidad ⇒ COVENIN 1149:2005  
⇒ ASTM - A - 36.  
⇒ ST - 37 - 2.

✓ NACIONALES.

IPN (I)	DIMENSIONES (mm)						AREA cm <sup>2</sup>	PESO kg/m	MOMENTO RESPECTO A LOS EJES					
	h	b	s	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>			EJE X - X			EJE Y - Y		
									I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	R <sub>x</sub> cm	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	R <sub>y</sub> cm
60	60	3.6	5.3	-	-	-	5.35	4.2	30.4	10.1	2.38	3.04	1.79	0.75
80	80	42	4.2	5.9	3.9	2.3	7.77	6.10	78.40	19.6	3.18	6.29	2.99	0.90
100	100	50	4.5	6.8	4.5	2.7	10.60	8.34	171.00	34.2	4.01	12.2	4.88	1.07
120	120	58	5.1	7.7	5.1	3.1	14.20	11.10	328.00	54.7	4.81	21.5	7.41	1.23
140	140	66	5.7	8.6	5.7	3.4	18.20	14.30	573.00	81.9	5.61	35.2	10.7	1.40

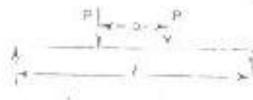
✓ IMPORTADAS.

160	160	74	6.3	9.5	6.3	3.8	22.8	17.90	935.0	117.0	6.40	54.70	14.80	1.55
180	180	82	6.9	10.4	6.9	4.1	27.9	21.90	1450.0	161.0	7.20	81.30	19.80	1.71
200	200	90	7.5	11.3	7.5	4.5	33.4	26.20	2140.0	214.0	8.00	117.00	26.00	1.87
220	220	98	8.1	12.2	8.1	4.9	39.5	31.10	3060.0	278.0	8.80	162.00	33.10	2.02
240	240	106	8.7	13.1	8.7	5.2	46.1	36.20	4250.0	354.0	9.59	221.00	41.70	2.20
260	260	113	9.4	14.1	9.4	5.6	53.3	41.90	5740.0	442.0	10.40	288.00	51.00	2.32
280	280	119	10.1	15.2	10.1	6.1	61.0	47.90	7590.0	542.0	11.10	364.00	61.20	2.45
300	300	125	10.8	16.2	10.8	6.5	69.0	54.20	9800.0	653.0	11.90	451.00	72.20	2.56
320	320	131	11.5	17.3	11.5	6.9	77.7	61.00	12510.0	782.0	12.70	555.00	84.70	2.67
340	340	137	12.2	18.3	12.2	7.3	86.7	68.00	15700.0	923.0	13.50	674.00	98.40	2.80
360	360	143	13.0	19.5	13.0	7.8	97.0	76.10	19610.0	1090.0	14.20	818.00	114.00	2.90
380	380	149	13.7	20.5	13.7	8.2	107.0	84.00	24.010.0	1260.0	15.00	975.00	131.00	3.02
400	400	155	14.4	21.6	14.4	8.6	118.0	92.40	29210.0	1460.0	15.70	1160.00	149.00	3.13
425	425	163	15.3	23.0	15.3	9.2	132.0	104.00	36970.0	1740.0	16.70	1440.00	176.00	3.30
450	450	170	16.2	24.3	16.2	9.7	147.0	115.00	45850.0	2040.0	17.70	1730.00	203.00	3.43
475	475	178	17.1	25.6	17.1	10.3	163.0	128.00	56480.0	2380.0	18.60	2090.00	235.00	3.60
500	500	185	18.0	27.0	18.0	10.8	179.0	141.00	68740.0	2750.0	19.60	2480.00	268.00	3.72
550	550	200	19.0	30.0	19.0	11.9	212.0	166.00	99180.0	3610.0	21.60	3490.00	349.00	4.02
600	600	215	21.6	32.4	21.6	13.0	254.0	199.00	139000.0	4630.0	23.40	4670.00	434.00	4.30

✓ TOLERANCIA

Tipo de Perfil	Largo(mm)	Altura(mm)	Ala(mm)	Peso(%)
"T" < 120mm	-10 a + 50	-20 a + 2,5	-20 a + 2,5	± 5
T" ≥ 120mm	-10 a + 50	-20 a + 2,5	± 25	± 5

41  
 Cálculo del momento de inercia necesario para vigas carrileras de gruas,  
 apoyadas en ambos extremos. Dos cargas móviles iguales



Parte

$$\text{Inercia} = P \cdot a \cdot l^2$$

En cm.

Valores de  $\alpha$  para los distintos valores admisibles para  $f =$

$\frac{a}{l}$	Peso en toneladas a mano $f = \frac{1}{100}$	Peso en toneladas $f = \frac{1}{200}$	Gras movidas a mano $f = \frac{1}{300}$	Gras accionadas por motores $f = \frac{1}{500}$
0,10	78,2	97,8	156	196
0,12	77,7	97,1	155	195
0,14	77,1	96,4	154	193
0,16	76,5	95,5	153	191
0,18	75,7	94,7	152	189
0,20	74,9	93,5	150	187
0,22	74,0	92,5	148	185
0,24	73,0	91,3	146	183
0,26	72,0	90,0	144	180
0,28	70,9	88,6	142	177
0,30	69,7	87,1	139	174
0,32	68,5	85,6	137	171
0,34	67,2	83,9	134	168
0,36	65,8	82,2	132	165
0,38	64,4	80,4	129	161
0,40	62,9	78,6	126	157
0,42	61,3	76,6	123	153
0,44	59,7	74,6	119	149
0,46	58,0	72,5	115	145
0,48	56,3	70,4	113	141
0,50	54,6	68,2	109	136
0,52	52,7	65,9	106	132
0,54	50,9	63,5	102	127
0,56	49,0	61,2	98,0	123
0,58	47,1	58,8	94,1	118
0,60	45,1	56,3	90,2	113
0,62	43,1	53,8	86,1	108
0,64	40,7	50,3	80,4	101
0,65	40,0	49,9	79,9	99,9
0,66 a 1,0	39,5	49,5	79,4	99,2

Ejemplo: Grúa accionada por motores eléctricos

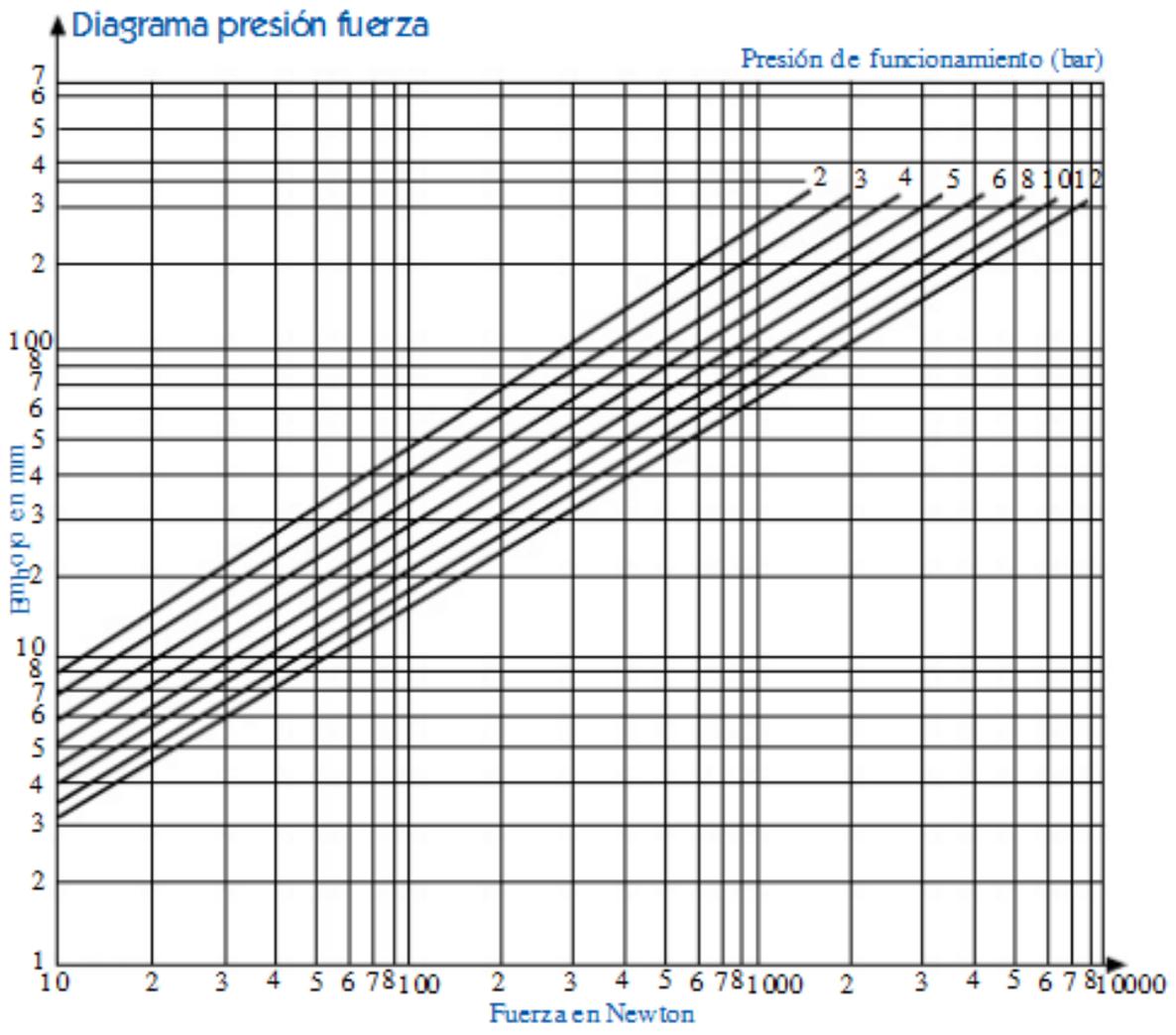
$$f \leq \frac{1}{1000}$$

$P = 6 \text{ t}$     Luz de la viga  $l = 8 \text{ m}$     Separación entre rodillos  $a = 2,4 \text{ m}$   
 $\frac{a}{l} = \frac{2,4}{8} = 0,3$      $\alpha = 174$     Inerc. =  $P \cdot a \cdot l^2 = 6 \cdot 2,4 \cdot 8^2 = 66.820 \text{ cm}^4$

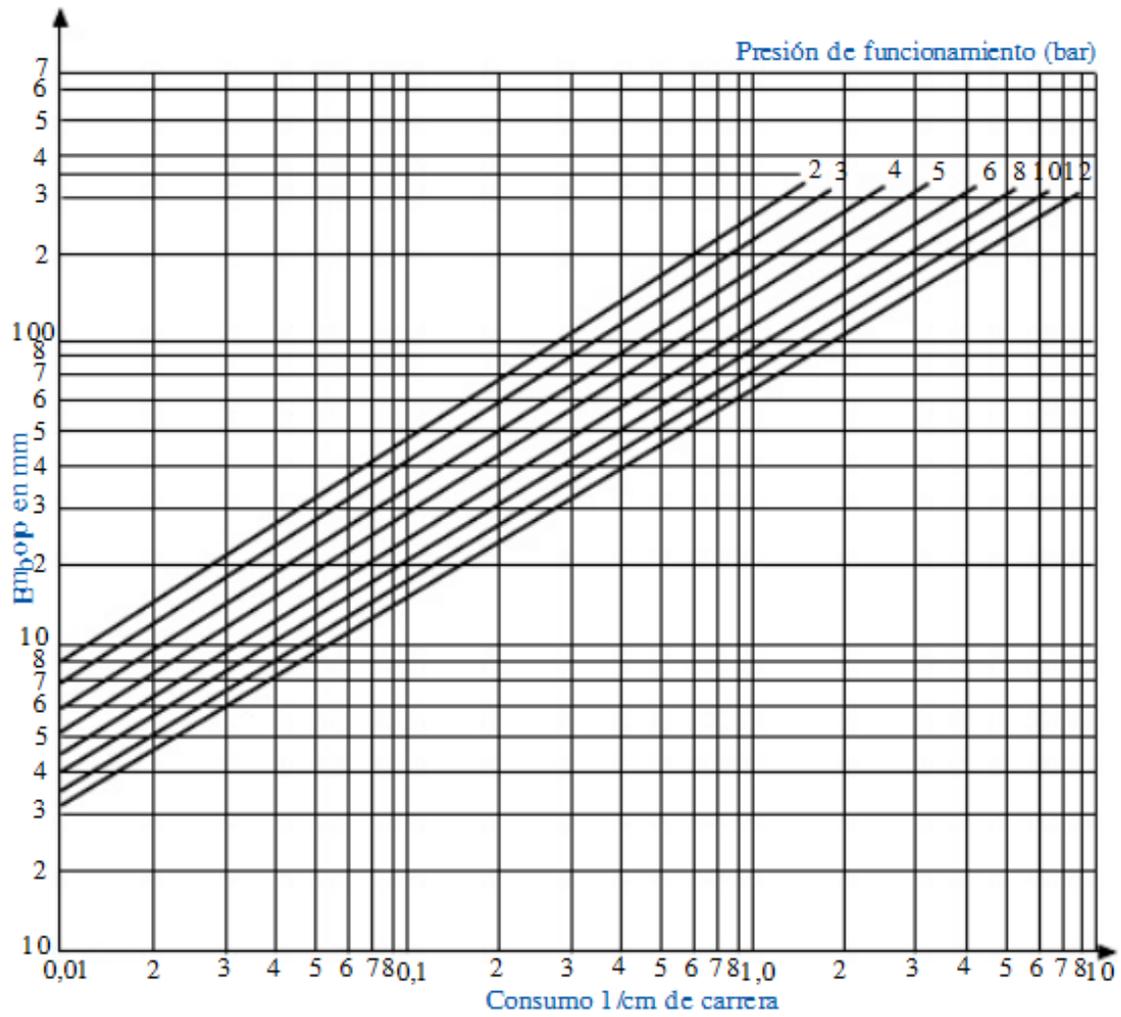
# ***Anexo 2***

Curva Presión-Fuerza

Curva de consumo de Aire



**Anexo 2.1** Curva Presión-Fuerza. Fuente catalogo de Festo.



**Anexo 2.2** Curva de consumo de Aire. Fuente catalogo de Festo.

# ***Anexo 3***

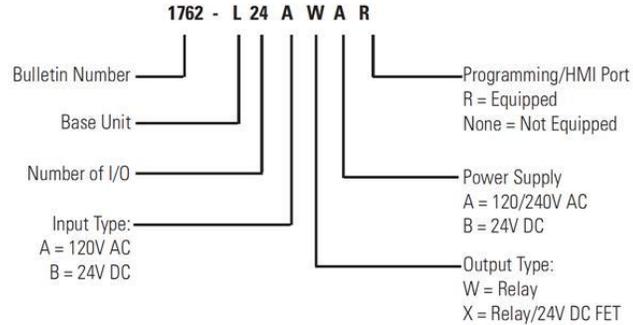
Especificaciones Técnicas de los elementos del sistema diseñado

## Select MicroLogix 1200 Controllers

### MicroLogix 1200 Controllers Catalog Number Detail

#### Step 8 - Select:

- controller - review power and I/O configurations to select a controller catalog number; see power supply and I/O specifications for more detailed information
- accessories - memory and real-time clock modules
- record your selections in the Selection Record (start on [page 85](#))



#### MicroLogix 1200 Controller Power and I/O Configuration

Cat. No.	Line Voltage	Number of Inputs	Number of Outputs	High Speed I/O
1762-L24AWA, -L24AWAR	120/240V AC	(14) 120V AC	(10) Relay	N/A
1762-L40AWA, -L40AWAR	120/240V AC	(24) 120V AC	(16) Relay	N/A
1762-L24BWA, -L24BWAR	120/240V AC	(10) Standard 24V DC (4) Fast 24V DC	(10) Relay	(4) 20 kHz input
1762-L40BWA, -L40BWAR	120/240V AC	(20) Standard 24V DC (4) Fast 24V DC	(16) Relay	(4) 20 kHz input
1762-L24BXB, -L24BXBR	24V DC	(10) Standard 24V DC (4) Fast 24V DC	(5) Relay (4) Standard 24V DC FET (1) Fast 24V DC FET	(4) 20 kHz input (1) 20 kHz output
1762-L40BXB, -L40BXBR	24V DC	(20) Standard 24V DC (4) Fast 24V DC	(8) Relay (7) Standard 24V DC FET (1) Fast 24V DC FET	(4) 20 kHz input (1) 20 kHz output

#### MicroLogix 1200 Controller Power Supply Specifications

Attribute	1762-						
	L24AWA, L24AWAR	L40AWA, L40AWAR	L24BWA, L24BWAR	L40BWA, L40BWAR	L24BXB, L24BXBR	L40BXB, L40BXBR	
Power Supply Voltage	85...265V AC @ 47...63 Hz				20.4...26.4V DC Class 2 SELV		
Power Consumption	68 VA	80 VA	70 VA	82 VA	27 W	40 W	
Power Supply Inrush Current, max	120V AC: 25 A for 8 ms 240V AC: 40 A for 4 ms				24V DC: 15 A for 20 ms	24V DC: 15 A for 30 ms	
Load Current <sup>(1)</sup> , max	5V DC	400 mA	600 mA	400 mA	600 mA	400 mA	600 mA
	24V DC	350 mA	500 mA	350 mA	500 mA	350 mA	500 mA
Load Power, max	10.4 W	15 W	12 W	16 W	10.4 W	15 W	
24V DC Sensor Power	---	---	250 mA, 400 µF capacitance, max	400 mA, 400 µF capacitance, max	---	---	

(1) See [Perform MicroLogix 1200 Controller System Expansion Calculations](#) on [page 61](#) for an example system validation worksheet to calculate expansion I/O power usage.

### 1762 Digital Expansion Output Modules Specifications

Attribute	1762-OA8	1762-OB8	1762-OB16
Voltage Category	100...240V AC	24V DC	24V DC
Operating Voltage Range	85...265V AC @ 47...63 Hz	20.4...26.4V DC	20.4...26.4V DC
Number of Outputs	8	8	16
Number of Commons	2	1	1
Bus Current Draw, max	115 mA @ 5V DC (0.575 W)	115 mA @ 5V DC (0.575 W)	175 mA @ 5V DC (0.88 W)
Heat Dissipation, max	2.9 Total Watts	1.61 Total Watts	2.9 Total watts @ 30 °C (86 °F) 2.1 Total watts at 55 °C (131 °F)
Signal Delay, max - resistive load	On Delay: 1/2 cycle Off Delay: 1/2 cycle	On Delay: 0.1 ms Off Delay: 1.0 ms	On Delay: 0.1 ms Off Delay: 1.0 ms
Off-state Leakage, max	2 mA @ 132V 2.5 mA @ 265V	1.0 mA	1.0 mA
On-state Current, min	10 mA	1.0 mA	1.0 mA
On-state Voltage Drop, max	1.5V @ 0.5 A	1.0V DC	1.0Vdc
Continuous Current per Point, max	0.25 A @ 55 °C (131 °F) 0.5 A @ 30 °C (86 °F)	0.5 A @ 55 °C (131 °F) 1.0 A @ 30 °C (86 °F)	0.5 A @ 55 °C (131 °F) 1.0 A @ 30 °C (86 °F)
Continuous Current per Common, max	1.0 A @ 55° (131 °F) 2.0 A @ 30 °C (86 °F)	4.0 A @ 55 °C (131 °F) 8.0 A @ 30 °C (86 °F)	4.0 A @ 55 °C (131 °F) 8.0 A @ 30 °C (86 °F)
Continuous Current per Module, max	2.0 A @ 55 °C (131 °F) 4.0 A @ 30 °C (86 °F)	4.0 A @ 55 °C (131 °F) 8.0 A @ 30 °C (86 °F)	4.0 A @ 55 °C (131 °F) 8.0 A @ 30 °C (86 °F)
Surge Current, max	5.0 A <sup>(1)</sup>	2.0 A <sup>(2)</sup>	2.0 <sup>(2)</sup>

(1) Repeatability is once every 2 seconds for a durations of 25 ms.

(2) Repeatability is once every 2 seconds @ 55 °C (131 °F), once every second @ 30 °C (86 °F) for a duration of 10 ms.

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

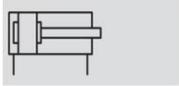
FESTO

Hoja de datos

Funcionamiento

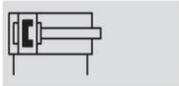
**DNC-...**

Sin detección de posiciones



**DNC-...-A-...**

Con detección de posiciones



- Diámetro  
32 ... 125 mm
- Carrera  
10 ... 2 000 mm

- [www.festo.com](http://www.festo.com)

Juegos de piezas de repuesto  
→ 22



- Cilindros según la norma ISO 15552 (corresponde a las normas anteriores ISO 6431, DIN ISO 6431, VDMA 24 562, NF E 49 003.1 y UNI 10290)



DIN



Datos técnicos generales							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Conexión neumática	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{2}$	G $\frac{1}{2}$
Rosca del vástago	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5	M27x2
	K3	M6	M8	M10	M10	M12	M16
	K5	M10	M12	M16	M16	M20	M27
Construcción	Émbolo						
	Vástago						
	Tubo perfilado						
Holgura máxima de giro del vástago [°]	Q ±0,65	±0,6	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	-
Amortiguación	Anillos y discos elásticos en ambos lados						
	Amortiguación neumática regulable en ambos lados						
Carrera de amortiguación [mm]	20	20	22	22	32	32	42
PPV							
Detección de posiciones	Para detectores de posición						
Tipo de fijación	Con rosca interior						
	Con accesorios						
Posición de montaje	Indistinta						

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

FESTO

Hoja de datos

Condiciones de funcionamiento y del entorno								
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125	
Fluido	Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación							
Presión de funcionamiento [bar]	0,6 ... 12						0,6 ... 10	
	R8	1,5 ... 12					1,5 ... 10	
	S11	Después de 10 carreras						
		0,16 ... 12		0,1 ... 12		0,06 ... 12		0,06 ... 10
		Después de 24 horas						
TT	1 ... 12					-		
Temperatura ambiente [°C]	-20 ... +80							
	S6	0 ... 120						
	TT	-40 ... +80					-	
Clase de resistencia a la corrosión	2		3					
Certificación	Germanischer Lloyd							
ATEX	Tipos especiales → <a href="http://www.festo.com">www.festo.com</a>							

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Fuerza teórica con 6 bar en avance	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712	7 363
	S2/S20	415	633	990	1 682	2 721	4 418
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
	S2/S20	415	633	990	1 682	2 721	6 881
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	0,1	0,2	0,2	0,5	0,9	1,2	5

Velocidad de impacto admisible:  $v = \sqrt{\frac{2 \times E}{m}}$

Masa máxima admisible:  $m = \frac{2 \times E}{v^2}$

$v$  Velocidad admisible del impacto  
 $E$  Energía máxima admisible del impacto  
 $m$  Masa móvil (actuador)  
 $m$  Carga útil móvil

**Importante**  
 Los datos se refieren a los valores máximos posibles. Debe tenerse en cuenta la energía máxima admisible del impacto.

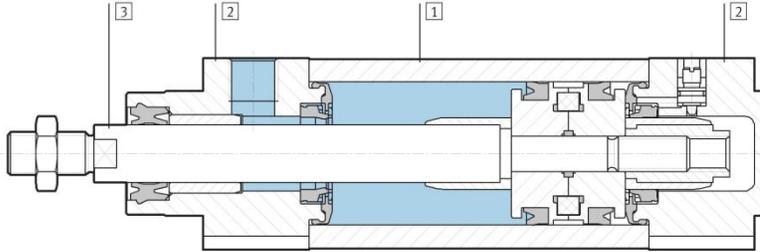
# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Hoja de datos



## Materiales

Vista en sección



Cilindro normalizado	Tipo básico	CT	K10	R3
1 Tubo perfilado	Aleación forjada de aluminio anodizado liso	Aleación forjada de aluminio anodizado	Aleación forjada de aluminio anodizado liso	
2 Culatas anterior y posterior	Fundición inyectada de aluminio			
3 Vástago	Acero de aleación fina		Aleación forjada de aluminio anodizado	Acero inoxidable de aleación fina
- Juntas	Poliuretano, caucho nitrílico			

Cilindro normalizado	R8	S6	S10	S11	TT
1 Tubo perfilado	Aleación forjada de aluminio anodizado liso				
2 Culatas anterior y posterior	Fundición inyectada de aluminio				Recubierto de aluminio
3 Vástago	Acero templado, cromado duro	Acero de aleación fina			
- Juntas	Poliuretano, caucho nitrílico	Caucho fluorado			Poliuretano

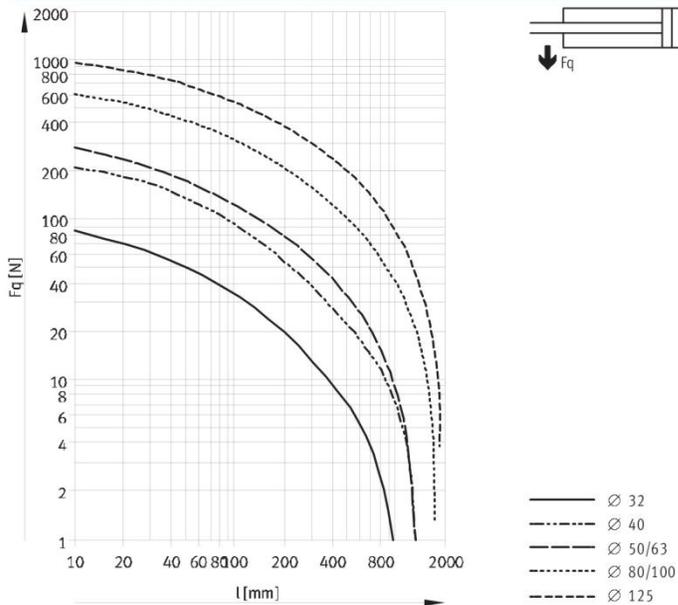
# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Hoja de datos



## Fuerza transversal Fq en función de la carrera l

Tipo básico

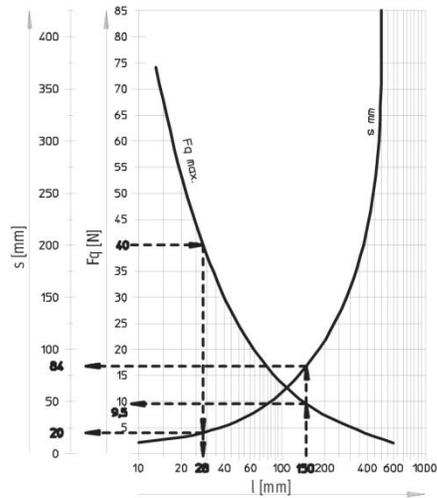


## Fuerza transversal $F_q$ máx. en función de la carrera $l$ y de la palanca $s$

Q: Vástago cuadrado

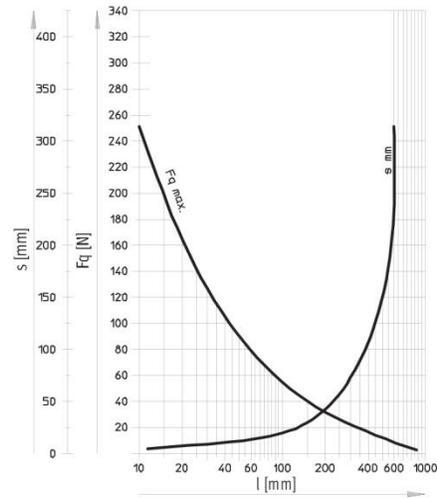
Ø 32

Momento de giro máx. = 800 Nmm / Carrera máx. = 300 mm



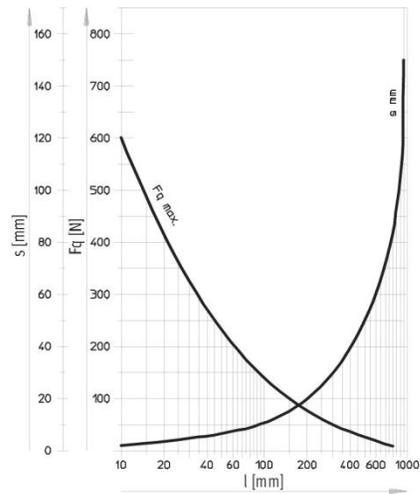
Ø 40

Momento de giro máx. = 1 100 Nmm / Carrera máx. = 400 mm



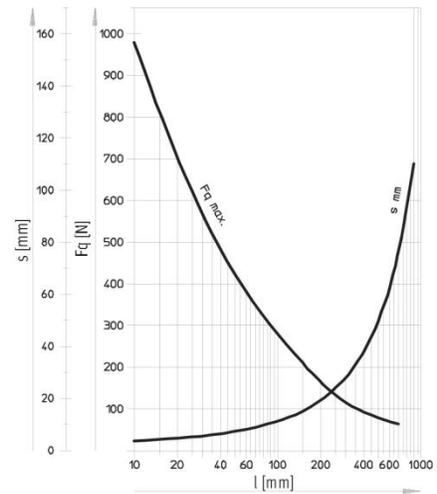
Ø 50/63

Momento de giro máx. = 1 500 Nmm / Carrera máx. = 500 mm



Ø 80/100

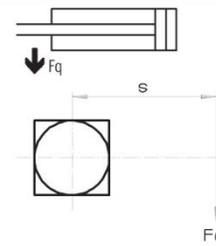
Momento de giro máx. = 3 000 Nmm / Carrera máx. = 600 mm



### Ejemplos para diámetro de émbolo de 32 mm

Ejemplo 1:	Ejemplo 2:
Carrera $l$ = 150 mm	Fuerza transversal $F_q$ = 40 N
Resultado: permitido	Resultado: permitido
Fuerza transversal $F_q$ = 9,5 N	Carrera $l$ = 28 mm
Palanca $s$ = 84 mm	Palanca $s$ = 20 mm

Ejemplo 3:  
 Carrera  $l$  = 150 mm  
 Palanca  $s$  = 20 mm  
 $F_q$  = Momento de giro máx 800 Nmm / Palanca 100 mm  
 = 8 N  
 Resultado: permitido  
 $F_q$  = 8 N  $F_q$  = 9,5 N



# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Hoja de datos

FESTO

Pesos [g]							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
<b>Tipo básico</b>							
Peso con carrera de 0 mm	517	800	1 260	1 709	2 790	4 653	6 771
Peso adicional por 10 mm de carrera	30	45	64	73	106	115	168
Masa móvil con carrera de 0 mm	162	307	538	663	1 131	1 544	2 809
Masa adicional por 10 mm de carrera	9	16	25	25	38	38	63
<b>Q: Vástago cuadrado</b>							
Peso con carrera de 0 mm	504	738	1 187	1 632	2 652	4 508	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	29	41	60	68	99	108	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	149	244	465	587	994	1 399	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	8	11	20	20	31	31	–
<b>S2: Doble vástago</b>							
Peso con carrera de 0 mm	576	895	1 390	1 917	3 114	5 297	7 529
Peso adicional por 10 mm de carrera	39	61	89	98	144	153	231
Masa móvil con carrera de 0 mm	170	330	560	711	1 200	1 660	2 925
Masa adicional por 10 mm de carrera	18	32	50	50	76	76	126
<b>K10: Vástago galvanizado y pulido</b>							
Peso con carrera de 0 mm	443	655	1 001	1 437	2 302	4 138	5 719
Peso adicional por 10 mm de carrera	24	35	47	57	81	90	127
Masa móvil con carrera de 0 mm	88	162	279	391	643	1 029	1 757
Masa adicional por 10 mm de carrera	3	6	8	9	13	13	22
<b>S2-K10: Doble vástago anodizado y pulido</b>							
Peso con carrera de 0 mm	514	766	1 181	1 676	2 701	4 821	6 674
Peso adicional por 10 mm de carrera	27	40	56	65	94	103	148
Masa móvil con carrera de 0 mm	108	201	351	470	787	1 184	2 070
Masa adicional por 10 mm de carrera	6	11	17	17	26	26	43
<b>TI: Bajas temperaturas</b>							
Peso con carrera de 0 mm	520	876	1 279	2 112	2 972	5 039	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	31	46	65	73	108	116	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	108	204	363	460	802	1 045	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	9	16	25	25	39	39	–
<b>TI-S2: Bajas temperaturas con doble vástago</b>							
Peso con carrera de 0 mm	606	1 020	1 546	2 401	3 453	5 617	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	40	62	89	98	147	154	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	169	326	573	687	1 199	1 473	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	18	32	49	49	77	77	–

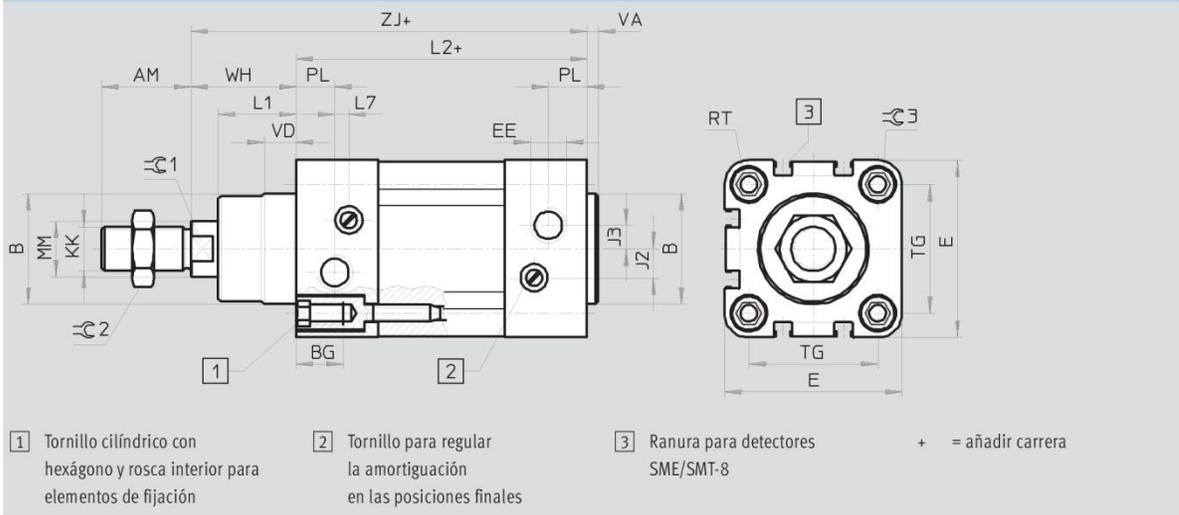
# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Hoja de datos

FESTO

Dimensiones: tipo básico

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)



∅ [mm]	AM	B ∅ d11	BG	E	EE	J2		J3	KK	L1	L2
							TT				
32	22	30	16	45	G1/8	6		5,2	M10x1,25	18	94
40	24	35	16	54	G1/4	8		6	M12x1,25	21,5	105
50	32	40	17	64	G1/4	10,4	11	8,5	M16x1,5	28	106
63	32	45	17	75	G3/8	12,4		10	M16x1,5	28,5	121
80	40	45	17	93	G3/8	12,5		8	M20x1,5	34,7	128
100	40	55	17	110	G1/2	12		10	M20x1,5	38,2	138
125	54	60	22	134	G1/2	13		8	M27x2	46	160

∅ [mm]	L7	MM ∅	PL	RT	TG	VA	VD	WH	ZJ	∅C1	∅C2	∅C3
32	3,3	12	15,6	M6	32,5	4	10	26	120	10	16	6
40	3,6	16	14	M6	38	4	10,5	30	135	13	18	6
50	5,1	20	14	M8	46,5	4	11,5	37	143	17	24	8
63	6,6	20	17	M8	56,5	4	15	37	158	17	24	8
80	10,5	25	16,4	M10	72	4	15,7	46	174	22	30	6
100	8	25	18,8	M10	89	4	19,2	51	189	22	30	6
125	14	32	18	M12	110	6	20,5	65	225	27	36	8

## Detectores de proximidad SIEN, inductivo



Tabla de datos: distancia de detección normalizada, tipo básico

Industria, más datos							
Tamaño	4 mm	M5	6,5 mm	M8	M12	M18	M30
Resistencia a cortocircuitos	Sincronizado						
Circuito protector inductivo	Incorporada						
Protección contra tensión inductiva	Incorporada						

Características electrónicas							
Tamaño	4 mm	M5	6,5 mm	M8	M12	M18	M30
Tensión de funcionamiento [V DC]	10 ... 30					15 ... 34	
Inductancia residual [%]	10			±10			
Intensidad en reposo [mA]	≤ 10					≤ 30	
Protección contra polarización inversa	En todas las conexiones eléctricas						

Características electromecánicas							
Tamaño	4 mm	M5	6,5 mm	M8	M12	M18	M30
Cable							
Conexión eléctrica	Cable trifilar						
Longitud del cable [m]	2,5						
Material del recubrimiento del cable	PUR						

Conector tipo clavija							
Conexión eléctrica	Conector tipo clavija M8x1, 3 contactos	Conector tipo clavija M12x1, 3 contactos	Conector tipo clavija M12x1, 3 contactos	Conector tipo clavija M18x1, 3 contactos			
Material del recubrimiento del cable	PUR			-			

Características mecánicas										
Tamaño	4 mm	M5	6,5 mm	M8	M12	M18	M30			
Tipo de fijación	Con fijación por apriete	Con tuerca	Con fijación por apriete	Con tuerca			Con tuerca			
Tipo de montaje	Enrasado			Enrasado	Sin enrasar	Enrasado	Sin enrasar	Enrasado	Sin enrasar	Enrasado
Momento de apriete [Nm]	-	2	-	-			25		50	
Peso										
Peso del producto [g]	48	48	45	53	110	90	120	170		
Información sobre el material del cuerpo										
Acero de aleación fina, inoxidable				Latón cromado			Latón niquelado			
-			PA	-			-			
-			-	PBT			-			

Conector tipo clavija											
Peso del producto [g]	9	9	4	18	18	30	25	40	40	100	
Información sobre el material del cuerpo	Acero de aleación fina, inoxidable					-		-			

# Detectores de proximidad SIEN, inductivo



Hoja de datos: distancia de detección normalizada, tipo básico

Recepción/emisión							
Tamaño	4 mm	M5	6,5 mm	M8	M12	M18	M30
Temperatura ambiente con cableado móvil [°C]	-		-5 ... +70		-	-	
Clase de protección	-		IP65			-	
	IP67		IP67			IP67	
Clase de resistencia a la corrosión <sup>1)</sup>	-		2			-	

1) Clase de resistencia a la corrosión 2 según norma de Festo 940 070

Válida para piezas expuestas a moderado peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente decorativas.

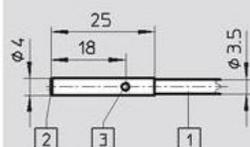
Ocupación de los contactos del conector tipo clavija, según EN 60947-5-2															
M8x1, 3 contactos				M12x1, 3 contactos											
Normalmente abierto/Normalmente cerrado				Contacto normalmente abierto				Contacto normalmente cerrado							
	Pin	Color del hilo	Asignación		Pin	Color del hilo	Asignación		Pin	Color del hilo	Asignación				
	1	Marrón	+		1	Marrón	+		1	Marrón	+		3	Azul	-
	3	Azul	-		3	Azul	-		2	Blanco	Salida				
	4	Negro	Salida		4	Negro	Salida								

Dimensiones: 4 mm

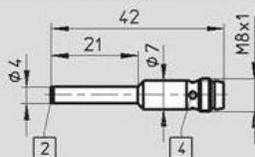
Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado

Cable



Conector tipo clavija



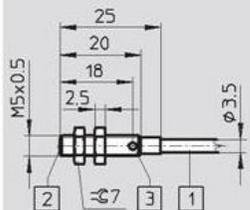
- 1 Cable de conexión
- 2 Superficie activa
- 3 Diodo luminoso
- 4 4 diodos luminosos

Dimensiones: M5

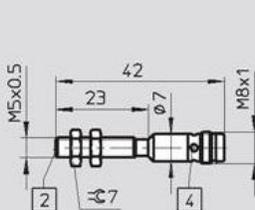
Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado

Cable



Conector tipo clavija



- 1 Cable de conexión
- 2 Superficie activa
- 3 Diodo luminoso
- 4 4 diodos luminosos

# Detectores de proximidad SIEN, inductivo

Hoja de datos: distancia de detección normalizada, tipo básico

FESTO

**Dimensiones: M8** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado		Montaje saliente	
Cable	Conector tipo clavija	Cable	Conector tipo clavija
1 Cable de conexión	2 Superficie activa	3 Diodo luminoso	4 4 diodos luminosos

**Dimensiones: M12** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado		Montaje saliente	
Cable	Conector tipo clavija	Cable	Conector tipo clavija
1 Cable de conexión	2 Superficie activa	3 Diodo luminoso	4 4 diodos luminosos

**Dimensiones: M18** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado		Montaje saliente	
Cable	Conector tipo clavija	Cable	Conector tipo clavija
1 Cable de conexión	2 Superficie activa	3 Diodo luminoso	4 4 diodos luminosos

**Dimensiones: M30** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado		Montaje saliente	
Cable	Conector tipo clavija	Cable	Conector tipo clavija
1 Cable de conexión	2 Superficie activa	3 Diodo luminoso	4 4 diodos luminosos

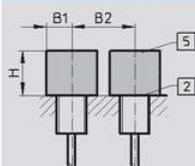
# Detectores de proximidad SIEN, inductivo

Hoja de datos: distancia de detección normalizada, tipo básico

FESTO

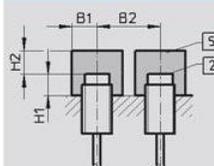
## Instrucciones para el montaje

### Montaje enrasado



- 2 Superficie activa
- 5 Espacio sin metal

### Montaje saliente



- 2 Superficie activa
- 5 Espacio sin metal

Tamaño	B1	B2	H
4 mm	2,5	5	2
M5	3,3	5	2,4
6,5 mm	5	9,5	4,5
M8	5,5	10	4,5
M12	8	18	6
M18	14	32	15
M30	25	60	30

Tamaño	B1	B2	H1	H2
M8	9	16	8	7,5
M12	12	28	6	12
M18	20	50	10	24
M30	30	75	15	45

## Referencias

Tamaño	S <sub>n</sub> <sup>1)</sup> [mm]	Tipo de montaje	Salida conmutada	Funcionamiento del elemento de maniobra	Conexión eléctrica				
					Cable		Conector tipo clavija		
					Nº art.	Tipo	Nº art.	Tipo	
4 mm	0,8	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150362	SIEN-4B-PS-K-L	150363	SIEN-4B-PS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150366	SIEN-4B-PO-K-L	150367	SIEN-4B-PO-S-L	
				NPN	Contacto normalmente abierto	150360	SIEN-4B-NS-K-L	150361	SIEN-4B-NS-S-L
					Contacto normalmente cerrado	150364	SIEN-4B-NO-K-L	150365	SIEN-4B-NO-S-L
M5	0,8	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150370	SIEN-M5B-PS-K-L	150371	SIEN-M5B-PS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150374	SIEN-M5B-PO-K-L	150375	SIEN-M5B-PO-S-L	
				NPN	Contacto normalmente abierto	150368	SIEN-M5B-NS-K-L	150369	SIEN-M5B-NS-S-L
					Contacto normalmente cerrado	150372	SIEN-M5B-NO-K-L	150373	SIEN-M5B-NO-S-L
6,5 mm	1,5	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150378	SIEN-6,5B-PS-K-L	150379	SIEN-6,5B-PS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150382	SIEN-6,5B-PO-K-L	150383	SIEN-6,5B-PO-S-L	
				NPN	Contacto normalmente abierto	150376	SIEN-6,5B-NS-K-L	150377	SIEN-6,5B-NS-S-L
					Contacto normalmente cerrado	150380	SIEN-6,5B-NO-K-L	150381	SIEN-6,5B-NO-S-L
M8	1,5	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150386	SIEN-M8B-PS-K-L	150387	SIEN-M8B-PS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150390	SIEN-M8B-PO-K-L	150391	SIEN-M8B-PO-S-L	
			NPN	Contacto normalmente abierto	150384	SIEN-M8B-NS-K-L	150385	SIEN-M8B-NS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150388	SIEN-M8B-NO-K-L	150389	SIEN-M8B-NO-S-L	
	2,5	Sin enrasar	PNP	Contacto normalmente abierto	150394	SIEN-M8NB-PS-K-L	150395	SIEN-M8NB-PS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150398	SIEN-M8NB-PO-K-L	150399	SIEN-M8NB-PO-S-L	
NPN	Sin enrasar	Contacto normalmente abierto	150392	SIEN-M8NB-NS-K-L	150393	SIEN-M8NB-NS-S-L			
		Contacto normalmente cerrado	150396	SIEN-M8NB-NO-K-L	150397	SIEN-M8NB-NO-S-L			

1) S<sub>n</sub> Distancia de conmutación de referencia [mm]

# Detectores de proximidad SIEN, inductivo

FESTO

Hoja de datos: distancia de detección normalizada, tipo básico

Referencias								
Tamaño	S <sub>n</sub> <sup>1)</sup> [mm]	Tipo de montaje	Salida conmutada	Funcionamiento del elemento de maniobra	Conexión eléctrica			
					Cable		Conector tipo clavija	
					Nº art.	Tipo	Nº art.	Tipo
<b>M12</b>								
	2,0	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150402	SIEN-M12B-PS-K-L	150403	SIEN-M12B-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150406	SIEN-M12B-PO-K-L	150407	SIEN-M12B-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150400	SIEN-M12B-NS-K-L	150401	SIEN-M12B-NS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150404	SIEN-M12B-NO-K-L	150405	SIEN-M12B-NO-S-L
	4,0	Sin enrasar	PNP	Contacto normalmente abierto	150410	SIEN-M12NB-PS-K-L	150411	SIEN-M12NB-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150414	SIEN-M12NB-PO-K-L	150415	SIEN-M12NB-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150408	SIEN-M12NB-NS-K-L	150409	SIEN-M12NB-NS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150412	SIEN-M12NB-NO-K-L	150413	SIEN-M12NB-NO-S-L
<b>M18</b>								
	5,0	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150418	SIEN-M18B-PS-K-L	150419	SIEN-M18B-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150422	SIEN-M18B-PO-K-L	150423	SIEN-M18B-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150416	SIEN-M18B-NS-K-L	150417	SIEN-M18B-NS-S-L
Contacto normalmente cerrado	150420	SIEN-M18B-NO-K-L		150421	SIEN-M18B-NO-S-L			
	8,0	Sin enrasar	PNP	Contacto normalmente abierto	150426	SIEN-M18NB-PS-K-L	150427	SIEN-M18NB-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150430	SIEN-M18NB-PO-K-L	150431	SIEN-M18NB-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150424	SIEN-M18NB-NS-K-L	150425	SIEN-M18NB-NS-S-L
Contacto normalmente cerrado	150428	SIEN-M18NB-NO-K-L		150429	SIEN-M18NB-NO-S-L			
<b>M30</b>								
	10,0	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150434	SIEN-M30B-PS-K-L	150435	SIEN-M30B-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150438	SIEN-M30B-PO-K-L	150439	SIEN-M30B-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150432	SIEN-M30B-NS-K-L	150433	SIEN-M30B-NS-S-L
Contacto normalmente cerrado	150436	SIEN-M30B-NO-K-L		150437	SIEN-M30B-NO-S-L			
	15,0	Sin enrasar	PNP	Contacto normalmente abierto	150442	SIEN-M30NB-PS-K-L	150443	SIEN-M30NB-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150446	SIEN-M30NB-PO-K-L	150447	SIEN-M30NB-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150440	SIEN-M30NB-NS-K-L	150441	SIEN-M30NB-NS-S-L
Contacto normalmente cerrado	150444	SIEN-M30NB-NO-K-L		150445	SIEN-M30NB-NO-S-L			

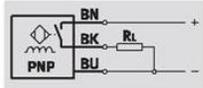
1) S<sub>n</sub> Distancia de conmutación de referencia [mm]

# Detectores de proximidad SIEN-...-PA, inductivo



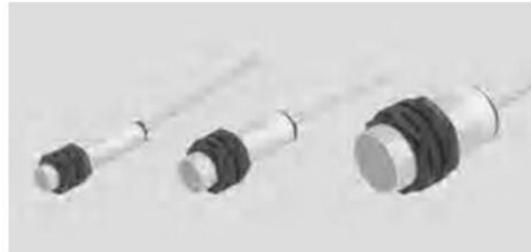
Hoja de datos: distancia de detección normalizada, cuerpo de poliamida

Función<sup>1)</sup>



1) Por ejemplo, contacto normalmente abierto con salida PNP y cable

- Distancia normalizada de conmutación
- Resistentes a la corrosión
- Cuerpo de poliamida
- Para corriente continua
- Forma redonda



Datos técnicos generales							
Forma	Redonda						
Corresponde a la norma	EN 60947-5-2						
Certificación	c UL us - Listed (OL)						
	C-Tick						
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva de máquinas UE CEM						
Características del material	No contiene cobre ni PTFE						
Señal de entrada / elemento de medición							
Temperatura ambiente	[°C]	-25 ... +70					
Salida, general							
Tipo de montaje	Enrasado			Sin enrasar			
Tamaño	M12	M18	M30	M12	M18	M30	
Precisión de repetición	[mm]	0,04	0,1	0,2	0,08	0,16	0,3
Salida conmutada							
Tipo de montaje	Enrasado			Sin enrasar			
Tamaño	M12	M18	M30	M12	M18	M30	
Salida conmutada	PNP			PNP			
	NPN			NPN			
Funcionamiento del elemento de maniobra	Contacto normalmente abierto			Contacto normalmente abierto			
Distancia de conmutación calculada	[mm]	2	5	10	4	8	15
Distancia de detección asegurada	[mm]	1,62	4,05	8,1	3,24	6,48	12,15
Factores de reducción							
Aluminio	0,35 ... 0,5			0,35 ... 0,5			
Acero inoxidable 18/8	0,6 ... 1,0			0,6 ... 1,0			
Cobre	0,25 ... 0,45			0,25 ... 0,45			
Latón	0,35 ... 0,5			0,35 ... 0,5			
Acero 37	1,0			1,0			
Histéresis	[mm]	0,06 ... 0,3	0,15 ... 0,75	0,3 ... 1,5	0,12 ... 0,6	0,24 ... 1,2	0,45 ... 2,25
Frecuencia máxima de maniobra DC	[Hz]	2 000	1 000	500	2 000	1 000	500
Corriente máxima de salida	[mA]	200			200		
Caída de tensión	[V]	≤ 1,8			≤ 1,8		
Salida, más datos							
Resistencia a cortocircuitos	Sincronizado						

# Detectores de proximidad SIEN-...-PA, inductivo

FESTO

Hoja de datos: distancia de detección normalizada, cuerpo de poliamida

Parte electrónica		
Tensión de funcionamiento	[V DC]	10 ... 30
Ondulación residual	[%]	10
Intensidad en reposo	[mA]	≤ 15
Protección contra polarización inversa		En todas las conexiones eléctricas

Electromecánica	
Conexión eléctrica	Cable trifilar
Longitud del cable	[m] 2,5
Material del recubrimiento del cable	PVC
Información sobre el material de la capa aislante	PVC

Parte mecánica						
Tamaño	M12	M18		M30		
Tipo de fijación	Con tuerca					
Tipo de montaje	Enrasado	Sin enrasar	Enrasado	Sin enrasar	Enrasado	Sin enrasar
Par de apriete	[Nm] -	25	-	25	15	15
Peso del producto	[g] 41	38	124	141	48	48
Información sobre el material del cuerpo	PA reforzado					

Indicación / utilización	
Indicación de estado de conmutación	LED amarillo

Recepción/emisión						
Tipo de montaje	Enrasado			Sin enrasar		
Tamaño	M12	M18	M30	M12	M18	M30
Temperatura ambiente con cableado móvil	[°C] 0 ... +70			0 ... +70		
Clase de protección	IP65 IP67			IP67		
Clase de resistencia a la corrosión <sup>1)</sup>	4			4		

1) Clase de resistencia a la corrosión 4 según norma de Festo 940 070  
Piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas expuestas a sustancias agresivas, por ejemplo en la industria alimentaria o química. Si procede, deben realizarse pruebas especiales con las sustancias presentes en estas aplicaciones.

**Dimensiones** Datos CAD disponibles en → [www.festo.com](http://www.festo.com)

M12

M18

1 Cable de conexión     
 2 Superficie activa     
 3 Diodo luminoso

# Detectores de proximidad SIEN-...-PA, inductivo

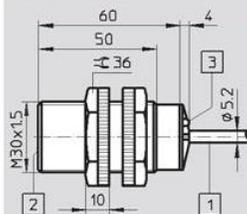


Hoja de datos: distancia de detección normalizada, cuerpo de poliamida

## Dimensiones

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

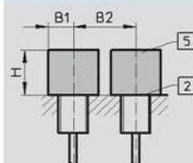
M30



- 1 Cable de conexión
- 2 Superficie activa
- 3 Diodo luminoso

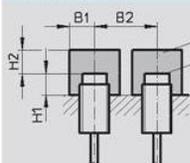
## Instrucciones para el montaje

### Montaje enrasado



- 2 Superficie activa
- 5 Espacio sin metal

### Montaje saliente



- 2 Superficie activa
- 5 Espacio sin metal

Tamaño	B1	B2	H
M12	18	24	6
M18	27	36	15
M30	45	60	30

Tamaño	B1	B2	H1	H2
M12	18	36	8	12
M18	27	54	16	24
M30	45	90	30	45

## Referencias

Tamaño	S <sub>n</sub> <sup>1)</sup> [mm]	Tipo de montaje	Salida conmutada	Funcionamiento del elemento de maniobra	Conexión eléctrica	
					Nº art.	Tipo
	2,0	Enrasado	PNP NPN	Contacto normalmente abierto	538323	SIEN-M12B-PS-K-L-PA
					538324	SIEN-M12B-NS-K-L-PA
	4,0	Sin enrasar	PNP NPN		538329	SIEN-M12NB-PS-K-L-PA
					538330	SIEN-M12NB-NS-K-L-PA
	5,0	Enrasado	PNP NPN	Contacto normalmente abierto	538325	SIEN-M18B-PS-K-L-PA
					538326	SIEN-M18B-NS-K-L-PA
	8,0	Sin enrasar	PNP NPN		538331	SIEN-M18NB-PS-K-L-PA
					538332	SIEN-M18NB-NS-K-L-PA
	10,0	Enrasado	PNP NPN	Contacto normalmente abierto	538327	SIEN-M30B-PS-K-L-PA
					538328	SIEN-M30B-NS-K-L-PA
	15,0	Sin enrasar	PNP NPN		538333	SIEN-M30NB-PS-K-L-PA
					538334	SIEN-M30NB-NS-K-L-PA

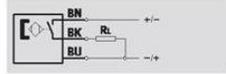
# Detectores SME-8 para ranura en T

Hoja de datos: Reed magnético

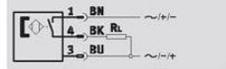
FESTO

## Función

Por ejemplo, contacto n.a., con cable, trifilar



Por ejemplo, contacto n. a., con conector tipo clavija,



- Principio de medición magnético Reed
- Introducción a lo largo de la ranura

## SME-8-SL

- Robustos mediante guías largas
- Conector directamente en el detector



SME-8



SME-8-SL

Datos técnicos generales					
Tipo	SME-8-K	SME-8-S	SME-8-O	SME-8-ZS	SME-8-SL
Forma	Para ranura en T				
Corresponde a la norma	EN 60947-5-2				
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva de máquinas UE CEM				
Características del material	No contiene cobre (exteriormente) ni PTFE				Conformidad con RoHS

Señal de entrada / elemento de medición							
Tipo	SME-8-K	SME-8-K5	SME-8-K-7,5	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Principio de medición	Magnético Reed						
Temperatura ambiente [°C]	-40 ... +60	-40 ... +70	-40 ... +70	-40 ... +70	-20 ... +60	-20 ... +60	-20 ... +60

Salida conmutada					
Tipo	SME-8-K	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Salida conmutada	Con contacto bipolar				
Funcionamiento del elemento de maniobra	Contacto normalmente abierto	Contacto normalmente abierto	Contacto normalmente abierto	Contacto normalmente cerrado	Contacto normalmente abierto
Reproducibilidad del valor de conmutación [mm]	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
Tiempo de conexión [ms]	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 2	≤ 0,6
Tiempo de desconexión [ms]	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,2	≤ 0,05
Frecuencia máxima de maniobra [Hz]	800	-	800	-	500
Corriente máxima de salida [mA]	500	500	80	50	500
Potencia de conmutación máx. AC [VA]	10	10	-	1,5	10
Potencia de conmutación máx. DC [W]	10	10	2,16	1,5	10
Caída de tensión [V]	0	-	≤ 3,5	≤ 2,5	0

Salida, más datos	
Resistencia a cortocircuitos	No
Resistencia a sobrecarga	No

Parte electrónica					
Tipo	SME-8-K	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Tensión de funcionamiento [V AC]	12 ... 30	12 ... 30	-	12 ... 30	10 ... 30
Tensión de funcionamiento [V DC]	12 ... 30	12 ... 30	12 ... 27	12 ... 30	10 ... 30
Protección contra polarización inversa	No				

# Detectores SME-8 para ranura en T

FESTO

Hoja de datos: Reed magnético

Electromecánica							
Tipo	SME-8-K	SME-8-K5	SME-8-K-7,5	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Conexión eléctrica	Cable trifilar			Cable con conector tipo zócalo M8x1, 3 contactos	Cable bifilar	Cable trifilar	Conector tipo clavija M8x1, 3 contactos
Sentido de la salida de la conexión	Longitudinal						
Longitud del cable [m]	2,5	5	7,5	0,3	2,5	7,5	-
Material del recubrimiento del cable	Poliuretano						

Parte mecánica							
Tipo	SME-8-K	SME-8-K5	SME-8-K-7,5	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Tipo de fijación	Fijación en la ranura en T Introducción a lo largo de la ranura						
Información sobre el material del cuerpo	Resina epoxi						
	Policarbonato						
	Polibutilenotereftalato						
	-				Acero de aleación fina, inoxidable	-	

Indicación / utilización	
Indicación de estado de conmutación	LED amarillo

Recepción/emisión							
Tipo	SME-8-K	SME-8-K5	SME-8-K-7,5	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Temperatura ambiente con cableado móvil [°C]	-5 ... +60	-5 ... +70	-5 ... +70	-5 ... +70	-5 ... +60	-5 ... +60	-
Clase de protección	IP65			-	IP65	-	IP65
	IP67			IP67	IP67	IP67	IP67
Tensión de aislamiento [V]	50						
Resistencia a sobretensión [kV]	3	3	3	3	3	3	3
Grado de ensuciamiento	3						

Ocupación de los contactos del conector tipo clavija, según EN 60947-5-2			
S			
Conector de 3 polos			
M8x1	Pin	Color del hilo	Asignación
	1	Marrón	+
	3	Azul	-
	4	Negro	Salida

# Detectores SME-8 para ranura en T

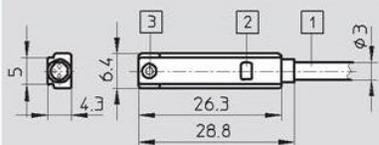
Hoja de datos: Reed magnético

FESTO

## Dimensiones

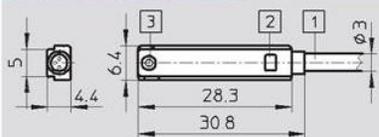
Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

### Contacto abierto en reposo, cable



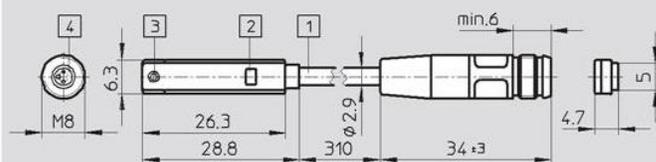
- 1 Cable de conexión
- 2 Diodo luminoso amarillo
- 3 Pieza de fijación

### Contacto cerrado en reposo, cable



- 1 Cable de conexión
- 2 Diodo luminoso amarillo
- 3 Pieza de fijación

### Conector M8x1



- 1 Cable de conexión
- 2 Conector tipo clavija para cable NEBU-M8
- 3 Pieza de fijación
- 4 Diodo luminoso amarillo

## Referencias

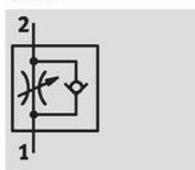
	Salida conmutada	Conexión eléctrica			Longitud del cable [m]	Nº art.	Tipo
		Cable	Cable con conector tipo clavija M8x1	Conector M8x1			
<b>Normalmente abierto, tipo básico</b>							
	Con contacto bipolar	Trifilar	–	–	2,5	150855	SME-8-K-LED-24
					5,0	175404	SME-8-K5-LED-24
					7,5	530491	SME-8-K-7,5-LED-24
	Con contacto bipolar	–	3 contactos	–	0,3	150857	SME-8-S-LED-24
		Bifilar	–	–	2,5	171169	SME-8-ZS-KL-LED-24
	Con contacto bipolar	–	–	3 contactos	–	526622	SME-8-SL-LED-24
<b>Contacto normalmente cerrado</b>							
	Con contacto bipolar	Trifilar	–	–	7,5	160251	SME-8-O-K-LED-24

# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras

FESTO

Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

Función



Válvula reguladora de caudal, estrangulación del escape  
GRLA/GRXA

- Bajo caudal: Ajuste preciso para velocidades bajas
- Racor QS
- Conexión montada girable en 360°

Variantes:

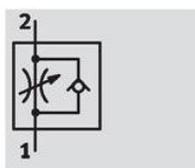
- Regulación mediante tornillo con ranura o tornillo moleteado
- Conexión giratoria, salida en L
- Conexión giratoria, salida paralela



GRL...-QS...-D

GRL...-QS...-RS-D

GRXA...-QS...-D



Válvula reguladora de caudal, estrangulación del aire de alimentación  
GRLZ

## Datos técnicos generales

Rosca para atornillar		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2	
Función de válvula	GRLA/GRXA	Válvula reguladora de caudal, antirretorno del escape					
	GRLZ	Válvula reguladora de caudal, antirretorno del aire de alimentación					
Elemento de ajuste	Tornillo con ranura o moleteado						
Tipo de fijación	Atornillable						
Posición de montaje	Indistinta						
Características especiales	GRLA/GRLZ	Estando montada, girable indistintamente por el eje de atornillamiento					
	GRXA	Conexión giratoria en sentido indistinto			-	-	
Par de apriete máx.	GRL...-D	[Nm]	1,5	5,5	11	20	40

## Condiciones de funcionamiento y del entorno

Rosca para atornillar		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2
Fluido	Aire comprimido seco, con o sin lubricación, grado de filtración 40 µm					
Presión de funcionamiento	[bar]	0,2 ... 10				
Temperatura de almacenamiento	[°C]	-10 ... +40				
Temperatura ambiente	[°C]	-10 ... +60				
Temperatura del fluido	[°C]	-10 ... +60				

## Pesos [g]

Rosca para atornillar		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2
GRL...-D		13	22	42	60	106
	GRXA...-D	-	16	26	47	-
GRLA...-MF-D		-	32	-	-	-
	GRLA...-RS-D	14	23	30	40	-
GRLA...-RS-QS...-D		-	24	50	72	124
	GRLA...-RS-QS...-MF-D	-	40	-	-	-

# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras



Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

Caudal nominal normal qnN [l/min] con 6 bar → 5 bar							
Rosca para atornillar		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2	
Válvula reguladora de caudal, antirretorno del escape							
Características del caudal		LF	MF	LF	LF	LF	LF
GRLA-/GRXA- ... -D	QS-3	D <sup>1)</sup>	0 ... 100	–	0 ... 130	–	–
		R <sup>2)</sup>	60 ... 100	–	100 ... 130	–	–
	QS-4	D	0 ... 100	–	0 ... 160	–	–
		R	65 ... 110	–	120 ... 190	–	–
	QS-6	D	0 ... 115	0 ... 400	0 ... 185	0 ... 400	0 ... 495
		R	70 ... 110	290 ... 420	160 ... 240	290 ... 420	320 ... 495
	QS-8	D	–	0 ... 475	0 ... 215	0 ... 475	0 ... 820
		R	–	325 ... 500	175 ... 250	325 ... 500	450 ... 850
	QS-10	D	–	–	–	0 ... 480	0 ... 900
		R	–	–	–	345 ... 500	540 ... 975
	QS-12	D	–	–	–	–	0 ... 1 580
		R	–	–	–	–	925 ... 1 605
Válvula reguladora de caudal, antirretorno del aire de alimentación							
GRLZ-...-D	QS-3	D	0 ... 100	–	0 ... 130	–	–
		R	60 ... 100	–	100 ... 130	–	–
	QS-4	D	0 ... 100	–	0 ... 160	–	–
		R	65 ... 110	–	120 ... 190	–	–
	QS-6	D	0 ... 115	–	0 ... 185	–	–
		R	70 ... 110	–	160 ... 240	–	–
	QS-8	D	–	–	0 ... 215	–	–
		R	–	–	175 ... 250	–	–

- 1) D: Sentido de estrangulación  
2) R: Sentido de bloqueo

Caudal nominal normal qn [l/min] con 6 bar → 0 bar							
Rosca para atornillar		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2	
Válvula reguladora de caudal, antirretorno del escape							
Características del caudal		LF	MF	LF	LF	LF	LF
GRLA-/GRXA- ... -D	QS-3	D <sup>1)</sup>	0 ... 145	–	0 ... 180	–	–
		R <sup>2)</sup>	150 ... 170	–	200 ... 220	–	–
	QS-4	D	0 ... 165	–	0 ... 250	–	–
		R	140 ... 160	–	270 ... 300	–	–
	QS-6	D	0 ... 185	0 ... 600	0 ... 370	0 ... 600	0 ... 740
		R	145 ... 170	570 ... 680	330 ... 390	570 ... 680	840 ... 890
	QS-8	D	–	0 ... 720	0 ... 400	0 ... 720	0 ... 1 300
		R	–	610 ... 760	330 ... 410	610 ... 760	1 080 ... 1 420
	QS-10	D	–	–	–	0 ... 760	0 ... 1 400
		R	–	–	–	630 ... 790	1 160 ... 1 620
	QS-12	D	–	–	–	–	0 ... 2 220
		R	–	–	–	–	1 910 ... 2 500
Válvula reguladora de caudal, antirretorno del aire de alimentación							
GRLZ-...-D	QS-3	D	0 ... 135	–	0 ... 200	–	–
		R	130 ... 160	–	180 ... 200	–	–
	QS-4	D	0 ... 160	–	0 ... 300	–	–
		R	150 ... 180	–	260 ... 290	–	–
	QS-6	D	0 ... 170	–	0 ... 340	–	–
		R	160 ... 200	–	390 ... 460	–	–
	QS-8	D	–	–	0 ... 370	–	–
		R	–	–	390 ... 470	–	–

- 1) D: Sentido de estrangulación  
2) R: Sentido de bloqueo

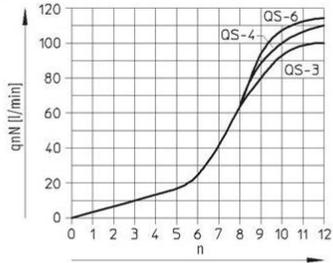
# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras

F

Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

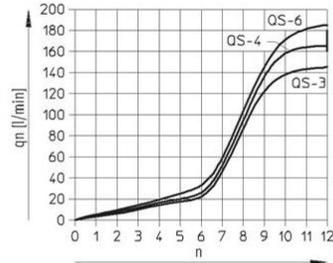
**Caudal nominal normal  $q_{nN}$  [l/min] con 6 bar  $\rightarrow$  5 bar en función de los giros  $n$  del husillo**

Rosca M5

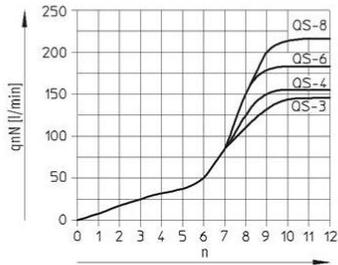


**Caudal nominal normal  $q_n$  con 6 bar  $\rightarrow$  0 bar en función de los giros  $n$  del husillo**

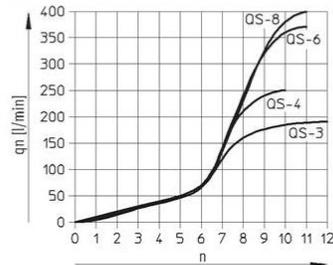
Rosca M5



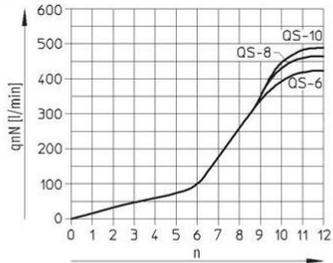
Rosca G1/8



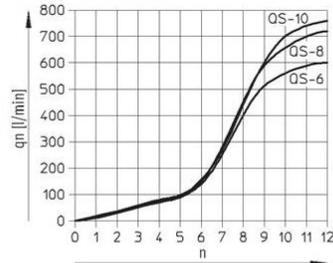
Rosca G1/8



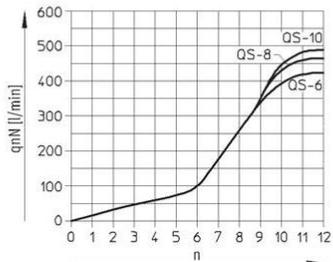
Rosca G1/8 con caudal MF



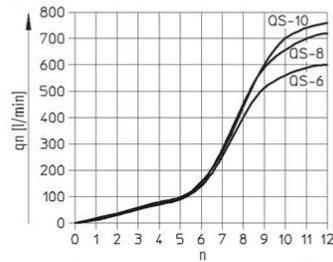
Rosca G1/8 con caudal MF



Rosca G1/4



Rosca G1/4



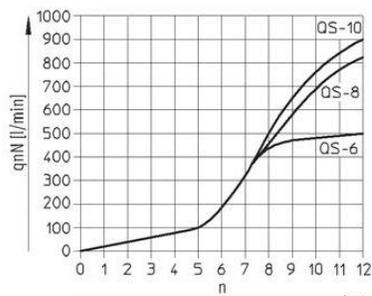
# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras

FESTO

Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

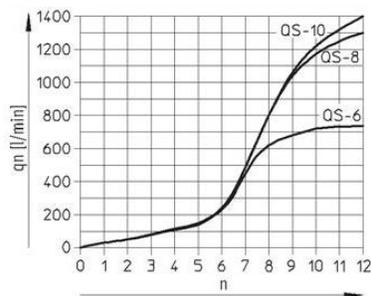
Caudal nominal normal  $q_{nN}$  [l/min] con 6 bar  $\rightarrow$  5 bar  
en función de los giros  $n$  del husillo

Rosca G $\frac{3}{8}$

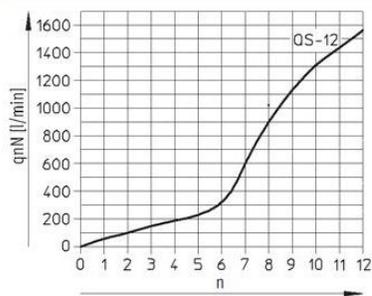


Caudal nominal normal  $q_n$  con 6 bar  $\rightarrow$  0 bar  
en función de los giros  $n$  del husillo

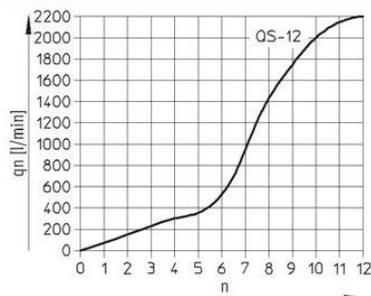
Rosca G $\frac{3}{8}$



Rosca G $\frac{1}{2}$

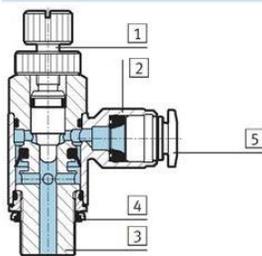


Rosca G $\frac{1}{2}$



## Materiales

Vista en sección



## Válvula reguladora de caudal

1	Tornillo de regulación	tornillo de ranura: latón tornillo moleteado: Acero inoxidable
2	Conexión orientable	Fundición inyectada de zinc
3	Parte roscada	Aleación de aluminio (M5: latón niquelado)
4	Junta	Caucho nitrílico
5	Anillo para soltar	Poliacetal
Materiales		Ejecuciones sin cobre ni PTFE ni silicona $\rightarrow$ Referencias

# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras

FESTO

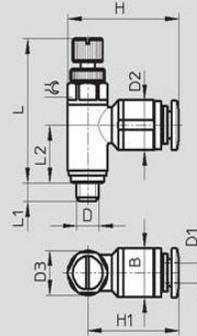
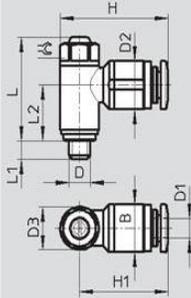
Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

## Dimensiones

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Conexión giratoria, salida en L, tornillo de ranura

Conexión giratoria, salida en L, tornillo moleteado



Rosca para atornillar D	Diámetro exterior del tubo flexible D1	B	D2 ∅	D3 ∅	H	H1	L máx.	L1	L2	⊕
Conexión giratoria, salida en L, tornillo de ranura										
M5	3	8,9	8,2 ±0,15	8,9 ±0,07	22,4	18	21,4	3,7 ±0,17/-0,25	11,65	8
	4	9,9	10,0 ±0,2		24,7	20,3			11,65	
	6	12	12,0 ±0,2		26,5	22			10,65	
G1/8	3	13,8	10,2 ±0,2	13,8 ±0,07	31,9	25	26,9	5,1 ±0,17/-0,25	14,4	12
	4		29,4		22,5	14,4				
	6		32,6		25,7	13,7				
	8		35,6		28,7	17,2				
G1/8 (MF)	6	17,8	12,5 ±0,2	17,8 ±0,15	36,6	27,7	31,5	5,9 ±0,17/-0,25	16,1	15
	8		14,5 ±0,2		39,6	30,7				
G1/4	6	17,8	12,5 ±0,2	17,8 ±0,15	36,6	27,7	31,5	5,9 ±0,17/-0,25	16,1	15
	8		14,5 ±0,2		30,7					
	10		17,5 ±0,2		42,0	33,1				
G3/8	6	22,4	12,5 ±0,2	22,4 ±0,15	39,8	28,6	36,0	6,95 ±0,15/-0,3	20,3	19
	8		14,5 ±0,2		44,1	32,9			19,3	
	10		17,5 ±0,2		46,7	35,5				
G1/2	12	27,8	20,5 ±0,15	27,8 ±0,15	55,3	41,4	42,3	8,15 ±0,15/-0,3	23,0	24
Conexión giratoria, salida en L, tornillo moleteado										
M5	3	8,9	8,2 ±0,15	8,9 ±0,07	22,4	18	31,3	3,7 ±0,17/-0,25	11,65	8
	4	9,9	10,0 ±0,2		24,7	20,3			11,65	
	6	12	12,0 ±0,2		26,5	22			10,65	
G1/8	3	13,8	10,2 ±0,2	13,8 ±0,07	31,9	25	40,4	5,1 ±0,17/-0,25	14,4	12
	4		10,2 ±0,2		29,4	22,5			14,4	
	6		12,5 ±0,2		32,6	25,7			13,7	
G1/8 (MF)	6	13,8	12,5 ±0,2	17,8 ±0,15	36,6	27,7	48	5,1 ±0,17/-0,25	17,2	15
	8		14,5 ±0,2		39,6	30,7				
G1/4	6	17,8	12,5 ±0,2	17,8 ±0,15	36,6	27,7	48,3	5,9 ±0,17/-0,25	16,1	15
	8		14,5 ±0,2		30,7					
	10		17,5 ±0,2		42,0	33,1				
G3/8	6	22,4	12,5 ±0,2	22,4 ±0,15	39,8	28,6	55,3	6,95 ±0,15/-0,3	20,3	19
	8		14,5 ±0,2		44,1	32,9			19,3	
	10		17,5 ±0,2		46,7	35,5				
G1/2	12	27,8	20,5 ±0,15	27,8 ±0,15	55,3	41,4	65,7	8,15 ±0,15/-0,3	23,0	24

# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras

FESTO

Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

**Dimensiones** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Conexión giratoria, salida paralela y giratoria, tornillo de ranura

The technical drawing shows a side view and a top view of the valve. The side view labels dimensions L1 (total length), L2 (length to the start of the valve body), L3 (length of the valve body), D (thread diameter), D1 (flexible tube outer diameter), D2 (valve body diameter), H (total height), H1 (height to the top of the valve body), and H2 (height to the top of the handle). The top view labels dimensions B (width), D3 (width of the mounting hole), and D1 (flexible tube outer diameter).

Rosca para atornillar D	Diámetro exterior del tubo flexible D1	B	D2 ∅ +0,15/-0,1	D3 ∅	H	H1	H2	L	L1	L2	L3	⊕
M5	3	8,9	8,2	8,9 ±0,07	20,7	16,25	12,15	21,4	3,6	11,5	29,6	8
	4	9,9	10		22,4	17,95	12,95	21,4	3,6	11,5	31,3	8
	6	12	12,2		24,7	20,25	14,15	21,4	3,6	11,5	33	8
G <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	3	13,8	10,2	13,8 ±0,07	27,6	20,7	15,6	26,9	4,9	14,1	37	12
	4		10,2		27,6	20,7	15,6	26,9	4,9	14,1	34,5	12
	6		12,2		29,6	22,7	16,6	26,9	4,9	14,1	36,7	12
	8		14,2		31,6	24,7	17,6	26,9	4,9	14,1	38,9	12
G <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	6	17,8	12,2	17,8 ±0,15	33,6	24,7	18,6	31,5	5,7	17,5	40,1	15
	8		14,2		35,6	26,7	19,6	31,5	5,7	17,5	42,3	15
	10		17,5		38,9	30	21,25	31,5	5,7	17,5	44,3	15

# Electroválvulas MFH-B, Tiger 2000

Hoja de datos: válvulas de 5/3 vías

FESTO

-  - Caudal  
1 000 ... 2 600 l/min

-  - Tensión  
12, 24, 42, 48 V DC  
24, 42, 48, 110, 230,  
240 V AC



Datos técnicos generales				
Conexión neumática		G1/8	G1/4	G3/8
Función de válvula		Válvula de 5/3 vías		
Construcción		Válvula de corredera		
Principio de estanqueidad		Juntas de material sintético		
Tipo de accionamiento		Eléctrico		
Forma de reposición		Muelle mecánico		
Tipo de mando		Servopilotaje		
Alimentación del aire de pilotaje		Interna o externa		
Sentido del flujo		Irreversible		
Función de escape		Con estrangulación		
Accionamiento manual auxiliar		Con accesorio, enclavado		
Tipo de fijación		Mediante taladros		
Posición de montaje		Indistinta		
Diámetro nominal [mm]		5	7	12
Caudal nominal	Cerrada [l/min]	1 000	1 600	2 000
	A escape [l/min]			
	A presión [l/min]			
Patrón [mm]		27	33	41
Peso del producto [g]		400	500	780

Condiciones de funcionamiento y del entorno				
Conexión neumática		G1/8	G1/4	G3/8
Fluido		Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar Vacío		
Presión de funcionamiento	Alimentación interna del aire de pilotaje [bar]	3 ... 10	3 ... 10	3 ... 10
	Alimentación externa del aire de pilotaje [bar]	-0,9 ... +10	-0,9 ... +10	-0,9 ... +10
Presión de pilotaje [bar]		3 ... 10	3 ... 10	3 ... 10
Temperatura ambiente [°C]		-5 ... +40		
Temperatura del fluido [°C]		-10 ... +60		

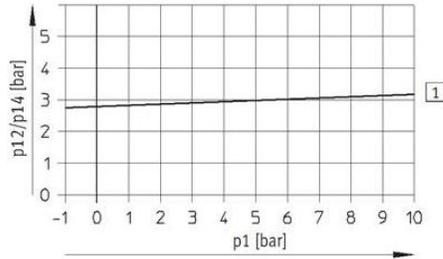
# Electroválvulas MFH-B, Tiger 2000

Hoja de datos: válvulas de 5/3 vías



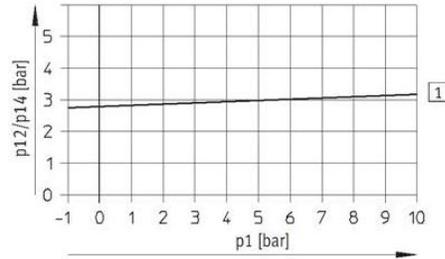
## Presión de mando mínima $p_{12}/p_{14}$ en función de la presión de funcionamiento $p_1$ (con alimentación externa del aire de pilotaje)

MFH-5/3...-1/8-S-B



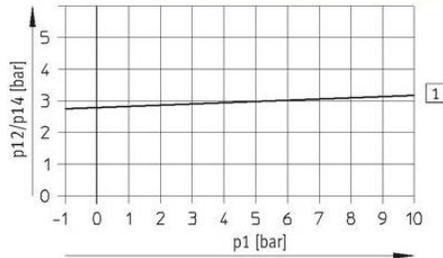
1 Conexión

MFH-5/3...-1/4-S-B



1 Conexión

MFH-5/3...-3/8-S-B



1 Conexión

## Tiempos de respuesta de la válvula [ms]

Conexión neumática	G1/8		G1/4		G3/8	
	Conexión	Desconexión	Conexión	Desconexión	Conexión	Desconexión
Cerrada	18	20	20	22	24	80
A escape	20	20	24	36	36	85
A presión	24	24	34	30	30	82

# Electroválvulas MFH-B, Tiger 2000

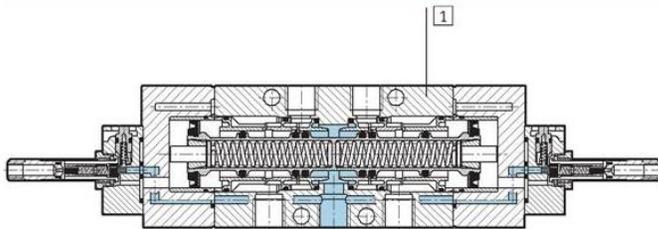
FESTO

Hoja de datos: válvulas de 5/3 vías

Datos eléctricos			
Bobinas F			
Conexión eléctrica		Lengüetas de conectores tipo zócalo MSSD-F, KMF	
Tensión de funcionamiento	Tensión continua	[V DC]	12, 24, 42, 48
	Tensión alterna	[V AC]	24, 42, 48, 110, 230, 240 (50 ... 60 Hz)
Valores característicos de las bobinas	Tensión continua	[W]	4,5
	Tensión alterna	[VA]	Atracción: 7,5 Mantenimiento: 6
Clase de protección según NE 60 529		IP65 (con conector tipo zócalo)	

## Materiales

Vista en sección



1	Cuerpo	Fundición inyectada de aluminio
-	Juntas	Caucho nitrílico

# Tapas de protección

Hoja de datos: tapón



Los tapones se colocan/atornillan en conexiones/aberturas no utilizadas para taponarlas. De esta manera se consiguen los siguientes resultados:

- Funcionamiento correcto del componente
- Obtención de una determinada clase de protección
- Prevención de riesgos (por ejemplo, tapando partes conductoras de corriente)



Referencias								
Figura	Peso del producto [g]	Material	Accionamiento	Rosca	Longitud [mm]	Características especiales	Nº art.	Tipo
	0,8	Aleación de aluminio	Hexágono exterior, llave 7	M5	8	IP65 (montada)	<b>3 843</b>	<b>B-M5</b>
	1,2	Acero	Hexágono interior, llave 2,5	M5	6,5	IP65 (montada)	<b>174 308</b>	<b>B-M5-B</b>
	2,6		Hexágono interior, llave 3	M7	8	IP65 (montada)	<b>174 309</b>	<b>B-M7</b>
	6,8	Acero cincado	Hexágono interior, llave 5	G1/8	11	IP65 (montada)	<b>3 568</b>	<b>B-1/8</b>
	15,3		Hexágono interior, llave 6	G1/4	15	IP65 (montada)	<b>3 569</b>	<b>B-1/4</b>
	24		Hexágono interior, llave 8	G3/8	15	IP65 (montada)	<b>3 570</b>	<b>B-3/8</b>
	42		Hexágono interior, llave 10	G1/2	18	IP65 (montada)	<b>3 571</b>	<b>B-1/2</b>
		Aleación de aluminio	Hexágono exterior, llave 8	M6	14,4	KBK4 <sup>1)</sup> IP65/IP67 (montada)	<b>532 476</b>	<b>CDVI-5.0-B-M6</b>
	9,9		Hexágono exterior, llave 10	G1/8	14		<b>196 720</b>	<b>CDVI-5.0-B-G1/8</b>
	35,1		Hexágono exterior, llave 15	G3/8	21,5		<b>196 712</b>	<b>CDVI-5.0-B-G3/8</b>
	6,9	Poliámid 6, (Wellamid)	Hexágono exterior, llave 11 / destornillador en cruz H3	M8	10,5	IP65 (montada)	<b>177 672</b>	<b>ISK-M8</b>
	1,5		Hexágono exterior, llave 14 / destornillador en cruz H3	M12	13,5	IP65 (montada)	<b>165 592</b>	<b>ISK-M12</b>

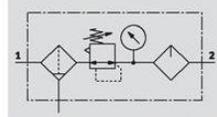
<sup>1)</sup> Clase de resistencia a la corrosión 4 según norma de Festo 940 070  
Piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas expuestas a sustancias agresivas, por ejemplo en la industria alimentaria o química. Si procede, deben realizarse pruebas especiales con las sustancias presentes en estas aplicaciones.

# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica

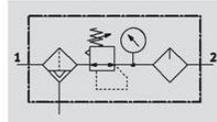
FESTO

Hoja de datos

FRC/FRCS...-MICRO/MINI/MIDI  
Purga de condensado manual,  
con giro; con manómetro

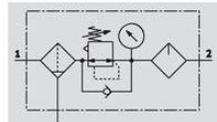


Purga de condensado semiautomática  
o automática, con manómetro

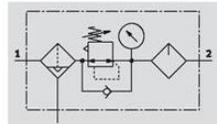


FRC/FRCS...-MAXI

Purga de condensado manual,  
con giro; con manómetro



Purga de condensado automática, con  
manómetro



- - Caudal  
90 ... 8 700 l/min
- - Temperatura  
-10 ... +60 °C
- - Presión de entrada  
1 ... 16 bar



- Filtro, regulador y lubricador en una unidad
- Gran caudal y eficiencia de retención de partículas de suciedad
- Buenas características de regulación con baja histéresis
- Cabezal bloqueable para asegurar los valores ajustados
- Botón giratorio con cerradura integrada
- Dos márgenes de regulación de la presión: 0,5 ... 7 bar y 0,5 ... 12 bar
- Dos conexiones para manómetros para una instalación más versátil
- Con purga manual, semiautomática o automática del condensado
- Cartuchos de 5 µm o 40 µm
- Nuevos cartuchos filtrantes → 30
- Festo recomienda los siguientes aceites:  
Viscosidad según ISO 3448 clase VG 32  
32 mm<sup>2</sup>/s (cSt) con 40 °C
- Aceite especial Festo → 31
- ARAL Vitam GF 32
- BP Energol HLP 32
- Esso Nuto H 32
- Mobil DTE 24
- Shell Tellus Oil DO 32

Datos técnicos generales																
Tamaño	Micro				Mini			Midi				Maxi				
Conexión neumática	M5	M7	G1/8	QS4	QS6	G1/8	G1/4	G3/8	G1/4	G3/8	G1/2	G3/4	G1/2	G3/4	G1	
Fluido	Aire comprimido															
Construcción	Unidad de filtro y regulador, con o sin manómetro Lubricador proporcional estándar															
Tipo de fijación	Con accesorios Montaje en línea															
Posición de montaje	Vertical ± 5°															
Seguridad contra accionamiento involuntario	Botón giratorio con enclavamiento - Botón giratorio con cerradura integrada															
Grado de filtración [µm]	5				5 ó 40											
Histéresis máxima de la presión [bar]	0,3				0,2							0,4				
Margen de regulación de la presión [bar]	0,5 ... 7				0,5 ... 7			0,5 ... 12								
Indicación de presión	Con manómetro															
	M5 en preparación				G1/8 en preparación			G1/4 en preparación				G1/4 en preparación				
Cantidad máx. de condensado [cm <sup>3</sup> ]	3				22			43				80 <sup>1)</sup>				
Presión de entrada [bar]																
Purga de condensado	Manual con giro	1 ... 10				1 ... 16										
	Semiautomática	1 ... 10				-										
	Automática	-				2 ... 12										

1) En FRC...-DI-MAXI, la cantidad máxima de condensado es de 43 cm<sup>3</sup>.

# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica

FESTO

Hoja de datos

Caudal nominal normal <sup>1)</sup> qnN [l/min]					
Conexión	Rosca interior		Placa base		
	M5	M7	G1/8	QS4	QS6
Micro					
FRC/FRCS	90	170	140	100	140

- 1) Medición con p1 = 10 bar, p2 = 6 bar y Δp = 1 bar  
Para un funcionamiento correcto es necesario disponer como mínimo de un caudal de 125 l/min.

Caudal nominal normal <sup>1)</sup> qnN [l/min]						
Conexión	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2	G3/4	G1
Mini						
FRC/FRCS-...-D-...(-A)	700	1 000	1 200	-	-	-
FRC/FRCS-...-D-7-...(-A)	800	1 300	1 500	-	-	-
FRC/FRCS-...-D-5M-...(-A)	600	850	1 050	-	-	-
Midi						
FRC/FRCS-...-D-...(-A)	-	1 500	2 000	2 600	2 600	-
FRC/FRCS-...-D-7-...(-A)	-	1 700	2 000	2 800	2 800	-
FRC/FRCS-...-D-5M-...(-A)	-	1 300	1 700	1 800	2 100	-
Maxi						
FRC/FRCS-...-D-...(-A)	-	-	-	7 600	8 300	8 500
FRC/FRCS-...-D-7-...(-A)	-	-	-	7 700	8 500	8 700
FRC/FRCS-...-D-5M-...(-A)	-	-	-	6 800	7 000	7 200
Maxi: regulador de presión de accionamiento directo, con función integrada de flujo inverso						
FRC-...-D-...(-A)	-	-	-	3 300	3 800	4 000
FRC-...-D-7-...(-A)	-	-	-	4 500	5 000	5 200
FRC-...-D-5M-...(-A)	-	-	-	3 000	3 600	3 800

- 1) Medición con p1 = 10 bar, p2 = 6 bar y Δp = 1 bar  
Para un funcionamiento correcto es necesario disponer como mínimo de un caudal de 125 l/min.

Profundidad de las roscas [mm]					
Conexión	M5	M7	G1/8	QS4	QS6
Micro					
En el cuerpo	5	6	-	-	-
En las placas base	-	-	8	-	-

Condiciones del entorno				
Tamaño	Micro	Mini	Midi	Maxi
Temperatura ambiente [°C]	-10 ... +60			
Temperatura del fluido [°C]	-10 ... +60			
Resistencia a la corrosión CRC <sup>1)</sup>	2			

- 1) Clase de resistencia a la corrosión 2 según norma de Festo 940 070  
Válida para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente decorativas.

## Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica

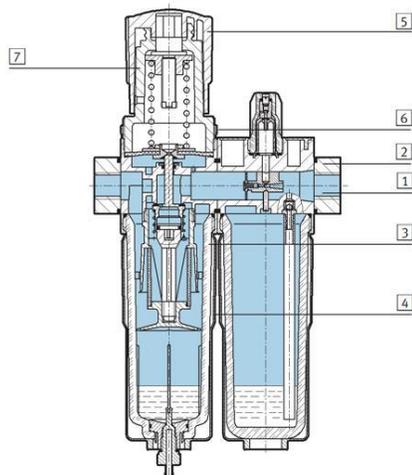
FESTO

Hoja de datos

Pesos [g]						
Tamaño	Micro		Mini	Midi	Maxi	
	Rosca interior	Placa base			Conexión G½, G¾	Conexión G1
Con manómetro						
FRC-...	113	133	660	1 440	2 390	2 520
FRC-...-DI	-	-	-	-	2 670	2 670
FRCS-...	-	-	760	1 680	2 490	2 620
Sin manómetro						
FRC-...	103	123	600	1 350	2 280	2 460
FRC-...-DI	-	-	-	-	2 600	2 600
FRCS-...	-	-	700	1 590	2 380	2 560

### Materiales

Vista en sección



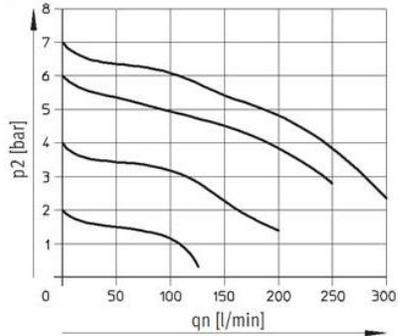
Unidades de mantenimiento	Micro	Mini/Midi/Maxi
1 Cuerpo	Aleación de aluminio	Fundición inyectada de zinc
2 Placas base	Aleación de aluminio	Fundición inyectada de zinc / Aluminio
3 Depósito	Polycarbonato	Polycarbonato
4 Funda metálica de protección	-	Aluminio
5 Botón de regulación	Poliacetal	Poliacetal
6 Tuerca moleteada	Aleación de aluminio	Aluminio
7 Soporte	Polycarbonato	-
- Juntas	Caucho nitrílico	Caucho nitrílico

# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica

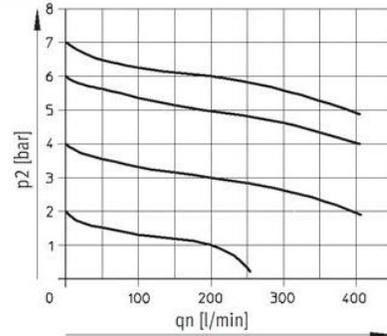
Hoja de datos

## Caudal normal $q_n$ en función de la presión secundaria $p_2$

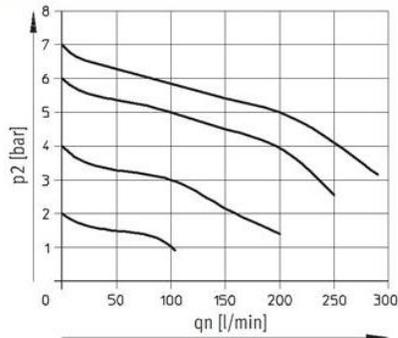
FRC-M5-...-MICRO



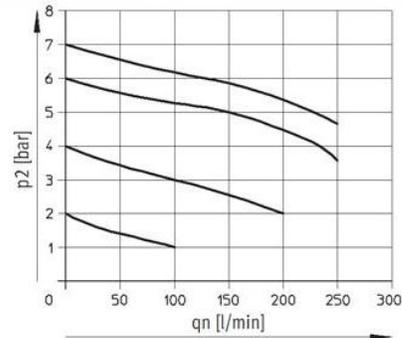
FRC-M7-...-MICRO B



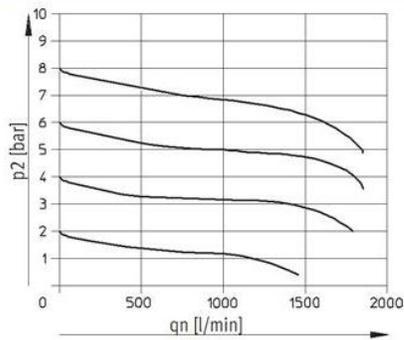
FRC-QS4-...-MICRO



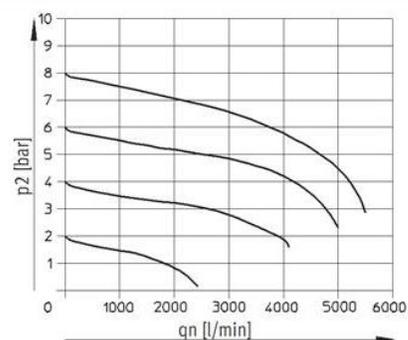
FRC-QS6-...-MICRO y FRC-1/8-...-MICRO



FRC/FRCS-1/4-D-MINI



FRC/FRCS-1/2-D-MIDI



Presión primaria  $p_1 = 10$  bar

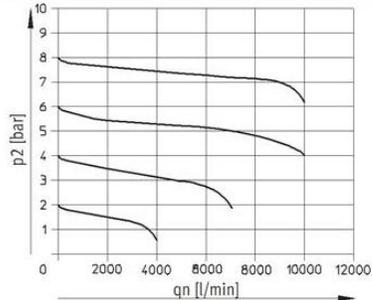
# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica



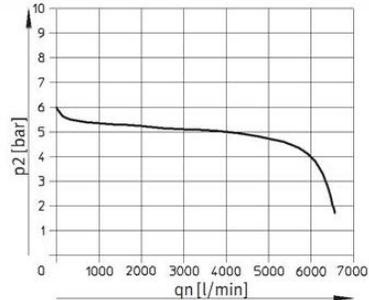
Hoja de datos

## Caudal normal qn en función de la presión secundaria p2

FRC/FRCS-1-D-MAXI



FRC-1-D-DI-MAXI



Presión primaria p1 = 10 bar

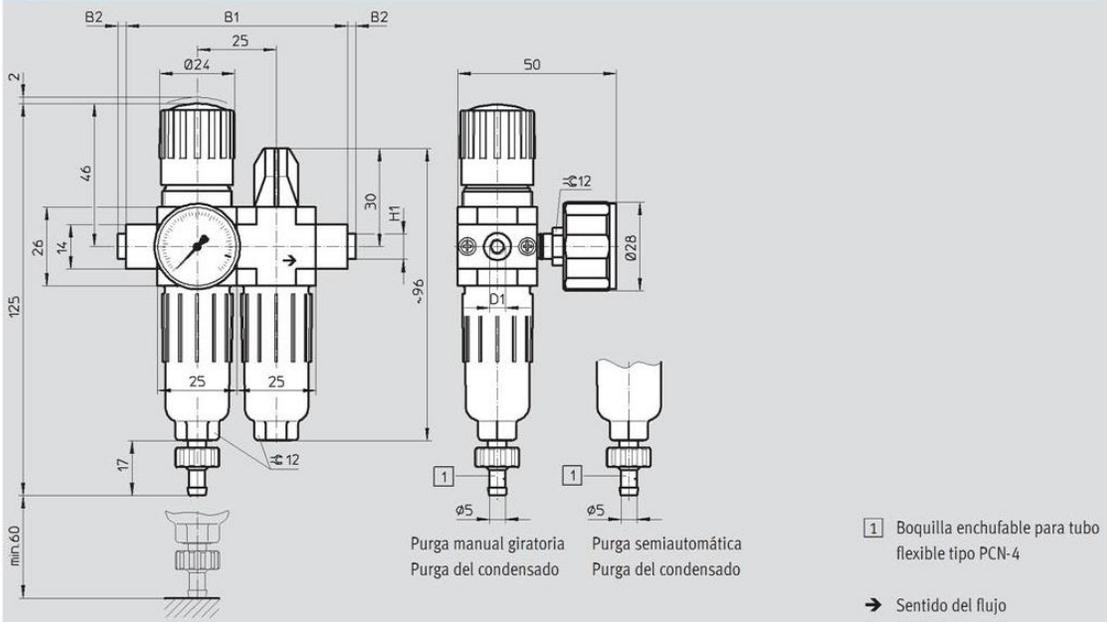
⚠ Importante

Para mejorar el comportamiento de regulación, la construcción del FRC/FRCS-...-MAXI prevé un consumo interno de aire en función de la presión primaria.

## Dimensiones

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Micro



Tipo	B1	B2	D1	H1
FRC-M5-D-7-5M-MICRO (H)	50	-	M5	-
FRC-M7-D-7-5M-MICRO (H) B			M7	
FRC-3/8-D-7-5M-MICRO (H)	70	~2,5	G1/8	~8
FRC-QS4-D-7-5M-MICRO (H)			QS4	
FRC-QS6-D-7-5M-MICRO (H)			QS6	

# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica



Hoja de datos

**Dimensiones** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Mini/Midi/Maxi

Con llave

1 Boquilla enchufable para tubo flexible tipo PCN-4  
 2 Funda metálica de protección  
 3 Medidas de instalación  
 4 Segunda conexión para manómetro  
 5 Tornillo para purga aire del depósito de aceite  
 6 Tornillo de regulación del aceite

Purga manual giratoria  
 Purga del condensado

Purga automática  
 Purga del condensado

→ Sentido del flujo

Tipo	B1	B2	B3	B4	D1	D2	D3	D4	D5	D6
<b>Mini</b>										
FRC/FRCS-1/8-D-MINI	104	92	40	76	G1/8	31	M4	M36x1.5	41	38
FRC/FRCS-1/4-D-MINI					G1/4					
FRC/FRCS-3/8-D-MINI	110				G3/8					
<b>Midi</b>										
FRC/FRCS-1/4-D-MIDI	140	125	55	95	G1/4	50	M5	M52x1.5	50	52
FRC/FRCS-3/8-D-MIDI					G3/8					
FRC/FRCS-1/2-D-MIDI					G1/2					
FRC/FRCS-3/4-D-MIDI					G3/4					
<b>Maxi</b>										
FRC/FRCS-1/2-D-MAXI	162	146	66	107	G1/2	31	M5	M36x1.5	50	65
FRC-1/2-D-DI-MAXI						49		M52x1.5		
FRC/FRCS-3/4-D-MAXI					G3/4	31		M36x1.5		
FRC-3/4-D-DI-MAXI						49		M52x1.5		
FRC/FRCS-1-D-MAXI	182	157			G1	31		M36x1.5		
FRC-1-D-DI-MAXI						49		M52x1.5		

⚠ Importante: Este producto cumple con los estándares ISO 1179-1 e ISO 228-1.

# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica



Hoja de datos

Tipo	H1	H2	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	T1	≈C 1	≈C 2
<b>Mini</b>														
FRC/FRCS-1/8-D-MINI	20	11	193	169	60	69	100	98	60	15	19	7	14	22
FRC/FRCS-1/4-D-MINI														
FRC/FRCS-3/8-D-MINI														
<b>Midi</b>														
FRC/FRCS-1/4-D-MIDI	32	22	250	204	80	99	120	130	60	15	19	8	14	24
FRC/FRCS-3/8-D-MIDI														
FRC/FRCS-1/2-D-MIDI														
FRC/FRCS-3/4-D-MIDI														
<b>Maxi</b>														
FRC/FRCS-1/2-D-MAXI	32	22	252	228	90	82	150	111	60	15	19	8	14	24
FRC-1/2-D-DI-MAXI			275			105		135						
FRC/FRCS-3/4-D-MAXI	252		82			111								
FRC-3/4-D-DI-MAXI	275		105			135								
FRC/FRCS-1-D-MAXI	40		252			82		111						
FRC-1-D-DI-MAXI			275			105		135						

# Tubos PUN-CM, calibración del diámetro exterior, antiestáticos

FESTO

Hoja de datos

## Tubo de material sintético PUN-CM

Tubo de material sintético altamente flexible, conductor eléctrico.  
Resistencia de la superficie  
 $10^4 \dots 10^7$  ohmios

 Temperatura ambiente  
-35 ... +60 °C

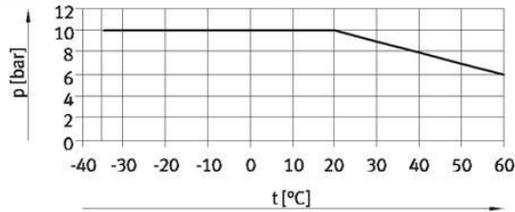
 Presión de funcionamiento en función de la temperatura  
-0,95 ... +10 bar

Material:  
Poliuretano

Nota sobre los materiales:  
Sin cobre ni PTFE



### Presión de funcionamiento p en función de la temperatura t



### Racores admisibles



Racores rápidos roscados  
Quick Star QS-F, metálicos  
→ Internet: qs-f

### Dimensiones y referencias

Diámetro exterior [mm]	Diámetro interior [mm]	Radio de curvatura mín. [mm]	Radio de curvatura relevante para el caudal [mm]	Peso [kg/m]	Color	Nº de artículo	Tipo	PE <sup>1)</sup> [m]
4	2,5	5	17	0,0089	Negro	188882	PUN-CM-4-SW	50
6	4	13	26,5	0,0192		188883	PUN-CM-6-SW	50
8	5,5	14	37	0,0320		130816	PUN-CM-8-SW	50
10	7	19	54	0,0480		130817	PUN-CM-10-SW	50
12	8	22	70	0,0754		130818	PUN-CM-12-SW	50

1) Unidad de embalaje

# Tubos PUN-H, calibración del diámetro exterior, resistentes a la hidrólisis



Hoja de datos

Tubo de material sintético PUN-H

Temperatura ambiente  
-35 ... +60 °C

Material:  
Poliuretano

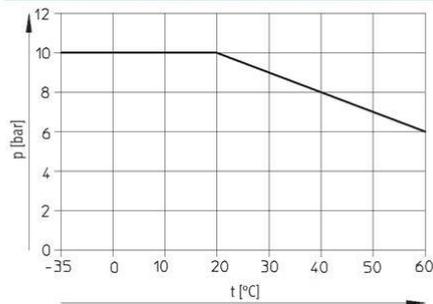
Homologado para la industria alimentaria.

Presión de funcionamiento en función de la temperatura  
-0,95 ... +10 bar

Nota sobre los materiales:  
Sin cobre ni PTFE



## Presión de funcionamiento p en función de la temperatura t



## Racores admisibles



Racores rápidos roscados  
Quick Star QS  
→ Internet: qs



Racores rápidos roscados  
Quick Star QS-F, metálicos<sup>1)</sup>  
→ Internet: qs-f

<sup>1)</sup> Racores recomendados

## Dimensiones y referencias

Diámetro exterior	Diámetro interior	Radio de curvatura mín.	Radio de curvatura relevante para el caudal	Peso	Color	Nº de artículo	Tipo	PE <sup>1)</sup>
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]				[m]
3	2,1	6	12	0,0042	Natural	197375	PUN-H-3x0,5-NT	50
					Natural	558263	PUN-H-3x0,5-NT-500	500
					Azul	197382	PUN-H-3x0,5-BL	50
					Azul	558256	PUN-H-3x0,5-BL-500	500
					Negro	197389	PUN-H-3x0,5-SW	50
					Negro	558249	PUN-H-3x0,5-SW-500	500
					Plateado	558277	PUN-H-3x0,5-SI	50
					Plateado	558270	PUN-H-3x0,5-SI-500	500
					Rojo	558284	PUN-H-3x0,5-RT	50
					Verde	558291	PUN-H-3x0,5-GN	50
4	2,6	6	16	0,0085	Amarillo	558298	PUN-H-3x0,5-GE	50
					Natural	197376	PUN-H-4x0,75-NT	50
					Natural	558264	PUN-H-4x0,75-NT-500	500
					Azul	197383	PUN-H-4x0,75-BL	50
					Azul	558257	PUN-H-4x0,75-BL-500	50
					Negro	197390	PUN-H-4x0,75-SW	500
					Negro	558250	PUN-H-4x0,75-SW-500	500
					Plateado	558278	PUN-H-4x0,75-SI	50
					Plateado	558271	PUN-H-4x0,75-SI-500	500
					Rojo	558285	PUN-H-4x0,75-RT	50
Verde	558292	PUN-H-4x0,75-GN	50					
					Amarillo	558299	PUN-H-4x0,75-GE	50

<sup>1)</sup> Unidad de embalaje

# Bobinas tipo MSF

Hoja de datos

FESTO

 Tensión  
 12 ... 42 V DC  
 24 ... 240 V AC

 Temperatura  
 -5 ... +40 °C

- Según norma VDE 0580 con clase de aislamiento F
- Sustitución sin interrumpir el circuito neumático
- Bajo consumo y poco calentamiento



Datos técnicos generales	
Tipo de fijación	Con tuerca moleteada
Posición de montaje	Indistinta (sobre el núcleo de la bobina, girable en 360°)
Par de apriete admisible en el conector tipo zócalo [Nm]	0,4
Peso del producto [g]	55

Materiales	
Bobina	Plástico termoendurecido, cobre, acero
Calidad del material	Conformidad con RoHS

Datos eléctricos								
Tipo	MSFG-12	MSFG-42	MSFG-24/42	MSFW-24	MSFW-48	MSFW-110	MSFW-230	MSFW-240
Conexión eléctrica	3 contactos Lengüetas del enchufe con distribución según estándar de Festo para MSSD-F							
Tiempo de llamada mínimo [ms]	10							
Oscilaciones admisibles de la tensión [%]	±10							
Oscilaciones de frecuencia admisibles [%]	-		±5					
Tiempo de utilización [%]	100							
Factor de potencia cosφ	-		0,7					
Indicación de la posición de conmutación	No							
Clase de protección según EN 60529	IP65 con conector tipo zócalo							

Valores característicos de las bobinas								
Tipo	MSFG-12	MSFG-42	MSFG-24/42	MSFW-24	MSFW-48	MSFW-110	MSFW-230	MSFW-240
Potencia	12 V DC, 4,1 W	42 V DC, 5,5 W	24 V DC, 4,5 W	-	-	-	-	-
Potencia de arranque 50/60 Hz	-	-	42 V AC, 9 VA	24 V AC, 9 VA	48 V AC, 9 VA	110 V AC, 9 VA	230 V AC, 9 VA	240 V AC, 9 VA
Potencia de retención 50/60 Hz	-	-	42 V AC, 7 VA	24 V AC, 7 VA	48 V AC, 7 VA	110 V AC, 7 VA	230 V AC, 7 VA	240 V AC, 7 VA

Condiciones de funcionamiento y del entorno								
Tipo	MSFG-12	MSFG-42	MSFG-24/42	MSFW-24	MSFW-48	MSFW-110	MSFW-230	MSFW-240

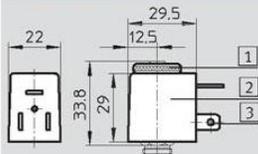
# Bobinas tipo MSF

Hoja de datos

FESTO

## Dimensiones

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)



- 1 Tuerca de fijación
- 2 Bobina  
(sobre el núcleo de la bobina,  
girable en 360°)
- 3 Lengüetas para conectores tipo  
zócalo MSSD-F, KMF

Importante

Puesta en funcionamiento sólo con  
válvulas de aluminio con cuerpos  
de las siguientes dimensiones  
≥ 26 x 16 x 14 mm

## Referencias

	Descripción	Nº art.	Tipo
<b>Bobina</b>			
	Sin conector tipo zócalo, con arandela elástica y tuerca moleteada	12 V DC	34410 MSFG-12DC-OD
		24 V DC, 42 V AC	34411 MSFG-24/42-50/60-OD
		42 V DC	34413 MSFG-42DC-OD
		24 V AC	34415 MSFW-24AC-OD
		48 V AC	34418 MSFW-48AC-OD
		110 V AC	34420 MSFW-110AC-OD
		230 V AC	34422 MSFW-230AC-OD
		240 V AC	34424 MSFW-240AC-OD
<b>Conector tipo zócalo</b>			
	Conexión de cables con tornillos prisioneros	34431	MSSD-F
	Conexión de cables con conectores autocortantes y autoaislantes	192746	MSSD-F-S-M16
<b>Cable con conector tipo zócalo</b>			
	Tensión de funcionamiento de 24 V DC, indicación de estado con LED	Cable de 2,5 m	30935 KMF-1-24DC-2,5-LED
		Cable de 5 m	30937 KMF-1-24DC-5-LED
		Cable de 10 m	193458 KMF-1-24DC-10-LED
	Tensión de funcionamiento de hasta 240 V	Cable de 2,5 m	30936 KMF-1-230AC-2,5
		Cable de 5 m	30938 KMF-1-230AC-5
		<b>Junta iluminada</b>	
	Tensión de funcionamiento: 12 ... 24 V DC	19143	MF-LD-12-24DC
	Tensión de funcionamiento: 230 V DC/V AC	19144	MF-LD-230AC
<b>Placa de identificación</b>			
	Dotación del suministro: 35 unidades enmarcadas	33362	KMC/F/V-BZ-35X

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552



Cuadro general de productos

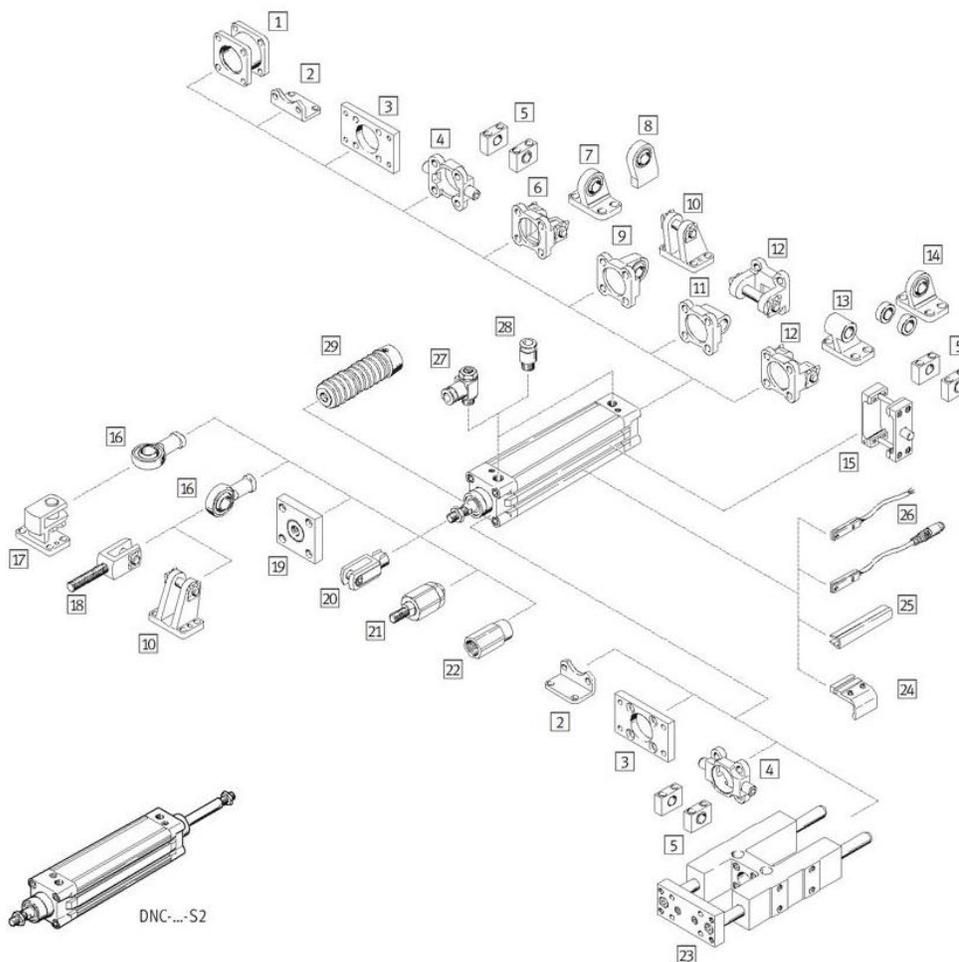
Funcionamiento	Ejecución	Tipo	Diámetro del émbolo	Carrera	Detección de posiciones	Antigiro	Doble vástago hueco	Rosca de vástago prolongada	Rosca interior en el vástago	Rosca especial en el vástago	
			[mm]	[mm]							A
Doble efecto	<b>Tipo básico</b>										
		DNC	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125	25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500	10 ... 2 000	■	■	■	■	■	■
	<b>Patrón de taladros normalizado, con unidad de bloqueo</b>										
		DNC-KP	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125	–	10 ... 2 000	■	■	■ S2	■	■	■
		DNCKE	40, 63, 100	–	10 ... 2 000	■	–	–	–	–	–
	<b>Patrón de taladros normalizado, con bloqueo en el final de carrera</b>										
		DNC-...-EL	32, 40, 50, 63, 80, 100	–	10 ... 2 000	■	–	■ S2	■	■	■
	<b>Distribución de conexiones normalizada, combinaciones de cilindros y válvulas</b>										
		DNC-V1 ... V6	32, 40, 50, 63, 80, 100	–	100 ... 2 000	■	■	■	■	■	■
	<b>Patrón de taladros normalizado, cilindro tándem</b>										
	DNCT	32, 40, 50	–	2 ... 500	■	–	–	–	–	–	
		63, 80, 100, 125		3 ... 500							



# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Cuadro general de periféricos

FESTO



Elementos para el montaje y accesorios							
	Descripción resumida	DNC				→ Página/ Internet	
		Tipo básico	KP	EL	V1 ... V6		
1	Conjunto de varias posiciones DPNC	Para unir dos cilindros de émbolos de igual diámetro para formar un cilindro de varias posiciones	■ <sup>1)</sup>	■	■	■ <sup>1)</sup>	47
2	Pies de fijación HNC/CRHNC	Para culata anterior o posterior	■	■	■	■	48
3	Fijación por brida FNC/CRFNG	- Para culata anterior o posterior - En la culata anterior, no en combinación con el fuelle DADB	■	■	■	■	49
4	Brida basculante con pivotes ZNCF/CRZNG	- Para culata anterior o posterior - En la culata anterior, no en combinación con el fuelle DADB	■	■	■	■	50
5	Apoyo LNZG/CRLNZG	-	■	■	■	■	52
6	Brida basculante SNC	Para culata posterior	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	53
7	Caballote LSNG	Con cojinete esférico	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	56
8	Caballote LSNSG	Para soldar, con cojinete esférico	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	56

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552



Cuadro general de periféricos

Elementos para el montaje y accesorios							
	Descripción resumida	DNC				→ Página/ Internet	
		Tipo básico	KP	EL	V1 ... V6		
9]	Brida basculante SNCS	Con cojinete esférico para la culata posterior	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	55
10]	Caballote LBG	–	■ <sup>1)</sup>	■	■	■ <sup>1)</sup>	56
11]	Brida basculante SNCL	Para culata posterior	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	55
12]	Brida basculante SNCB/SNCB-...-R3	Para culata posterior	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	54
13]	Caballote LNG/CRLNG	–	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	56
14]	Caballote LSN	Con cojinete esférico	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	56
15]	Conjunto de brida basculante central ZNCM	Para el montaje indistinto en la camisa perfilada del cilindro	■	■	■	■	51
16]	Cabeza de rótula SGS/CRSGS	Con cojinete esférico	■	■	■	■	57
17]	Caballote transversal LQG	–	■	■	■	■	56
18]	Horquilla SGA	Con rosca exterior	■	■	■	■	57
19]	Placa de acoplamiento KSG	Para compensar desviaciones radiales	■	■	■	■	57
	Placa de acoplamiento KSZ	Para cilindros con vástago antigiro para compensar desviaciones radiales	■	■	■	■	57
20]	Horquilla SG/CRSG	Permite gros del cilindro en un plano	■	■	■	■	57
21]	Rótula FK	Para compensación de desviaciones radiales y angulares	■	■	■	■	57
22]	Adaptadores AD	Para la fijación de una ventosa al vástago hueco	■	–	–	■	57
23]	Unidad de guía FENG	Para antigiro de cilindros normalizados al aplicar grandes momentos	■	■ A partir de Ø 50	–	–	62
24]	Piezas de fijación SMB-8-FENG	Para detectores SMT-8 montados en un cilindro en combinación con la unidad de guía FENG	■ <sup>2)</sup>	■ A partir de Ø 50	■	–	62
25]	Tapa para ranuras ABP-5-S	Para proteger los cables de los detectores y las ranuras frente a la suciedad	■	■	■	■	63
26]	Detectores de posición SME/SMT-8	Integrables en la camisa perfilada del cilindro	■	■	■	■	63
27]	Válvula reguladora de caudal GRLA	Para regular la velocidad	■	■	■	■	64
28]	Racor rápido roscado QS	Para la conexión de tubos flexibles con tolerancias en su diámetro exterior	■	■	■	■	quick star
29]	Fuelle DADB	– Protege al cilindro (vástago, junta y culata) frente a fluidos de diversa índole y, por lo tanto, previene un desgaste prematuro – Únicamente puede utilizarse en combinación con un vástago prolongado (K8)	■	–	■	■	58

1) No con variantes S2 o S20

2) Con diámetro de émbolo de 32, 40 mm, sólo con variante R3

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

FESTO

Hoja de datos

Pesos [g]							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
<b>Tipo básico</b>							
Peso con carrera de 0 mm	517	800	1 260	1 709	2 790	4 653	6 771
Peso adicional por 10 mm de carrera	30	45	64	73	106	115	168
Masa móvil con carrera de 0 mm	162	307	538	663	1 131	1 544	2 809
Masa adicional por 10 mm de carrera	9	16	25	25	38	38	63
<b>Q: Vástago cuadrado</b>							
Peso con carrera de 0 mm	504	738	1 187	1 632	2 652	4 508	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	29	41	60	68	99	108	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	149	244	465	587	994	1 399	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	8	11	20	20	31	31	–
<b>S2: Doble vástago</b>							
Peso con carrera de 0 mm	576	895	1 390	1 917	3 114	5 297	7 529
Peso adicional por 10 mm de carrera	39	61	89	98	144	153	231
Masa móvil con carrera de 0 mm	170	330	560	711	1 200	1 660	2 925
Masa adicional por 10 mm de carrera	18	32	50	50	76	76	126
<b>K10: Vástago galvanizado y pulido</b>							
Peso con carrera de 0 mm	443	655	1 001	1 437	2 302	4 138	5 719
Peso adicional por 10 mm de carrera	24	35	47	57	81	90	127
Masa móvil con carrera de 0 mm	88	162	279	391	643	1 029	1 757
Masa adicional por 10 mm de carrera	3	6	8	9	13	13	22
<b>S2-K10: Doble vástago anodizado y pulido</b>							
Peso con carrera de 0 mm	514	766	1 181	1 676	2 701	4 821	6 674
Peso adicional por 10 mm de carrera	27	40	56	65	94	103	148
Masa móvil con carrera de 0 mm	108	201	351	470	787	1 184	2 070
Masa adicional por 10 mm de carrera	6	11	17	17	26	26	43
<b>TI: Bajas temperaturas</b>							
Peso con carrera de 0 mm	520	876	1 279	2 112	2 972	5 039	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	31	46	65	73	108	116	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	108	204	363	460	802	1 045	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	9	16	25	25	39	39	–
<b>TI-S2: Bajas temperaturas con doble vástago</b>							
Peso con carrera de 0 mm	606	1 020	1 546	2 401	3 453	5 617	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	40	62	89	98	147	154	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	169	326	573	687	1 199	1 473	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	18	32	49	49	77	77	–

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

FESTO

Hoja de datos

Referencias						
Tipo	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Sin detección de posiciones		Con detección de posiciones.	
			Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>	Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>
	32	25	163 319	DNC-32-25-PPV	163 305	DNC-32-25-PPV-A
		40	163 320	DNC-32-40-PPV	163 306	DNC-32-40-PPV-A
		50	163 321	DNC-32-50-PPV	163 307	DNC-32-50-PPV-A
		80	163 322	DNC-32-80-PPV	163 308	DNC-32-80-PPV-A
		100	163 323	DNC-32-100-PPV	163 309	DNC-32-100-PPV-A
		125	163 324	DNC-32-125-PPV	163 310	DNC-32-125-PPV-A
		160	163 325	DNC-32-160-PPV	163 311	DNC-32-160-PPV-A
		200	163 326	DNC-32-200-PPV	163 312	DNC-32-200-PPV-A
		250	163 327	DNC-32-250-PPV	163 313	DNC-32-250-PPV-A
		320	163 328	DNC-32-320-PPV	163 314	DNC-32-320-PPV-A
	400	163 329	DNC-32-400-PPV	163 315	DNC-32-400-PPV-A	
	500	163 330	DNC-32-500-PPV	163 316	DNC-32-500-PPV-A	
	40	25	163 351	DNC-40-25-PPV	163 337	DNC-40-25-PPV-A
		40	163 352	DNC-40-40-PPV	163 338	DNC-40-40-PPV-A
		50	163 353	DNC-40-50-PPV	163 339	DNC-40-50-PPV-A
		80	163 354	DNC-40-80-PPV	163 340	DNC-40-80-PPV-A
		100	163 355	DNC-40-100-PPV	163 341	DNC-40-100-PPV-A
		125	163 356	DNC-40-125-PPV	163 342	DNC-40-125-PPV-A
		160	163 357	DNC-40-160-PPV	163 343	DNC-40-160-PPV-A
		200	163 358	DNC-40-200-PPV	163 344	DNC-40-200-PPV-A
		250	163 359	DNC-40-250-PPV	163 345	DNC-40-250-PPV-A
		320	163 360	DNC-40-320-PPV	163 346	DNC-40-320-PPV-A
	400	163 361	DNC-40-400-PPV	163 347	DNC-40-400-PPV-A	
	500	163 362	DNC-40-500-PPV	163 348	DNC-40-500-PPV-A	
	50	25	163 383	DNC-50-25-PPV	163 369	DNC-50-25-PPV-A
		40	163 384	DNC-50-40-PPV	163 370	DNC-50-40-PPV-A
		50	163 385	DNC-50-50-PPV	163 371	DNC-50-50-PPV-A
		80	163 386	DNC-50-80-PPV	163 372	DNC-50-80-PPV-A
		100	163 387	DNC-50-100-PPV	163 373	DNC-50-100-PPV-A
		125	163 388	DNC-50-125-PPV	163 374	DNC-50-125-PPV-A
		160	163 389	DNC-50-160-PPV	163 375	DNC-50-160-PPV-A
		200	163 390	DNC-50-200-PPV	163 376	DNC-50-200-PPV-A
		250	163 391	DNC-50-250-PPV	163 377	DNC-50-250-PPV-A
		320	163 392	DNC-50-320-PPV	163 378	DNC-50-320-PPV-A
	400	163 393	DNC-50-400-PPV	163 379	DNC-50-400-PPV-A	
	500	163 394	DNC-50-500-PPV	163 380	DNC-50-500-PPV-A	
63	25	163 415	DNC-63-25-PPV	163 401	DNC-63-25-PPV-A	
	40	163 416	DNC-63-40-PPV	163 402	DNC-63-40-PPV-A	
	50	163 417	DNC-63-50-PPV	163 403	DNC-63-50-PPV-A	
	80	163 418	DNC-63-80-PPV	163 404	DNC-63-80-PPV-A	
	100	163 419	DNC-63-100-PPV	163 405	DNC-63-100-PPV-A	
	125	163 420	DNC-63-125-PPV	163 406	DNC-63-125-PPV-A	
	160	163 421	DNC-63-160-PPV	163 407	DNC-63-160-PPV-A	
	200	163 422	DNC-63-200-PPV	163 408	DNC-63-200-PPV-A	
	250	163 423	DNC-63-250-PPV	163 409	DNC-63-250-PPV-A	
	320	163 424	DNC-63-320-PPV	163 410	DNC-63-320-PPV-A	
400	163 425	DNC-63-400-PPV	163 411	DNC-63-400-PPV-A		
500	163 426	DNC-63-500-PPV	163 412	DNC-63-500-PPV-A		

1) El suministro incluye la tuerca para el vástago roscado.

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552



Hoja de datos

Referencias						
Tipo	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Sin detección de posiciones		Con detección de posiciones.	
			Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>	Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>
	80	25	163 447	DNC-80-25-PPV	163 433	DNC-80-25-PPV-A
		40	163 448	DNC-80-40-PPV	163 434	DNC-80-40-PPV-A
		50	163 449	DNC-80-50-PPV	163 435	DNC-80-50-PPV-A
		80	163 450	DNC-80-80-PPV	163 436	DNC-80-80-PPV-A
		100	163 451	DNC-80-100-PPV	163 437	DNC-80-100-PPV-A
		125	163 452	DNC-80-125-PPV	163 438	DNC-80-125-PPV-A
		160	163 453	DNC-80-160-PPV	163 439	DNC-80-160-PPV-A
		200	163 454	DNC-80-200-PPV	163 440	DNC-80-200-PPV-A
		250	163 455	DNC-80-250-PPV	163 441	DNC-80-250-PPV-A
		320	163 456	DNC-80-320-PPV	163 442	DNC-80-320-PPV-A
		400	163 457	DNC-80-400-PPV	163 443	DNC-80-400-PPV-A
		500	163 458	DNC-80-500-PPV	163 444	DNC-80-500-PPV-A
		100	25	163 479	DNC-100-25-PPV	163 465
	40		163 480	DNC-100-40-PPV	163 466	DNC-100-40-PPV-A
	50		163 481	DNC-100-50-PPV	163 467	DNC-100-50-PPV-A
	80		163 482	DNC-100-80-PPV	163 468	DNC-100-80-PPV-A
	100		163 483	DNC-100-100-PPV	163 469	DNC-100-100-PPV-A
	125		163 484	DNC-100-125-PPV	163 470	DNC-100-125-PPV-A
	160		163 485	DNC-100-160-PPV	163 471	DNC-100-160-PPV-A
	200		163 486	DNC-100-200-PPV	163 472	DNC-100-200-PPV-A
	250		163 487	DNC-100-250-PPV	163 473	DNC-100-250-PPV-A
	320		163 488	DNC-100-320-PPV	163 474	DNC-100-320-PPV-A
	400		163 489	DNC-100-400-PPV	163 475	DNC-100-400-PPV-A
	500		163 490	DNC-100-500-PPV	163 476	DNC-100-500-PPV-A
	125		25	163 511	DNC-125-25-PPV	163 497
		40	163 512	DNC-125-40-PPV	163 498	DNC-125-40-PPV-A
		50	163 513	DNC-125-50-PPV	163 499	DNC-125-50-PPV-A
		80	163 514	DNC-125-80-PPV	163 500	DNC-125-80-PPV-A
		100	163 515	DNC-125-100-PPV	163 501	DNC-125-100-PPV-A
		125	163 516	DNC-125-125-PPV	163 502	DNC-125-125-PPV-A
		160	163 517	DNC-125-160-PPV	163 503	DNC-125-160-PPV-A
		200	163 518	DNC-125-200-PPV	163 504	DNC-125-200-PPV-A
		250	163 519	DNC-125-250-PPV	163 505	DNC-125-250-PPV-A
320		163 520	DNC-125-320-PPV	163 506	DNC-125-320-PPV-A	
400		163 521	DNC-125-400-PPV	163 507	DNC-125-400-PPV-A	
500		163 522	DNC-125-500-PPV	163 508	DNC-125-500-PPV-A	

Referencias: carreras específicas						
Tipo	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Sin detección de posiciones		Con detección de posiciones.	
			Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>	Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>
	32	10 ... 2 000	163 318	DNC-32-...-PPV	163 304	DNC-32-...-PPV-A
	40	10 ... 2 000	163 350	DNC-40-...-PPV	163 336	DNC-40-...-PPV-A
	50	10 ... 2 000	163 382	DNC-50-...-PPV	163 368	DNC-50-...-PPV-A
	63	10 ... 2 000	163 414	DNC-63-...-PPV	163 400	DNC-63-...-PPV-A
	80	10 ... 2 000	163 446	DNC-80-...-PPV	163 432	DNC-80-...-PPV-A
	100	10 ... 2 000	163 478	DNC-100-...-PPV	163 464	DNC-100-...-PPV-A
	125	10 ... 2 000	163 510	DNC-125-...-PPV	163 496	DNC-125-...-PPV-A

1) El suministro incluye la tuerca para el vástago roscado.

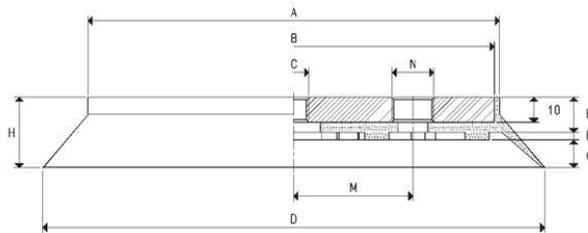
## VENTOSAS REDONDAS PLANAS CON SOPORTE VULCANIZADO



Esta línea de ventosas ha sido concebida para la elevación y la manipulación horizontal y vertical de grandes cargas. Vulcanizadas en un soporte de acero, tienen un orificio roscado central para su fijación al automatismo y uno lateral para la conexión de vacío.

Disponen de un plano de apoyo, con relieves dispuestos con forma de laberinto, realizado con la mezcla de la ventosa, y que permite el agarre de cristales y mármol, incluso tratándose de placas finas y frágiles, sin crear flexiones en la zona de agarre. La forma del labio y las varias mezclas de composición disponibles permiten el agarre de superficies irregulares y onduladas.

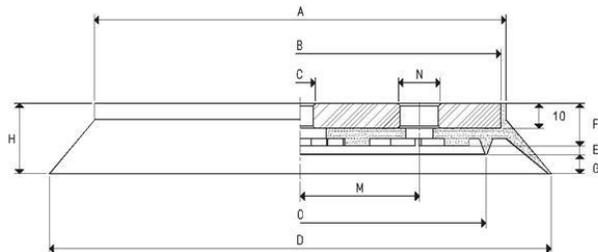
La línea 08...40, además de las características descritas arriba, tiene un labio vertical interno que permite su agarre a superficies particularmente rugosas, como chapa gofrada u ondulada, mármol y granito cortado, tableros de madera bastos, prefabricados de cemento, etc.



VENTOSAS CON SOPORTE VULCANIZADO

Art.	Fuerza Kg	A Ø	B Ø	C Ø	D Ø	E	F	G	H	M	N Ø	Material del soporte	Peso Kg
08 110 15 M8 *	23.7	74	70	M8	110	2	14	10	26	26.0	G1/4"	acero	0.35
08 110 15 *	23.7	74	70	M12	110	2	14	10	26	26.0	G1/4"	acero	0.33
08 150 15 *	45.0	115	110	M12	150	2	14	10	26	40.0	G3/8"	acero	0.83
08 200 10 *	78.5	164	160	M12	200	3	14	11	28	47.5	G3/8"	acero	1.75
08 250 10 *	122.6	214	210	M12	250	3	14	11	28	72.5	G3/8"	acero	3.00
08 300 10 *	176.6	266	260	M16	300	5	15	11	31	89.0	G1/2"	acero	4.70
08 350 10 *	240.4	316	310	M16	350	5	15	11	31	89.0	G1/2"	acero	6.60

\* Completar el código indicando la mezcla: A= goma antiaceite; N= goma natural; S= silicona



VENTOSAS CON SOPORTE VULCANIZADO

Art.	Fuerza Kg	A Ø	B Ø	C Ø	D Ø	E	F	G	H	M	N Ø	O Ø	Material del soporte	Peso Kg
08 110 40 M8*	15.5	74	70	M8	110	3	16	7	26	26.0	G1/4"	68	acero	0.36
08 110 40 *	15.5	74	70	M12	110	3	16	7	26	26.0	G1/4"	68	acero	0.34
08 150 40 *	22.8	115	110	M12	150	3	16	7	26	40.0	G3/8"	105	acero	0.85
08 200 40 *	45.0	164	160	M12	200	3	17	8	28	47.5	G3/8"	148	acero	1.70
08 250 40 *	78.5	214	210	M12	250	3	17	8	28	72.5	G3/8"	196	acero	3.00
08 300 40 *	122.6	266	260	M16	300	3	18	10	31	89.0	G1/2"	248	acero	4.60
08 350 40 *	176.6	316	310	M16	350	3	18	10	31	89.0	G1/2"	298	acero	6.50

\* Completar el código indicando la mezcla: A= goma antiaceite; N= goma natural; S= silicona

Factores de conversión: inch =  $\frac{mm}{25.4}$ ; pounds =  $\frac{g}{453.6}$  =  $\frac{Kg}{0.4536}$  Adaptadores para roscas GAS - NPT disponibles en pág. 1.117

1.29

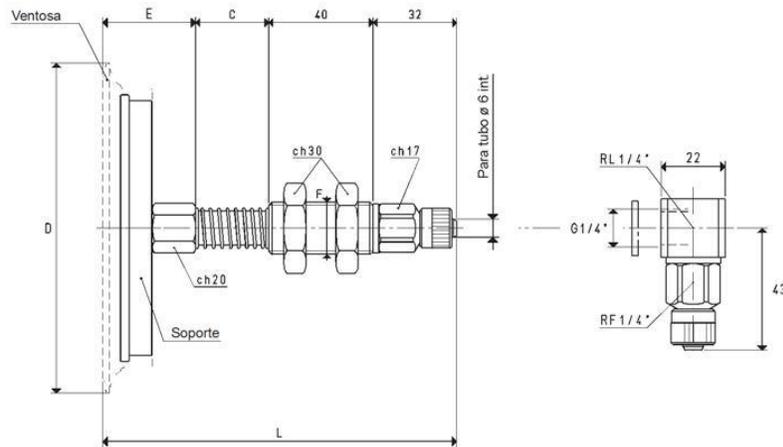
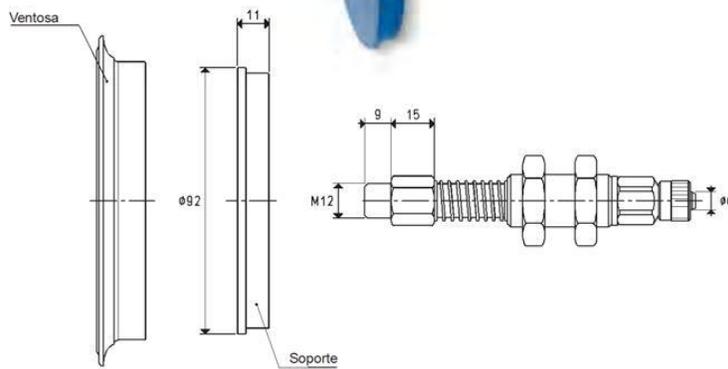
Dibujos 3D disponibles en la página [www.vuototecnica.net](http://www.vuototecnica.net)



## PORTAVENTOSAS BÁSICOS

Los recorridos de la suspensión son:

- Para la longitud C= 28 mm      16 mm
- Para la longitud C= 65 mm      49 mm
- Para la longitud C= 95 mm      74 mm



VERSIÓN 02 110 10

VERSIÓN 02 110 10 L

### PORTAVENTOSAS CON RACOR RÁPIDO RECTO PARA TUBO DE PLÁSTICO Ø 6 X 8

Art.	Fuerza Kg	*C	D Ø	E	F Ø	L	Para ventosa art.	Soporte incluido art.	C = 65 mm      C = 95 mm		
									Peso g	Peso g	Peso g
02 110 10	23.74	28	114	32	M20	132	01 110 10	00 08 33	456	494	521

**Nota:** los portaventosas no incluyen las ventosas, por lo tanto estas deben ser solicitadas por separado.

Para los portaventosas con racor en L, añadir al código la letra L.

\* También disponibles con C igual a 65 mm y 95 mm

2.60

Factores de conversión: inch =  $\frac{\text{mm}}{25.4}$ ; pounds =  $\frac{\text{g}}{453.6} = 0.4536$



## GENERADORES DE VACÍO MULTITAPA PVP 40 ÷ 300 M

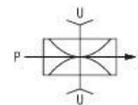
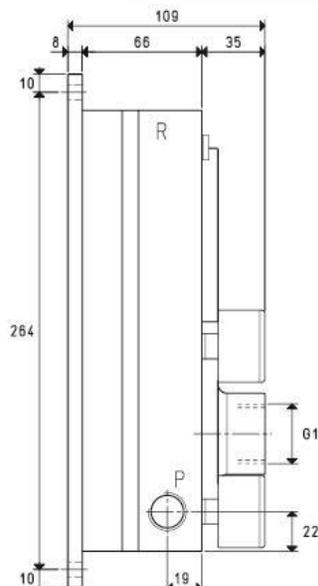
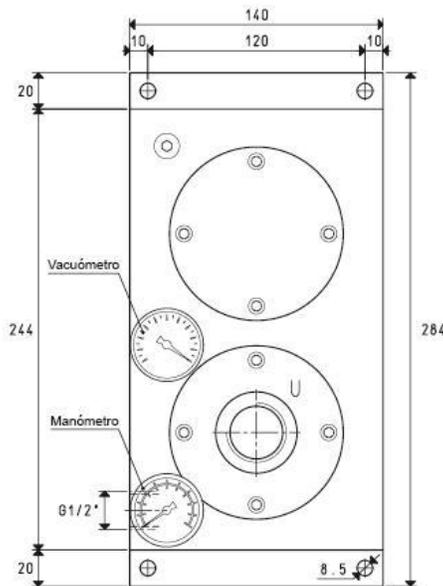
Creados para el ensamblaje en sistemas de agarre por vacío OCTOPUS, esta nueva línea de generadores de vacío multitapa, capaces de aspirar en función de las necesidades reales, suponen una verdadera evolución de las bombas de vacío con álabes giratorios. Se caracterizan por sus eyectores de última generación, y ofrecen una relación extraordinaria entre la cantidad de aire consumido y el aspirado, mejorando así el consumo. Además permiten regular el grado de vacío y el caudal en función de la presión del aire de alimentación.

En estos generadores de vacío se ha prestado mucha atención al nivel de ruido: no contienen partes en movimiento sujetas a vibraciones y a desgaste, y están perfectamente insonorizados, por lo que su funcionamiento es especialmente silencioso.

Además, como su funcionamiento está fundamentado en el principio Venturi, no producen calor.

Al estar compuestos de aleaciones ligeras su peso es muy reducido.

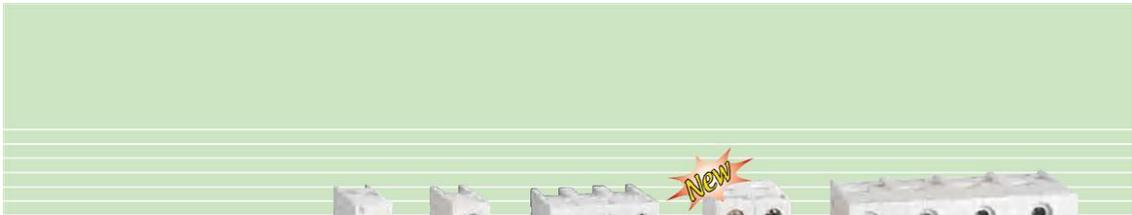
Si se cuenta con una buena filtración del aire comprimido de alimentación y del aire aspirado, el aire descargado en el ambiente de trabajo no contiene vapores de aceite ni condensados de agua o impurezas, y además el mantenimiento se limita a la limpieza periódica de los filtros.



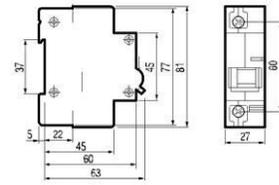
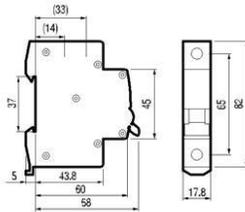
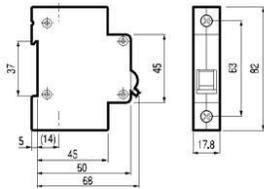
Art.		P=CONEXIÓN AIRE COMPRIMIDO			R=SALIDA DE AIRE		U=CONEXIÓN DE VACÍO			
		PVP 40 M			PVP 70 M		PVP 100 M			
<b>Cantidad de aire aspirado</b>	m <sup>3</sup> /h	36	39	42	65	73	80	88	98	108
<b>Grado de vacío máximo</b>	-kPa	65	82	90	65	82	90	65	82	90
<b>Presión final</b>	mbar abs.	350	180	100	350	180	100	350	180	100
<b>Presión de alimentación</b>	bar	4	5	6	4	5	6	4	5	6
<b>Consumo de aire</b>	lit/s	2.3	2.7	3.2	4.9	5.7	6.6	7.2	8.5	9.8
<b>Temperatura de empleo</b>	°C			-20 / +80			-20 / +80			-20 / +80
<b>Nivel de ruido</b>	dB(A)			67			68			70
<b>Peso</b>	Kg			4.2			4.2			4.2
<b>Repuestos</b>										
<b>Kit de juntas y válvulas de disco</b>	art.			00 KIT PVP 40 M			00 KIT PVP 70 M			00 KIT PVP 100 M
<b>Vacuómetro</b>	art.			09 03 15			09 03 15			09 03 15
<b>Manómetro</b>	art.			09 03 25			09 03 25			09 03 25

**Nota:** Todos los valores de vacío indicados en la tabla son válidos para una presión atmosférica normal igual a 1013 mbar y una presión de alimentación constante.

Añadiendo al código del artículo la letra R, el generador se suministra con la válvula de retención incorporada (Ejemplo: PVP 40 MR).



<b>BKN</b>		<b>BKN-b</b>		<b>BKH</b>	
Overload and short circuit		Overload and short circuit		Overload and short circuit	
BKN: 1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A		1, 2, 3, 4, 6, 10, 20, 25, 32, 40, 50, 63A		63, 80, 100A, 125A	
B, C, D curve		B, C, D curve		C, D curve	
1p, 1p+N, 2p, 3p, 3p+N, 4p		1p, 1p+N, 2p, 3p, 3p+N, 4p		1p, 2p, 3p, 3p+N, 4p	
1pole	2~4pole	1pole	2~4pole	1pole	2~4pole
6kA at 230/400VAC		10kA at 230/400VAC		10kA at 230/400VAC	
6kA at 400VAC		10kA at 400VAC		10kA at 400VAC	
				10kA at 230/400VAC	
				10kA at 400VAC	
IEC 60898		IEC 60898		IEC 60947-2	
Thermal magnetic release		Thermal magnetic release		Thermal magnetic release	
6000 operations		8000 operations		6000 operations	
On 35mm DIN rail		On 35mm DIN rail		On 35mm DIN rail	
17.8mm per pole		17.8mm per pole		27mm per pole	
Lug type(cable up to 25mm <sup>2</sup> )		Lug type(cable up to 25mm <sup>2</sup> )		Lug type(cable up to 50mm <sup>2</sup> )	
 <b>1 changeover contact</b> 6A at 240VAC, 3A at 415VAC 2A at 48VDC, 1A at 125VDC <b>Lug terminal</b> Cable capacity 2.5mm <sup>2</sup> <b>9mm wide</b>					





## Botonería Serie XB2

MODELO	DESCRIPCIÓN
XB2-BA21	Pulsador rasante 1 contacto NA color Negro
XB2-BA31	Pulsador rasante 1 contacto NA color Verde
XB2-BA51	Pulsador rasante 1 contacto NA color Amarillo
XB2-BA61	Pulsador rasante 1 contacto NA color Azul
XB2-BA42	Pulsador rasante 1 contacto NC color Rojo
XB2-BL21	Pulsador sobresaliente 1 contacto NA color Negro
XB2-BL31	Pulsador sobresaliente 1 contacto NA color Verde
XB2-BL51	Pulsador sobresaliente 1 contacto NA color Amarillo
XB2-BL61	Pulsador sobresaliente 1 contacto NA color Azul
XB2-BL42	Pulsador sobresaliente 1 contacto NC color Rojo
XB2-BP21	Pulsador con capuchón de goma 1 contacto NA color Negro
XB2-BP31	Pulsador con capuchón de goma 1 contacto NA color Verde
XB2-BP51	Pulsador con capuchón de goma 1 contacto NA color Amarillo
XB2-BP61	Pulsador con capuchón de goma 1 contacto NA color Azul
XB2-BP42	Pulsador con capuchón de goma 1 contacto NC color Rojo
XB2-BC42	Pulsador Tipo Hongo $\Phi$ 40mm Sin retención 1 Contacto NC
XB2-BS542	Pulsador Tipo Hongo $\Phi$ 40mm Con retención 1 Contacto NC
XB2-BR42	Pulsador Tipo Hongo $\Phi$ 60mm Sin retención 1 Contacto NC
XB2-BS642	Pulsador Tipo Hongo $\Phi$ 60mm Con retención 1 Contacto NC
XB2-BW3361	Pulsador Luminoso Rasante 1 Contacto NA color Verde
XB2-BW3462	Pulsador Luminoso Rasante 1 Contacto NC color Rojo
XB2-BW3561	Pulsador Luminoso Rasante 1 Contacto NA color Amarillo
XB2-BL8325	Pulsador doble sin señalización 1 Contacto NA + 1 NC
XB2-BL8425	Pulsador doble con señalización I/O 1 Contacto NA + 1 NC
XB2-BW8465	Pulsador doble con piloto luminoso 1 Contacto NA + 1 NC



1  
**Cot 10-Polipasto 1 TON**  
**/07/2010**



Señores: **Jesus Acosta**  
 Dirección: Valencia

Muy Estimados Señores:

De acuerdo a su amable solicitud, favor revisar a continuación nuestra oferta correspondiente al siguiente equipo:

**Referencia: Cot. Nro. 10-Polipasto 1 TON, Polipasto eléctrico de cadena con trolley motorizado, capacidad 1.000 KG., 6 metros de izaje.**

**1.- Polipasto eléctrico de cadena con trolley motorizado Cap. 1.000 KG**

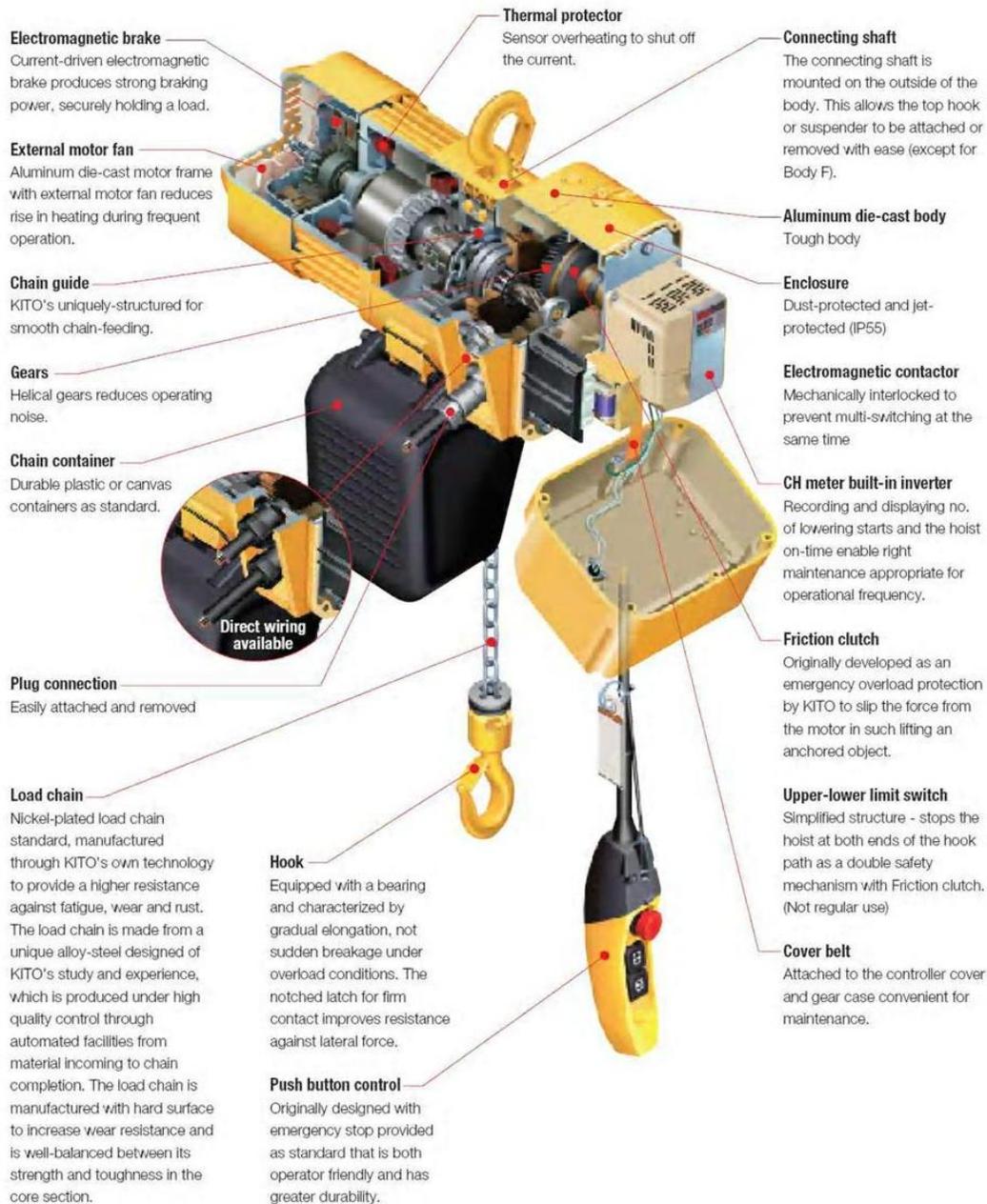
**Marca: Kito**

**Fabricante: Kito - Japón**

CARACTERISTICAS TECNICAS		
Polipasto Eléctrico	Kito	
Modelo	ER2M010ILIS	
Capacidad	1.000 Kg.	
Tablero de Control	Un tablero para el polipasto y el trolley	
Velocidades de Izaje (Por Variador de Velocidad)	0,3 a 4,2 mts/min	
Potencia Motor de Izaje	0,9 Kw.	
Velocidades de Traslación (Por Variador de Velocidad)	2,4 a 24 mts/min	
Potencia Motor de Traslación	0,60 Kw.	
Tipo	Eléctrico de cadena con Trolley motorizado	
Altura máx. de izaje	6 mts.	
Peso del equipo (incluyendo Trolley)	86 Kg.	
Control	Botonera 4 Botones + parada de emergencia	
ED (porcentaje de tiempo operativo por ciclo)	60% (ver Anexo Técnico 1)	
<b>Dispositivos de Seguridad</b>		
Bloqueo por sobrecarga	Clutch de Fricción	Clutch de Fricción
Limit Switch	Límites de carrera superior e inferior	Límites de carrera superior e inferior
Protección Térmica	En el motor del polipasto	En el motor del polipasto
Freno electromagnético	No se libera a menos que el motor de izaje esté energizado	No se libera a menos que el motor de izaje esté energizado
Cuenta horas	Incluido	Incluido



## ER2 Electric Chain Hoist

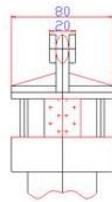
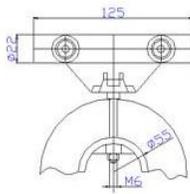


## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA POR FESTÓN DE CABLE PLANO

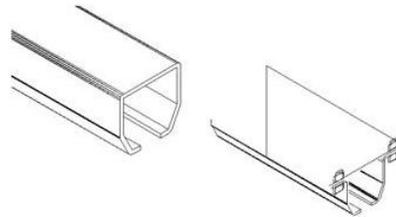
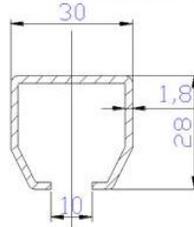
### ESQUEMAS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

(Dimensiones en mm)

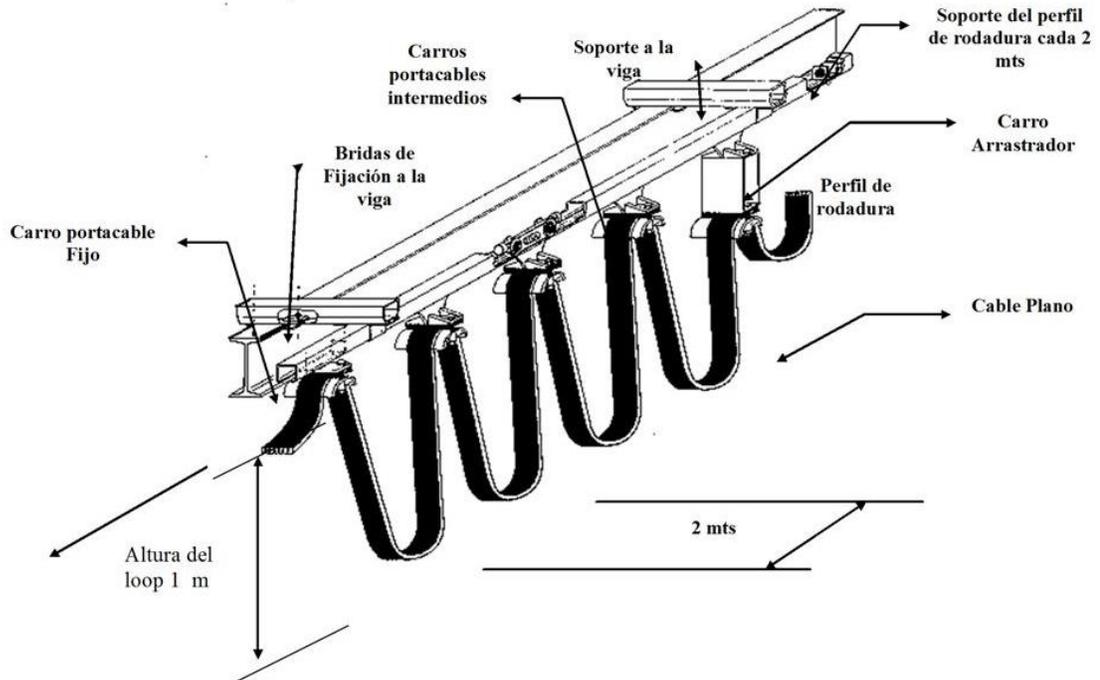
#### CARROS PORTACABLES



#### PERFIL DE RODADURA EMPALME



### ESQUEMA GENERAL DEL MONTAJE



# ***Anexo 4***

Cotizaciones.

# FESTO

C.A. DANAVEN  
AV. IRIBARREN BORGES ZONA INDUST.  
SUR II VALENCIA ( DIV. SOLUCIONES  
ESTRUCTURALES)  
VALENCIA - Carabobo  
RIF: J-07505173-4

Orden de Compra: <b>SOLICITUD DE COTIZAC</b>	Contacto: <b>ESTEFANIA ARAUJO</b>
---	--------------------------------------

Asesor <b>RAFAEL ENRIQUE PENA FEO</b>	Teléfono <b>0241-88396400 AL</b>	Fax: <b>0241-8396308</b>
--	-------------------------------------	-----------------------------

Forma de entrega: <b>Condición general</b>	Condición de pago: <b>CREDITO A 30 DIAS</b>
---	--

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 1 CILINDRO DOBLE DNC-100-500-PPV-A Plazo de Entrega: 5 Días hábiles	163464	2.835,95	1 PZ	2.835,95
Item 2 UNIDAD GUIA FENG-100-500- Plazo de Entrega:60 Días hábiles	34486	7.769,33	1 PZ	7.769,33
Item 3 FIJ. OSCILANTE SNCB-100 Plazo de Entrega: 4 Días hábiles	174395	383,70	1 PZ	383,70
Item 4 CILINDRO DOBLE DNC-63-1230-PPV-A Plazo de Entrega: 5 Días hábiles	163398	2.753,68	1 PZ	2.753,68
Item 5 FIJ. MONT. P/ P HNC-63 Plazo de Entrega: 4 Días hábiles	174372	95,97	1 PZ	95,97

**Cotización**  
12351571

Fecha:  
12/07/2010

Validez:  
19/07/2010

Página:  
1 de 2

No. de cliente:  
27001518

**Festo VE-Maracaibo**

Avenida 23 con calle 71 No. 22-62  
Maracaibo  
Venezuela  
Tel.: 0058 (0261) 7594120  
Fax.: 0058 (0261) 7590455  
RIF.: J302892104  
[www.festo.com](http://www.festo.com)



C.A. DANAVEN  
AV. IRIBARREN BORGES ZONA INDUST.  
SUR II VALENCIA (DIV. SOLUCIONES  
ESTRUCTURALES)  
VALENCIA - Carabobo  
RIF: J-07505173-4

Sub Total	13.838,63
IVA 12,00 %	1.660,64
Total	15.499,27
QUINCE MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y NUEVE BOLIVARES FUERTES (Bs.F.) CON VEINTISIETE CENTIMOS	

**Términos:**

- 1.- El tiempo de entrega ofrecido puede verse afectado por las regulaciones vigentes adoptadas por el ejecutivo nacional a las importaciones.
- 2.- Los precios de esta cotización están sujetos a cambios sin previo aviso en caso de agotarse las existencias en nuestro inventario, o por efectos en el cambio de la moneda, ya que son productos importados.
- 3.- Favor emitir cheques a nombre de FESTO C.A.

**Cotización**  
12351571

Fecha:  
12/07/2010

Validez:  
19/07/2010

Página:  
2 de 2

No. de cliente:  
27001518

**Festo VE-Maracaibo**

Avenida 23 con calle 71 No. 22-62  
Maracaibo  
Venezuela  
Tel.: 0058 (0261) 7594120  
Fax.: 0058 (0261) 7590455  
RIF.: J302892104  
[www.festo.com](http://www.festo.com)

C.A. DANA VEN

**FESTO**

**ESTAFANIA VIGAS**  
AV. IRIBARREN BORGES ZONA

2003 VALENCIA

Información de precio  
**PROYECTO TESIS**

su referencia

Pos.	Nro. mat.	Descripción	Cant.	Precio unit	Total
1	6843	SILEN. C/ROSCA U -3/8 B	2	109,75	219,50
		Entrega 4 días Habiles			
2	150418	SENSOR INDUCTIV SIEN-M18B-PS-K-L	5	409,58	2.047,90
		Entrega 4 días Habiles			
3	152820	SENSOR ELECTRIC SME-8-K-LED-230	6	222,19	1.333,14
		Entrega 4 días Habiles			
4	151178	REGULADOR DE CA GRLA-3/8-B	4	101,19	404,76
		Entrega 4 días Habiles			
5	193152	REGULADOR FLUJO GRLA-1/2-QS-12-D	2	221,54	443,08
		Entrega 4 días Habiles			
6	153009	RACOR RAPIDO QS -3/8-12	4	26,98	107,92
		Entrega 4 días Habiles			
7	164980	CONECTOR POR EN QS -1/4-12	4	23,87	95,48
		Entrega 4 días Habiles			
8	3570	TAPON CIEGO B -3/8	3	15,01	45,03
		Entrega 4 días Habiles			
9	159588	UNID.MANT.C/MAN FRC-3/8-D-MIDI	1	1.048,33	1.048,33
		Entrega 4 días Habiles			
10	153132	CONECTOR POR EN QST-12	2	60,60	121,20
		Entrega 4 días Habiles			
11	197394	TUBO FLEXIBLE PUN-H-12X2 SW	35	29,44	1.030,40
		Entrega 4 días Habiles			
12	150982	ELECTROVALVULA MFH-5/3G-D-1 C	3	876,27	2.628,81
		Entrega 4 días Habiles			
13	152789	PLACA BASE NAVW-1/4-1-ISO	2	170,43	340,86
		Entrega 4 días Habiles			
14	10174	CONJ.DE PLACA F NEV-1 DA/DB-ISO	1	173,11	173,11
		Entrega 4 días Habiles			
15	4527	BOB. MAGNÉTICA MSFG-24DC/42AC	4	101,68	406,72
		Entrega 4 días Habiles			
			<b>Precio Total</b>	<b>VEF</b>	<b>10.446,24</b>

su recado

nuestro referencia

fecha

30/07/2010  
Validez  
05/08/2010

PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Atentamente;  
Rafael Peña  
[Rafael.pena@ve.festo.com](mailto:Rafael.pena@ve.festo.com)  
+58 416 5410027  
+58 414 0410093

**Términos:**

- 1.- El tiempo de entrega ofrecido puede verse afectado por las regulaciones vigentes adoptadas por el ejecutivo nacional a las importaciones.
- 2.- Los precios de esta cotización están sujetos a cambios sin previo aviso en caso de agotarse las existencias en nuestro inventario, o por efectos en el cambio de la moneda, ya que son productos importados.
- 3.- Favor emitir cheques a nombre de FESTO C.A

**PRESUPUESTO**  
**3409/10**

Caracas, Julio 22, 2010

Señores  
**DANA**  
Presente.-

**Att. Sra. Estefania Vigas**

Estimados Señores:

De acuerdo a su solicitud, a continuación nuestra oferta:

**UNA MESA A GRAVEDAD DE RODILLOS (MESA 2).**

Longitud:	1230 mm.
Ancho total:	1700 mm.
Ancho útil:	1624 mm.
Altura:	1220 mm.
Estructura:	Lámina de acero plegada 1 1/2" x 3" x 1 1/2" x 2.5 mm. de espesor, con perforaciones hexagonales 7/16".
Rodillos:	En tubo de acero 1 7/8" de diámetro externo, 2 mm. de espesor, eje hexagonal 7/16", montado en rodamientos importados con sistema de resorte. Separados 6" centro a centro.
Soportes:	En tubo de acero cuadrado 2", 2 mm. de espesor.
Acabado:	Estructura: Fondo anticorrosivo más color esmalte sintético Sintolite color azul mar. Rodillos: Acero natural.

**PRECIO TOTAL EN VALENCIA:**

**BsF. 6.330,00**

**UNA MESA A GRAVEDAD DE RODILLOS (MESA 3).**

Longitud:	1230 mm.
Ancho total:	1070 mm.

**PRESUPUESTO**

**3409/10**

**- 2 -**

Ancho útil:	994 mm.
Altura:	1160 mm.
Estructura:	Lámina de acero plegada 1 ½" x 3" x 1 ½" x 2.5 mm. de espesor, con perforaciones hexagonales 7/16".
Rodillos:	En tubo de acero 1 7/8" de diámetro externo, 2 mm. de espesor, eje hexagonal 7/16", montado en rodamientos importados con sistema de resorte. Separados 6" centro a centro.
Soportes:	En tubo de acero cuadrado 2", 2 mm. de espesor.
Acabado:	Estructura: Fondo anticorrosivo más color esmalte sintético Sintolite color azul mar. Rodillos: Acero natural.

**PRECIO TOTAL EN VALENCIA: BsF. 4.880,00**

<b>Tiempo de entrega:</b>	De tres (3) a cuatro (4) semanas.
<b>Forma de pago:</b>	50% Inicial - 50% Contado para la entrega.
<b>Vigencia de la oferta:</b>	Diez (10) días hábiles.
<b>Garantía:</b>	Seis (6) meses contra defectos de fabricación.

**NOTAS IMPORTANTES:**

A) NUESTROS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

Agradecemos la oportunidad que nos han dado de cotizarles y quedamos a sus gratas órdenes.

Atentamente,

**CAROLINA RIVERO G.**  
**Director**

**SUMIMSE, C.A.**

Zona Industrial Municipal Norte, Av. Este-Oeste Nro.6, Galpon Nro4, Valencia  
TELEFONO: (0241)3167196 TELEFAX: (0241)8340344

**COTIZACION # 000001876**

**J-29394881-9**

SEÑORES...:JESUS ACOSTA  
DIRECCION:.....:  
RIF:  
ATENCION...:

FECHA:.....: 07/07/2010  
CONDICIONES DE PAGO: CONTADO  
MONEDA:.....: BOLIVARES  
VENDEDOR.: LUIS

Codigo	Descripcion de Producto	Cantidad	Peso	Precio	Importe BsF.
	VIGAS IPN 180 X 12m	2		4.100,00	8.200,00
	TUBO ESTR 25 X 25 X 6	1		125,00	125,00
	TUBO ESTR 40 X 40 X 6	1		158,00	158,00
	PLETINA 75 X 6 X 6m	1		128,62	128,62
TOTAL					8.611,62
IVA 12 %					1.033,39
TOTAL					9.645,01

Ustedes pueden cancelar mediante depositos bancarios o cheques a depositar. Solo se despachara material una vez disponible el deposito. \*Confirmar existencia de material\*

\*Banco Banesco : 0134-00-67950-671028201  
\*Banco B.O.D. : 0116-1502-50000-6496814  
\*Banco mercantil : 0105-0721941-721024778  
\*Banco Provincial : 0108-0992-46-0100022480



SEQUIN VALENCIA, C.A.  
R.I.F.: J-30527156-9  
TELF: 0241-8389466 / 8388171 / 8388635  
FAX: 0241-8385672

Cotización: 19137  
Página: 1  
Fecha Emisión: 14/07/2010  
Fecha Entrega: 14/07/2010

Cliente: JESUS ACOSTA  
R.I.F.: 18083899  
Dirección:

N.I.T.:

Teléfonos:  
Tiempo de entrega:  
Atención:

FAX:

Condic. Pago:  
CONTADO

ASESOR:  
VENTAS DE CONTADO  
Validez de la oferta:

Código	Descripción	Cant.	Precio Unit	Neto
3S-40MAU	PLCFATEK	1.00	2,300.00	2,300.00

Sub-Total Bs:		2,300.00
% Desc.:	%	0.00
Recargo:	%	0.00
I.V.A. 12 %:		276.00
Otros:		0.00
Neto:		2,576.00

VENTAS DE CONTADO

1  
**Cot 10-Polipasto 1 TON**  
**/07/2010**



Señores: **Jesus Acosta**  
 Dirección: Valencia

Muy Estimados Señores:

De acuerdo a su amable solicitud, favor revisar a continuación nuestra oferta correspondiente al siguiente equipo:

**Referencia: Cot. Nro. 10-Polipasto 1 TON, Polipasto eléctrico de cadena con trolley motorizado, capacidad 1.000 KG., 6 metros de izaje.**

**1.- Polipasto eléctrico de cadena con trolley motorizado Cap. 1.000 KG**

**Marca: Kito**

**Fabricante: Kito - Japón**

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>		
Polipasto Eléctrico	Kito	
Modelo	ER2M010ILIS	
Capacidad	1.000 Kg.	
Tablero de Control	Un tablero para el polipasto y el trolley	
Velocidades de Izaje (Por Variador de Velocidad)	0,3 a 4,2 mts/min	
Potencia Motor de Izaje	0,9 Kw.	
Velocidades de Traslación (Por Variador de Velocidad)	2,4 a 24 mts/min	
Potencia Motor de Traslación	0,60 Kw.	
Tipo	Eléctrico de cadena con Trolley motorizado	
Altura máx. de izaje	6 mts.	
Peso del equipo (incluyendo Trolley)	86 Kg.	
Control	Botonera 4 Botones + parada de emergencia	
ED (porcentaje de tiempo operativo por ciclo)	60% (ver Anexo Tecnico 1)	
<b>Dispositivos de Seguridad</b>		
Bloqueo por sobrecarga	Clutch de Fricción	Clutch de Fricción
Limit Switch	Límites de carrera superior e inferior	Límites de carrera superior e inferior
Protección Térmica	En el motor del polipasto	En el motor del polipasto
Freno electromagnético	No se libera a menos que el motor de izaje esté energizado	No se libera a menos que el motor de izaje esté energizado
Cuenta horas	Incluido	Incluido



2  
Cot 10-Polipasto 1 TON  
/07/2010



2. Condiciones comerciales  
2.1. Componentes electromecánicos

DESCRIPCIÓN	
1) Trolley motorizado, marca KITO, Cáp. 1 TON, 6 metros de izaje y botonera de control de 2 pulsadores.	
	Bs. 18.142,88
<b>Total General :</b>	<b>18.142,88 BsF.</b>

**3.- Condiciones Comerciales.**

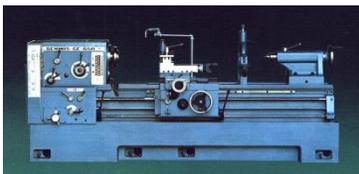
- 1.- Tiempo de entrega: Inmediata, salvo venta previa, en nuestras instalaciones de Imocom en Valencia.
- 2.- Precio ofertado no incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA)
- 3.- Forma de pago: Contado, previo a la entrega.
- 4.- Garantía: Doce meses contra defectos de fabricación y ensamble contados a partir de la fecha de despacho del equipo. La garantía no cubre defectos derivados de instalación u operación incorrecta (sobrecarga, maltrato, golpes, etc.), así como por problemas en el suministro eléctrico.
- 5.- Validez de la oferta: 10 días.

Quedando a su entera disposición para cualquier consulta adicional, aprovechamos para extenderle nuestros cordiales saludos.

IMOCOM de Venezuela, c.a.

**Raxel Pérez**  
**Cel. 0416 647.76.61**

# MULTISERVICIOS ESCALAND C.A.



Todo lo relacionado con Metalmecánica Industrial, Torno, Fresa,  
Soldadura en General  
RIF. J: 29481146-9

## PRESUPUESTO

Nº  
0248

Lugar:	La Victoria Edo. Aragua	Fecha: 18 de Julio de 2010	
Cliente:	ESTEFANIA VIGAS	Nit.	
Rif.			
Dirección:			
Teléfonos:		Elaborado por: Jairo Escalona	
Can t.	Descripción	Precio Unit.	Precio Total
01	*Fabricar caja generador de vacio y placa de apoyo para generador, según planos adjuntos	950,00	950,00
02	*Fabgricar uniones para vigas	150,00	300,00
06	*Fabricar uniones de ventosas, según planos	220,00	1.320,00
08	*Fabricar pasadores roscados y moleteados en la perilla de sujeción.	180,00	1.440,00
<b>Nota:</b> todas la piezas están fabricadas en acero SAE 1020			
Condiciones de Pago: Conforme		Recibí	
		Sub-Total	4.010,00
		IVA 12%	481,20
		Total	4.491,20

Cliente:	1000410	<b>UNIVERSIDAD DE CARABOBO</b>	<b>Cotización: 1024250</b>
RIF:	G-20000041-4		Página: 1/1
Dirección:	AVENIDA BOLIVAR NORTE N° 159-39 SECTOR RECTORADO, VALENCIA, EDO. CARABOBO		Fecha Emisión: 30/07/2010
Teléfonos:	8216104 - 8239413 - 8210137	FAX:	Validez de la Oferta: 7 DIAS
Transporte:	EL CLIENTE RETIRA		Condic. Pago: CONTADO
Dir. Ent.:			Atención a:
Origen:	0		Asesor de Ventas:
Moneda: Bs F			<b>MOSTRADOR</b>

Reng	Código	Modelo	Descripción	Cantidad	Unid.	Precio U.	% Desc.	Neto
1	7020020200 5C	SOV 33 SOS NC	S70 ELECTROVALVULA 3/2 1/4" NC 220 VAC	1.00	PZ	890.10	0.00	890.10
2	2001019	RL1 12-1/4	RACOR RECTO AUTOMATICO	2.00	PZ	24.30	0.00	48.60
3	W0970530003	MWSC 1/4	SILENCIADOR ESTANDAR 1/4"	1.00	PZ	22.05	0.00	22.05
4	PVP 75 MD	PVP 75 MD	GENERADOR DE VACIO MULTI ETAPAS MD 75mch X 1	1.00	PZ	11,271.26	0.00	11,271.26
5	2001014	RL1 12-3/8	RACOR RECTO AUTOMATICO	2.00	PZ	26.26	0.00	52.52
6	FC 20	FC 20-1/2	FILTRO DE ASPIRACION CON CARTUCHO 1/2	1.00	PZ	463.54	0.00	463.54
7	14 01 10	VALAUTOEX 1/4H-3/8M	VALVULA AUTOEXCLUYENTE DE VACIO	6.00	PZ	262.42	0.00	1,574.52
8	PU9X12A100	MPU12LL	MANGUERA POLIURETANO 12X9 AZUL	1.00	MTS	25.90	0.00	25.90

Precios Calculados a un Cambio de: 2,60 BsF/USD\$

FAX:		Sub-Total:	14,348.49
Observaciones:		I.V.A:	1,721.82
		Desc.:	% 0.00
		Total:	16,070.31

**OFICINA PRINCIPAL VALENCIA**  
 Prolongación Av. Michelena, Centro Comercial Atlas, Local B-10 y B-11  
 Valencia, Edo. Carabobo, Venezuela.  
 Telfs: (58-241)832.64.64 / 832.32.50 / 838.88.19 / 814.22.02 Fax: 832.62.83

**SUCURSAL ARAGUA**  
 C.C. Paseo Los Laureles, planta Alta, Local 82  
 La Encrucijada, Cagua, Edo. Aragua, Venezuela.  
 Telf: (0244)395.79.08 Fax 395.90.58

# ***Anexo 5***

Planos del sistema diseñado

# ***Anexo 6***

Alternativa de Solución

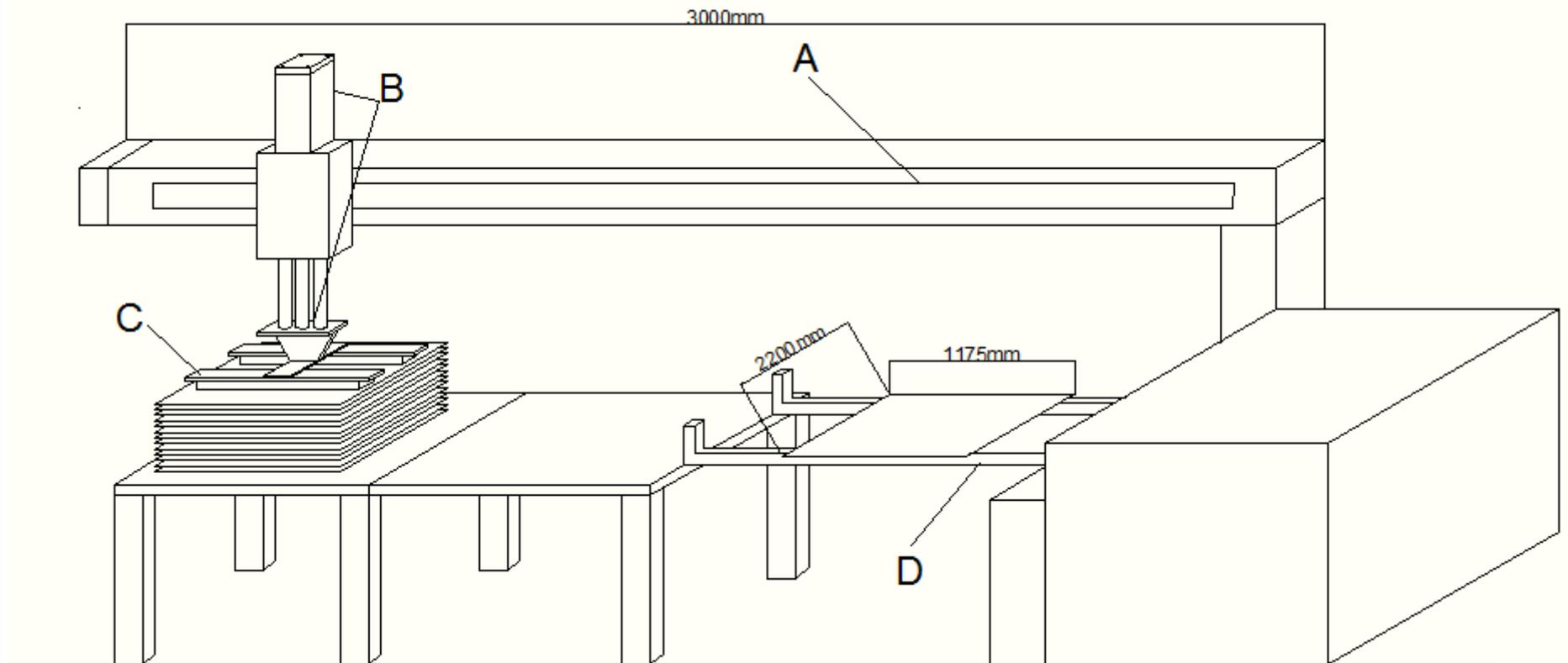
## **Alternativa de Solución**

Para dar solución al problema planteado salieron a relucir dos alternativas principales, la primera con el conjunto de vacío como elemento principal para el levantamiento y la sujeción de las láminas para su posterior desplazamiento; y la segunda alternativa dependía de un conjunto de electroimanes o electropermanente, que mediante un campo magnético regulado, estaría encargado de atraer la lamina hacia él para luego ser desplazada hasta la entrada de la máquina.

Las dos soluciones eran viables pero al momento de realizar la selección de la mejor alternativa nos encontramos con un criterio que tendría mucho peso y sería decisivo para la selección de nuestra solución, dicho criterio fue el de menor costo.

A nivel nacional, no se conseguía empresas fabricantes y/o distribuidores de electroimanes y mucho menos con las especificaciones requeridas para el trabajo de grado, esto generó a consultar al exterior del país, hasta lograr encontrar en España fabricantes de estos imanes pero a un costo muy elevado, a esto se le suma otro inconveniente y no es más que, la variedad de dimensiones y pesos de las laminas con las que se iban a trabajar; esto nos llevo a una nueva necesidad que era lograr encontrar unos imanes más complejos a los que se les pudiera regular la intensidad de la corriente para poder lograr nuestros requerimientos que era levantar las variedad de láminas con sus respectivos pesos una por una, esto por supuesto elevó el costo de los imanes muchísimo más, lo que trajo como consecuencia el descarte de esta alternativa, ya que el proyecto es planteado para llevarse a cabo a nivel industrial y requiere de unos costos permisibles y limitados para el desarrollo del mismo.

El siguiente bosquejo representa el sistema con imanes que se tenía pensado utilizar; muy similar al seleccionado de ventosas, a diferencia que en lugar de ventosas se utilizarían los electroimanes.



ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN
<p><b>A:</b> Riel de desplazamiento.</p> <p><b>B:</b> Cilindro pistón.</p> <p><b>C:</b> Caja magnética.</p> <p><b>D:</b> Brazos mecánicos.</p>	<p>El cilindro extiende su vástago hasta llegar a la lamina, las ventosas sostienen la lamina, el vástago se retrae y luego se desplaza por el riel, vuelve a extender su vástago nuevamente para soltar la lámina y por último los brazos mecánicos llevan la lámina hasta la boca de la máquina cortadora</p>



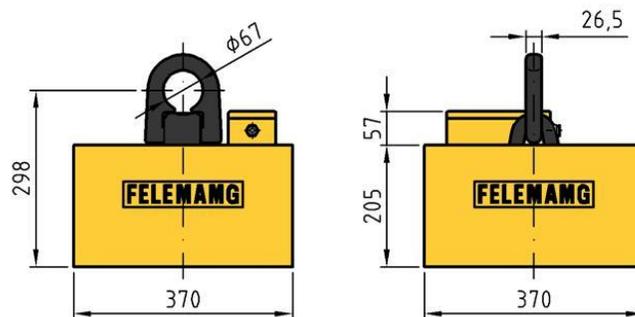
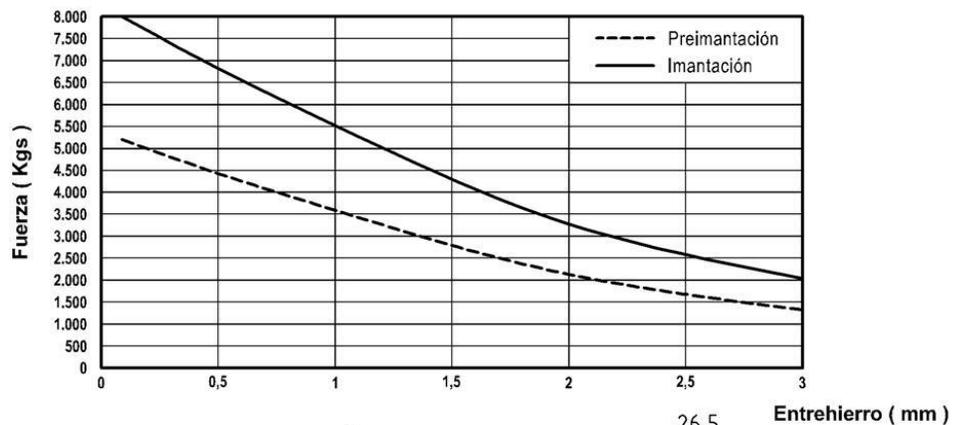
## ELECTROPERMANENTE DE CONMUTACIÓN EPC-37



El electropermanente EPC-37 permite manejar todo tipo de piezas con la única acción de sus imanes permanentes. Su maniobra de imantar-desimantar se realiza por la acción de un breve impulso de corriente. El transporte de la carga se realiza sin ningún aporte de energía eléctrica.

La calidad de los imanes y el perfecto control de los pulsos de imantación garantizan el mantenimiento de las condiciones originales sin desviaciones ni pérdidas.

El siguiente gráfico indica la fuerza de atracción que realiza sobre chapa plana, de espesor igual o mayor de 30 mm en función del entrehierro o separación entre la chapa y el imán.

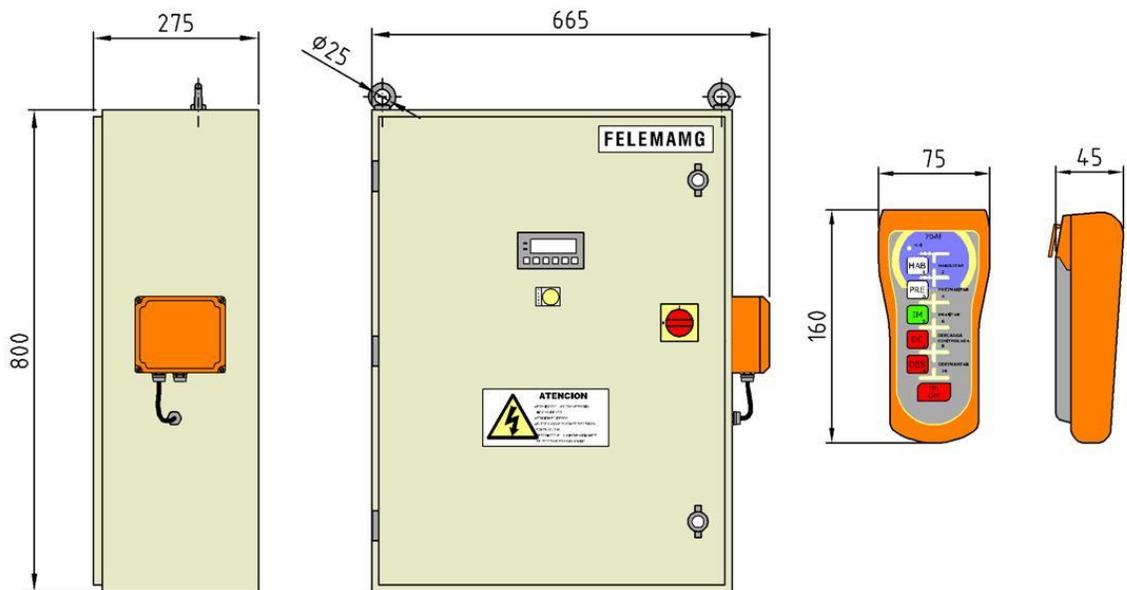


Peso propio = 165 Kgs



Un pequeño equipo electrónico maniobra el EPC-37 y todo el sistema está controlado y automatizado. Dispone de los siguientes sistemas:

- RST - La toma de la carga se realiza al 65% de la fuerza del EPC-37. El transporte al 100% de su fuerza.
- CIM - El equipo se autochequea en cada maniobra de imantación. Si no se alcanza el umbral de la imantación se enciende la lámpara roja y obligará a una comprobación y siguiente RESET.
- SC - Permite realizar una suelta controlada de la carga, en el supuesto de haber izado varias piezas.
- Sistema de señalización - Columna de lámparas roja - amarilla - verde que indican todos los procesos y estado del EPC-37.
- Mando por radio.



FÁBRICA - Dpto. TÉCNICO - VENTAS  
C/ Agricultura, 15 - Pol. Bankuni3n, 2  
33211 GIJ3N (ASTURIAS) - E  
Tel3fono +34 985 324 408  
Fax +34 985 324 226  
E-mail: felemamg@felemamg.com

**FELEMAMG**  
*magnetismo*  
[www.felemamg.com](http://www.felemamg.com)

ADMINISTRACI3N  
C/ Demetría Su3rez, 20  
33400 AVIL3S (ASTURIAS) - E  
Tel3fono +34 985 561 918  
Fax +34 985 520 437  
E-mail: administracion@felemamg.com



## **OFERTA Nº 210520**

- 1 Electropermanente de conmutación FELEMAMG tipo EPC-37, cuadrado, de 370mm. de lado, con su equipo eléctrico de alimentación y control tipo MD-1, incluyendo:
- Armario metálico IP-54, con todo el aparellaje necesario para el correcto funcionamiento del imán.
  - Mando por radio con pulsadores de PREIMANTACIÓN, IMANTACIÓN, DESIMANTACIÓN (doble) y SELECTOR DE CHAPAS.
  - Señalización luminosa que indica el estado del imán
  - Sistema de seguridad en el transporte RST con preimantación al 65% e imantación al 100%

**PRECIO: 8.910€**

PRECIO: En Euros, para material en condición Ex - Works.

PLAZO DE ENTREGA: 7 semanas

FORMA DE PAGO: 30% con el pedido, resto antes de la entrega mediante transferencia bancaria.

GARANTÍA: 12 meses contra todo defecto de fabricación a partir de la fecha de entrega.

# Índice general

---

<b>Índice general</b>	<b>i</b>	
<b>Índice de figuras</b>	<b>v</b>	
<b>Índice de tablas</b>	<b>ix</b>	
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	<i>Introducción, 1</i>	
1.2	<i>Situación problemática, 3</i>	
1.3	<i>Objetivos, 7</i>	
1.3.1	<i>Objetivo General, 7</i>	
1.3.2	<i>Objetivos Específicos, 7</i>	
1.4	<i>Justificación, 7</i>	
1.5	<i>Alcance, 8</i>	
1.6	<i>Limitaciones, 8</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>Marco Teórico</b>	<b>9</b>
2.1	<i>Antecedentes, 11</i>	

*2.2 Bases teóricas, 13*

*2.2.1 Descripción del Proceso de Producción, 13*

*2.2.2 Máquina y proceso de Corte, 15*

*2.2.3 Transportadores, 16*

*2.2.4 Ventosas, 18*

*2.2.5 Fundamentos neumáticos, 21*

*2.2.6 Fundamentos básicos de electroneumática, 26*

*2.3 Definición de términos, 39*

**CAPÍTULO 3 Marco Metodológico 57**

*3.1 Nivel de la investigación, 43*

*3.2 Diseño de la investigación, 43*

*3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, 45*

*3.4 Aspectos administrativos, 45*

**CAPÍTULO 4 Condiciones operativas actuales y diseño mecánico para la alimentación de la máquina cortadora 47**

*4.1 Condiciones operativas actuales de la máquina, 47*

*4.1.1 Descripción del proceso de desbobinado y corte de bobina, 47*

*4.1.2 Descripción del proceso de corte mediante guillotina, 49*

*4.1.3 Características principales de la guillotina, 50*

*4.2 Desarrollo Solución del problema, 51*

*4.2.1 Diseño de Soporte de Sistema de vacío, 53*

*4.2.2 Selección de viga del eje principal del soporte de ventosas, 60*

*4.2.4 Uniones soldadas, 64*

*4.3 Diseño de sistema de transporte , 68*

*4.3.1 Calculo de viga para traslado de trolley, 68*

- 4.3.2 Soldadura del pórtico, 70
- 4.4 Diseño de unión del trolley con el cilindro, 77
  - 4.4.1 Cálculo de fuerza, 77
  - 4.4.2 Cálculo de área, 78

## **CAPÍTULO 5      Diseño de alimentación automática y proceso de corte; ingeniería de detalles y análisis de costos del diseño**

**79**

- 5.1 *Sistema automatizado, 79*
  - 5.1.1 *Descripción del proceso d automatización, 79*
  - 5.1.2 *Diagrama de potencias del sistema diseñado, 84*
  - 5.1.3 *Descripción de las etapas del sistema automatizado, 86*
  - 5.1.4 *Selección del sistema de control, 93*
  - 5.1.5 *Esquema de control, 94*
  - 5.1.6 *Programación del PLC, 94*
  - 5.1.7 *Listado de señales de entradas y salidas del sistema, 94*
- 5.2 *Ingeniería de detalles, 100*
  - 5.2.1 *Selección de los componentes del sistema automatizado, 101*
  - 5.2.2 *Selección de elementos Mecánicos, 115*
  - 5.2.3 *Diseño de Tablero y selección de cableado, 117*
- 5.3 *Análisis de costos, 119*

<b>Conclusiones</b>	<b>127</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>129</b>
<b>Referencias</b>	<b>131</b>
<b>Anexos</b>	<b>133</b>

# *Índice de figuras*

---

1.1 Alimentación de máquina cortadora realizada por dos operadores	5
2.1 Flujograma del proceso de producción.	14
2.2 Máquina cortadora	15
2.3 Rodillos transportadores	17
2.4 Funcionamiento de las ventosas	19
2.5 Clasificación de las ventosas de acuerdo a su forma	20
2.6 Material para la construcción de ventosas	20
2.7 Clasificación del cilindro neumático según su construcción.	21
2.8 Cilindro de simple efecto	22
2.9 Cilindro de doble efecto	22
2.10 Representación simbólica de una válvula antiretorno.	25
2.11 Representación simbólica de una válvula de caudal bidireccional	25
2.12 Representación simbólica de una válvula reguladora unidireccional	26
2.13 Diversos tipos de pulsadores electrónicos	27
2.14 Representación simbólica de un relevador	27
2.15 Funcionamiento de un relé o relevador	29
2.16 Distintos tipos de válvulas electroneumáticas	29
2.17 Funcionamiento de un sensor inductivo	31
2.18 Componentes de un sensor inductivo	32
2.19 Funcionamiento de un sensor capacitivo	33
2.20 Operación del sensor de proximidad magnético	35

2.21 Sensor magnético empleado en la detección de posición del embolo de un cilindro	35
4.1 Detalle de la máquina y proceso de corte de la guillotina	50
4.2 Elementos del sistema a diseñar	52
4.3 Conjunto de sistema de vacío	53
4.4 Diagrama de cuerpo libre de soporte de ventosas	55
4.5 Efecto torsor que produce las ventosas sobre el perfil seleccionado	58
4.6 Diagrama de corte, momento y deflexión del soporte de las ventosas	59
4.7 Diagrama de cuerpo libre de eje principal	60
4.8 Diagrama de cuerpo libre de eje principal definitivo	61
4.9 Diagrama de corte, momento y deflexión del eje principal.	64
4.10 Vista frontal de la junta del perfil del soporte de ventosa con el portaventosa	65
4.11 Viga carrilera de grúa apoyada en ambos extremos	69
4.12 Condición crítica para diseño de soldadura del pórtico	71
4.13 Diagrama de cuerpo libre de viga apoyada en las columnas	72
4.14 Forma de unión de soldadura de perfil IPN	73
4.15. Forma de unión de soldadura de filete	74
4.16 Pieza de unión del trolley con el cilindro	77
5.1 Láminas apiladas sobre mesón con sistema de vacío	80
5.2 Detalle del sistema de vacío	80
5.3 Sistema de alimentación en posición de salida con indicador de elementos	81
5.4 Sistema de alimentación en posición de llegada	82
5.5 Trolley en posición inicial (retraído sin lamina), lamina sobre mesón de rodillos y vástagos de cilindros empujadores en contacto con la lamina	83
5.6 Diagrama de Potencia	85
5.7 Diagrama de motores	86
5.8 Detalle del sensor B8 y estructura de vacío con detalle del sensor B7 (ubicado en el centro del eje principal de la ventosas)	87
5.9 Momento en que el sistema está en contacto con las laminas	87
5.10 Vástago retraído con lamina y detalle del sensor B11 (que marca el final del desplazamiento de la estructura)	88
5.11 Detalle del trolley llegando al final del recorrido con vástago retraído	89

5.12 Detalle de las ventosas sosteniendo la lamina, y mesa de rodillos con sensor B9	89
5.13 Lamina sobre el mesón con vástago del cilindro 1.0 extendido, con detalle del sensor B10	90
5.14 Imagen de los cilindros extendidos y lámina en contacto con el tope	91
5.15 Detalle del sensor interno B12 que está en el tope, accionado por la presencia de la lámina	91
5.16 Vástagos de 2.0 y 3.0 extendiéndose y el trolley dispuesto para buscar una nueva lámina	92
5.17 Trolley dispuesto a dejar la nueva lámina	93
5.18 Diagrama de conexión del PLC	97
5.19 Diagrama de escaleras	98
5.20 Tablero parte frontal	118

# *Índice de tablas*

---

---

1.1 Especificaciones de material a cortar	4
2.1 Tipos de ventosas	19
2.2 Simbología de válvulas distribuidoras o de vías, según la Norma ISO-1219	24
4.1 Características principales de la maquina cortadora de laminas	51
4.2 Dimensiones de la cizalla	51
4.3 Propiedades del acero común	53
4.4 Factores de seguridad determinados para la selección de perfil	62
4.5 Esfuerzos permitidos por el reglamento AISC para metal de soldadura	67
4.6 Propiedades del acero común	75
4.7 Esfuerzos permitidos por el reglamento AISC para metal de soldadura	76
5.1 Listas de las entradas del sistema de control	95
5.2 Listas de las salidas del sistema de control	96
5.3 Características de la lámina de acero más pesada	101
5.4 Ventosas y características	106
5.5 Listado de cables	116
5.6 Costos asociados a la inversión inicial	118



# *Introducción*

---

La empresa DANAVEN Soluciones Estructurales Ligueras C.A, está en constante investigación para ofrecer a sus clientes productos de alta tecnología y manufactura, garantizando calidad y un excelente servicio.

Esta compañía, brinda la oportunidad a estudiantes de diversas ramas de la ingeniería, de aprender e intercambiar sus conocimientos adquiridos en la universidad, en las diferentes áreas de la empresa, teniendo como premisa principal la constante investigación y estudio; permitiendo la realización de este proyecto, el cual consistirá en automatizar uno de sus procesos de producción, corte de láminas mediante guillotinas. Planteándose como objetivo primordial el ***Diseño de un sistema automatizado para la alimentación y corte de una máquina cortadora de láminas de acero.***

Para la presentación de esta monografía fue necesario fragmentarla en cinco (5) capítulos, muy bien definidos y los cuales se encuentran caracterizados de la siguiente forma:

Inicialmente, en el *primer capítulo*, se suministra la información necesaria para conocer el problema planteado, la justificación del mismo; así como

también, los objetivos para llevar a cabo la investigación, las diversas limitantes que se presentan, y el alcance que se desea obtener.

Posteriormente, en el *segundo capítulo*, se presentan los antecedentes, que comprenden los estudios previos y trabajos de grado relacionados con el problema planteado. Además, de las bases teóricas que guardan una estrecha relación con el objeto del estudio. Ambos aspectos son fundamentales para la realización de este proyecto.

No obstante, en el tercer capítulo, se muestra la metodología que se implementó, se describe el tipo de investigación las técnicas y los procedimientos para llevar a cabo la indagación. Donde, se explica detalladamente las diversas fases y actividades que conforman el aspecto experimental.

En cuanto al cuarto capítulo, se describen las condiciones operativas actuales de la máquina y el diseño mecánico para la alimentación de la máquina cortadora. Y finalmente, en el último capítulo se explica el diseño de alimentación automática y proceso de corte; ingeniería de detalles y análisis de costos del diseño.

# CAPÍTULO 1

## *El Problema*

---

---

### **1.1 Situación problemática**

Actualmente, la empresa DANA de Venezuela, división Soluciones Estructurales, ubicada en la zona industrial del Edo. Carabobo, se encarga de la fabricación de largueros, refuerzos y travesaños para chasis de vehículos livianos y pesados y chasis ensamblados.

En esta División, el departamento de calidad, tiene la finalidad de fomentar cultura de creatividad e innovación, reducir los costos laborales, y mejorar la seguridad y el ambiente laboral para así lograr una excelencia operativa. Para alcanzar estos objetivos, surge la idea de automatizar algunos procesos para alcanzar el máximo aprovechamiento de la maquinaria, aumentar la producción y disminuir los riesgos en los operadores.

En estos momentos, la empresa cuenta con una máquina cortadora, cuya función es cortar láminas de acero, provenientes de un proceso de corte de bobina (materia prima), las cuales son utilizadas para la fabricación de travesaños y soportes de carrocería, que poseen las especificaciones que se encuentran en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Especificaciones de material a cortar.

**Fuente:** DANA, soluciones estructurales.

Norma del Material	Ancho (mm)	Espesor (mm)			Largo (mm)	Peso (Kg)
		Mínimo	Nominal	Máximo		
SAE J1392 050 XLF	940	6,00	6,35	6,70	1470	70,454
SAE J1392 050 XLF	850	3,80	4,00	4,20	1635	44,422
	850	3,80	4,00	4,20	1800	48,877
	850	3,80	4,00	4,20	1690	45,907
ASTM A570 -36 BC	870	4,40	4,60	4,80	1600	51,451
SAE 1008 BC	940	3,50	3,70	3,90	1845	51,185
	1175	5,10	5,35	5,60	1770	88,585
	1175	5,10	5,35	5,60	1680	84,106
	1175	5,10	5,35	5,60	2200	109,985
	1175	5,10	5,35	5,60	2100	105,008
	1175	5,70	5,95	6,20	1860	103,938
ASTM A622 BC	1175	7,00	7,25	7,50	1860	126,647

El proceso que realiza esta máquina consta de tres etapas, la primera es de alimentación, que comienza cuando el montacargas coloca las láminas sobre un soporte, luego dos operadores levantan una de estas láminas ubicándola en la entrada de la cortadora, tal y como se muestra en la figura 1.1.

La segunda etapa es graduación, para esta etapa se realizan pruebas de ensayo y error hasta lograr el ancho de corte deseado, para conseguir esto los operadores gradúan la máquina ajustando un tope que sirve de guía para el ancho de corte, esta graduación es realizada empíricamente. Al obtener el ancho de ensayo se realiza el corte. La tira obtenida se mide para verificar si es la correcta, sino se procede a realizar una nueva graduación hasta

conseguir el ancho requerido. Cabe destacar, que el material de prueba es desechado produciendo pérdidas para la empresa.



**Figura 1.1.** Alimentación de maquina cortadora realizada por dos operadores.

Una vez logrado el ancho se fijan los topes y se procede con la última etapa, el corte de láminas, que ocurre cuando los operadores desplazan la lámina dentro de la máquina hasta tocar los topes; y se procede a realizar el corte. Por razones de seguridad la máquina es activada por cuatro (4) pulsadores, dos (2) por cada operador (ver figura 1.1); las botoneras son de color anaranjado, ubicadas a los costados de la máquina. Una vez accionados los cuatro (4) pulsadores simultáneamente la máquina procede a efectuar el corte de una tira de la lámina. Rápidamente, el producto sale por la parte trasera de la máquina.

Luego, para realizar el siguiente corte de tira, se desplaza nuevamente la lámina hasta los topes para repetir la última etapa.

La máquina realiza varios cortes que dependen de las dimensiones de la lámina que es alimentada.

Es de importancia acotar, que primero se realiza el corte de tiras por lámina (manteniéndose el mismo ancho de tira para toda la lámina) y si estas tiras necesitan otro corte, la máquina es alimentada por las mismas; y para lograr el ancho deseado de la tira se realiza el mismo procedimiento de graduación antes mencionado.

Este proceso repetitivo hace que el operador se encuentre en unas condiciones de trabajo no aptas trayéndole problemas, por no tener en cuenta una buena postura a la hora de trabajar y a la empresa porque podría ser sancionada si algo le sucede al operador.

Haciendo referencia a la tabla 1.1, es de notar la masa de las distintas láminas que maneja la máquina varía entre 40 y 120 kilos, y requiere un esfuerzo físico por parte de los operadores al realizar la alimentación, que podría traer consecuencias que perjudiquen la salud del trabajador, tales como: problemas en la zona lumbar, hernias, lesiones en los hombros, entre otros.

La problemática surge debido a que dicho proceso es tedioso, impreciso e inseguro. Esta investigación se destina a la aplicación de conocimientos de diseño y automatización con el fin de modernizar y mejorar este proceso.

---

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

Diseñar un sistema automatizado para la alimentación y corte de una maquina cortadora de láminas de acero.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudiar las condiciones operativas actuales de la máquina.
- Realizar el diseño mecánico que permita la alimentación y proceso de corte de la máquina cortadora.
- Diseñar el control necesario para la alimentación automática y proceso de corte de la cortadora.
- Desarrollar la ingeniería de detalle del sistema automatizado.
- Analizar los costos asociados al diseño planteado.

## 1.3 Justificación

Hoy en día, los procesos manuales están representando un gran riesgo para los operadores debido que están expuestos a sufrir lesiones que afecten a su bienestar y vida; lo que podría traer como consecuencia que la empresa se viera afectada o sancionada, si se diera el caso, por la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT).

El parque industrial está tomando medidas de prevención, una de esas medidas es automatizando procesos de producción, para alejar a los operarios de situaciones y/o incidentes que acarreen accidentes. Esta medida evitaría esfuerzos físicos, enfermedades ocupacionales y mejoraría las condiciones del ambiente laboral, incrementando la seguridad en el personal.

De igual manera, la aplicación de este proceso permite un mayor aprovechamiento del tiempo de funcionamiento de la máquina; por ende un aumento de la producción dando así solución a uno de los grandes problemas a nivel industrial, el aumento de la demanda, consecuente al crecimiento poblacional que con el pasar de los años se vuelve más exigente y consumista. Los principios de automatización aplicados a nivel industrial es una herramienta clave que adoptan las empresas para “sobrevivir” en los mercados actuales altamente competitivos. El desarrollo tecnológico que esta disciplina aporta, son conocimientos básicos que todo ingeniero mecánico debería tener noción para su desempeño como profesional.

## **1.4 Alcance**

Se diseñará un sistema automatizado para la alimentación y corte que desempeña una máquina cortadora. La implementación del mismo no está prevista en este trabajo, sin embargo, se realizará el estudio y selección de todos los elementos que componen el sistema con detalle, así como se precisará su ubicación, procurando que su presupuesto quede dentro del rango propuesto por la empresa.

## **1.5 Limitaciones**

Durante el desarrollo del Proyecto de Grado pueden presentarse diversas limitantes que pudieran ser un impedimento, entre las cuales se pueden mencionar:

- La poca información que se tiene sobre la máquina cortadora, en cuanto a sus especificaciones de diseño y funcionamiento.

- Al igual que el tiempo para el estudio del proyecto es limitado por ser a nivel industrial, además de la poca disponibilidad existente para la realización de visitas.
- El presupuesto para el diseño de este proyecto no debe ser mayor a 50.000 \$, es decir, que a la hora de seleccionar todos y cada uno de los elementos del sistema a diseñar no debe exceder esta cantidad, de modo que para la empresa sea factible implementarlo. Este monto se debe recuperar en un año a partir haberse puesto en marcha, con la producción que ésta efectúe en comparación con el sistema actual.
- La variedad de cortes que realiza la máquina, haciendo que el sistema de control sea más complejo.

# CAPÍTULO 2

## *Marco Teórico*

---

### **2.1 Antecedentes**

Carlos I. Rincones, en su Proyecto de Grado presentado en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo Titulada “Diseño de un Sistema Automatizado para la Estación de Fosfatizado de engranajes de una empresa fabricante de partes para Automóviles” trabajó en la automatización de los procesos de desplazamiento e inmersión de engranajes en los distintos baños de la estación de fosfatizado y rediseño un sistema de extracción de vapores para reducir el escape de los mismos al ambiente de trabajo. El sistema diseñado garantizó un funcionamiento estable, el cual es gobernado por un autómatas programable que permite el control manual del proceso en caso de ser necesario.

La investigación presentada por Luis Barboza y Wilmer Montilla de la Universidad de Carabobo, cuyo título es “Rediseño de un sistema para el corte de barras de acero”, tuvo como propósito implementar un sistema formado por un controlador PLC, sensores, pistones de doble y simple efecto y válvulas de distribuidoras con el fin de lograr que la alimentación y el corte de las barras sea automatizado.

El trabajo titulado “Automatización de una prensa neumática para el ensamblado de módulos de suspensión Mc Phersson”, realizado por Alonso García, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. El sistema se basa en el uso de un controlador lógico programable (PLC) que garantice la aplicación del torque necesario a la tuerca del montaje del amortiguador, de igual manera se trabajó con cilindros pistón de doble efecto que ayudarán a trasladar la herramienta y la prensa dentro del sistema con el fin de minimizar los trabajos hechos por el operador. Con esta implementación se mejora la confiabilidad y calidad del producto, se aumentó la producción al doble y se logró alejar al operador de condiciones de trabajo inseguras.

El Proyecto de Grado, realizado por José Colmenarez y Humberto Lameda, en la Universidad de Carabobo, titulado “Automatización del Proceso de Dosificado y Mezclado de materia prima para la producción de pastillas de Jabón”. Los autores basándose en la complejidad del proceso de producción de jabón descartaron el uso de tecnología neumática, electro-neumáticas o hidráulica para llevar a cabo el control del proceso; decidiendo utilizar controladores lógicos programables (PLC) para cada una de las actividades involucradas con el proceso, presentando las ventajas que posee esta tecnología, entre las más relevantes se encontraron:

- ✓ Reduce considerablemente la lista de materiales necesarios.
- ✓ Posee gran versatilidad para introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- ✓ Ocupan un espacio mínimo.
- ✓ Mano de obra para la instalación tiene un costo menor al involucrar elementos que deban ser conectados a la red de control.
- ✓ Aumenta la fiabilidad del sistema al eliminar contactos móviles.
- ✓ Se requiere de menos tiempo para la puesta de funcionamiento del proceso ya que se reduce el tiempo de cableado.

---

El sistema de control que se utiliza en este proyecto incluye una gran variedad de equipos, que van desde lo más complejo como controladores lógicos programables y paneles de visualización, hasta lo más sencillos tales como: válvulas electroneumáticas, sensores de nivel y posición, actuadores neumáticos, válvulas eléctricas ON-OFF, entre otros.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Descripción del Proceso de Producción**

En el siguiente diagrama (ver figura 2.1) se muestra un flujograma del proceso de producción, donde se puede apreciar detalladamente las distintas etapas desde la llegada de la materia prima terminando en el área de despacho.

Se reciben las bobinas las cuales son inspeccionadas para certificar que cumplen con las especificaciones requeridas y se colocan en el área destinada para almacenamiento desde donde son enviadas al área de Línea de Corte.

#### **Línea de Corte:**

##### **Corte de láminas ó tiras**

Con un montacargas se transporta la bobina requerida a la línea de corte, donde se realiza el corte de las bobinas en láminas, para la producción de los componentes de chasis y en tiras para producción de los largueros de autobuses ó camiones. En el caso de las tapas del Diferencial, las bobinas son enviadas a Talleres especializados en corte, los cuales hacen un proceso de corte de dichas bobinas en sub-bobinas.

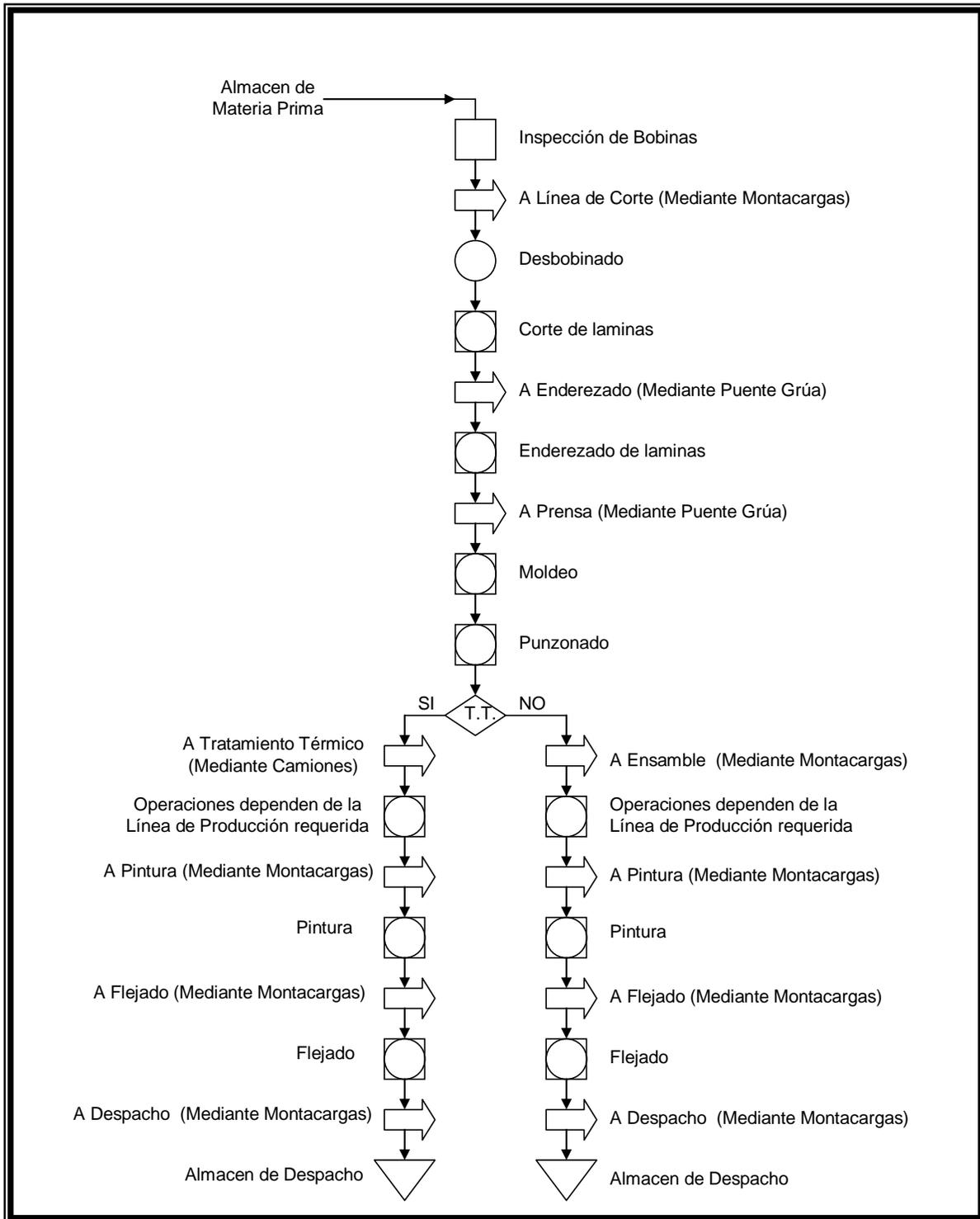


Figura 2.1 Flujograma del proceso de producción.

Fuente: DANA, Soluciones Estructurales

### 2.2.2 Máquina y Proceso de Corte (Área de Guillotinas)

El proceso que realiza esta máquina (ver figura 2.2) consta de tres etapas, la primera es de alimentación, que comienza cuando el montacargas coloca las láminas sobre un soporte, luego dos operadores levantan una de estas láminas ubicándola en la entrada de la cortadora.

La segunda etapa es graduación, para esta etapa se realizan pruebas de ensayo y error hasta lograr el ancho de corte deseado, para conseguir esto los operadores gradúan la máquina ajustando un tope que sirve de guía para el ancho de corte, esta graduación es realizada empíricamente. Al obtener el ancho de ensayo se realiza el corte.

Una vez logrado el ancho se fijan los topes y se procede con la última etapa, el corte de láminas, que ocurre cuando los operadores desplazan la lámina dentro de la máquina hasta tocar los topes; y se procede a realizar el corte, que por razones de seguridad la máquina es activada por cuatro (4) pulsadores, dos (2) por cada operador; Una vez accionados los cuatro (4) simultáneamente la máquina procede a efectuar el corte de una tira de la lámina. Rápidamente, el producto sale por la parte trasera de la máquina.



**Figura 2.2.** Máquina cortadora

Luego, para realizar el siguiente corte de tira, se desplaza nuevamente la lámina hasta los topes para repetir la última etapa. La máquina realiza varios cortes que dependen de las dimensiones de la lámina que es alimentada. El producto es utilizado para realizar distintos componentes, entre los que destacan: refuerzos, tapas diferenciales, soportes y otros elementos para el ensamblaje del chasis, largueros y travesaños.

### **2.2.3 Transportadores**

Son elementos que representan soluciones con una gran sencillez de funcionamiento, que una vez instalados en condiciones apropiadas suelen dar pocos problemas mecánicos y de mantenimiento.

#### **Transportadores de Rodillo**

El transportador de rodillos (ver figura 2.3) es un dispositivo que, como su nombre lo indica, utiliza rodillos metálicos para facilitar el manejo y traslado de una gran diversidad de objetos, tales como cajas, cestas, tarimas, llantas, paquetes, entre otros, dentro de una gran diversidad de procesos industriales siempre y cuando que cumplan la condición de contar con un fondo regular.

Los rodillos transportadores son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continua.

#### **Componentes de un Transportador de Rodillos**

- ✓ *Rodillos transportadores*; contruidos con trozos de tubo de acero que giran sobre cojinetes de bola debidamente sellados, ubicados en cada extremo del tubo.

- ✓ *Estructura lateral*; por lo general la componen vigas o perfiles en U de espesor determinado y altura, de acabado galvanizado.
- ✓ *Soportes*; son trípodes o estructuras metálicas de perfiles soldados en H, ubicados en los extremos de cada sección.
- ✓ *Elementos complementarios*; pueden ser algunos como sistemas de incorporación o desvío, barandillas de protección, sectores curvos, puertas abatibles y elementos para suspensión en el techo.



**Figura 2.3.** Transportadores de Rodillos

### **Tipos de Transportadores de Rodillos**

Por la forma en que están contruidos y su accionamiento pueden dividirse en varios tipos, siendo los principales:

- a. *De rodillos a gravedad*; como su nombre lo indica, este dispositivo se apoya en la fuerza de gravedad del objeto para que se deslice entre los rodillos.
- b. *De rodillos vivos por banda o para transporte de bandas*; este tipo de transportadores los rodillos son accionados por medio de una banda que los motoriza.

- c. *De rodillos vivos por cadena*; en este tipo de transportadores los rodillos son accionados por medio de una cadena que transmite la cadena de rodillo a rodillo, este tipo de transportadores es ideal para el manejo de objetos de servicio pesado, como pueden ser tarimas o tambos.
- d. *De rodillos para manejo de material a granel*; Este tipo de transportadores es el más utilizado para el transporte de mineral, comparado con el sistema de trenes y camiones de gran capacidad de carga superior a las 200ton, por ser el de menor costo para su mantenimiento. El material en este caso es transportado por una cinta o banda. Los rodillos que se emplean en este tipo de transportadores se pueden clasificar de tres tipos:
- » *Rodillos de impacto*; estos rodillos son los que reciben la carga en la cinta transportadora; están ubicados debajo de los chutes o tolvas por donde ingresa la carga.
  - » *Rodillos de carga*; son los que transportan a lo largo de la cinta transportadora la carga de esta, generalmente son de tubo de acero.
  - » *Rodillos de retorno*; Estos rodillos van ubicados en la parte inferior de la estructura de la cinta transportadora, y es en ellos donde la cinta se apoya cuando empieza la secuencia de retorno hacia la zona donde va a recibir nuevamente la carga.  
(rotranssa.com)

## 2.2.4 Ventosas

Su función principal es adherirse a los objetos que serán manipulados. Tal y como lo indica la **figura 2.4**, la ventosa se compone esencialmente de un cuerpo metálico (1), el cual está roscado en su parte superior, y en su parte inferior está unido a una junta de caucho en forma de vaso (2), cuyos labios (5) producen la estanqueidad cuando entran en contacto con la pieza (4) a

sujetar. El vacío (U) creado en el conducto (6) y en la cámara (3), hace que la pieza se adhiera a los labios de la ventosa.

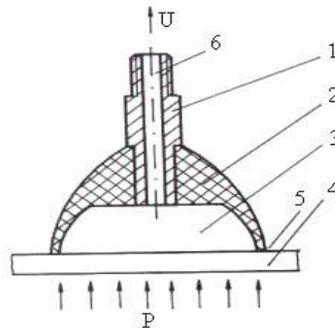
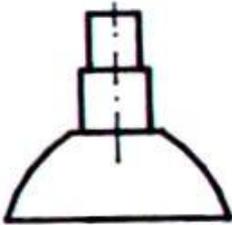
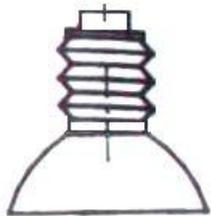


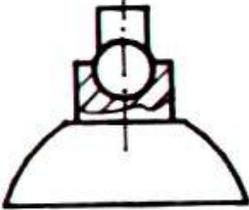
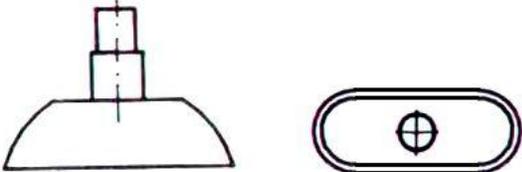
Figura 2.4. Funcionamiento de las ventosas.

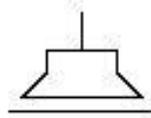
En resumen, la ventosa tiene por objetivo fundamental crear una cámara de vacío con la pieza a sujetar, de forma tal que la adherencia que se produzca entre los labios de la ventosa y la pieza sea capaz de soportar el peso de esta última.

En la **tabla 2.1.** que se muestra a continuación, se describe los tipos de ventosas la función que desempeñan y su representación grafica.

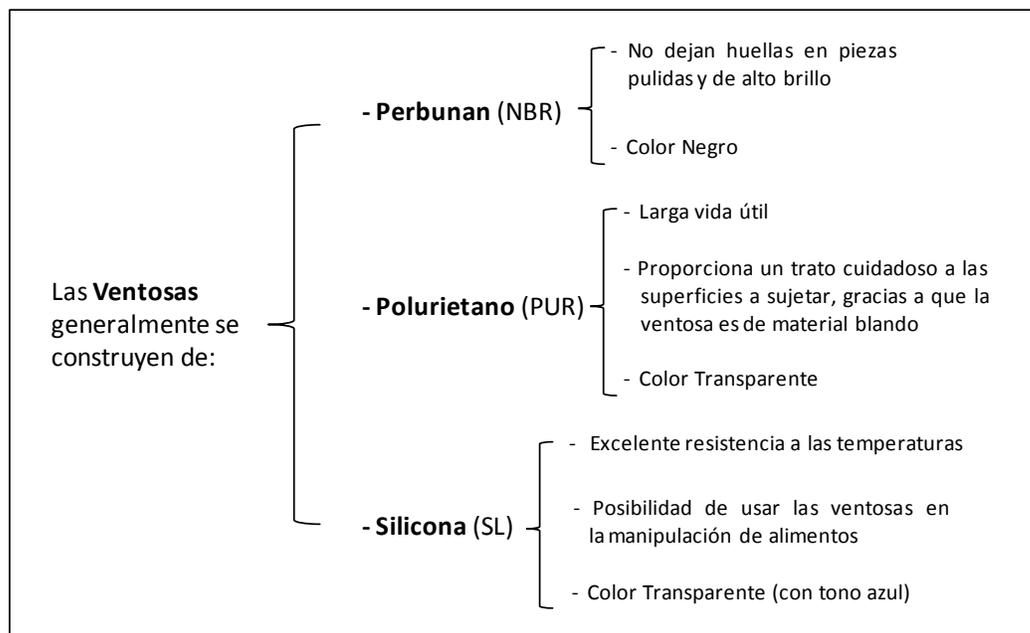
Tabla 2.1. Tipos de Ventosas.

Tipo de Ventosa	Función	Representación
<b>Plana</b>	Se emplea para manipular objetos planos y lisos, tales como láminas metálicas, cristales, etc.	
<b>De fuelle</b>	Se emplea para manipular objetos muy deformables, tales como cartón, papel, plástico, etc.	

<b>De rótula</b>	Se emplea para manipular objetos desde planos inclinados, ya que tiene la posibilidad de girar su articulación en cualquier dirección.	
<b>Alargada</b>	Se emplea para manipular objetos con superficies curvas.	



**Figura 2.5.** Simbología de la ventosa.

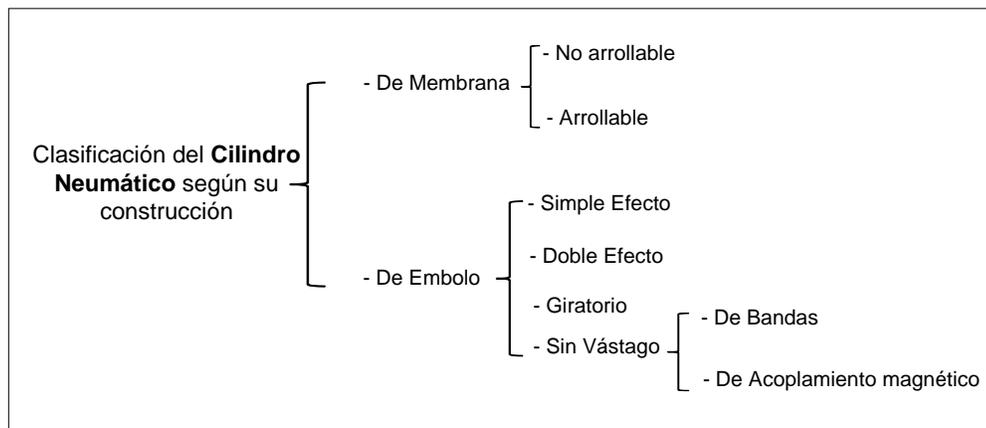


**Figura 2.6.** Material para la construcción de ventosas.

## 2.2.5 Fundamentos neumáticos

### Actuadores

Un actuador neumático es un elemento que requiere aire comprimido para generar un movimiento, el cual puede ser rectilíneo o giratorio. Uno de esos actuadores es el **cilindro neumático**.



**Figura 2.7.** Clasificación del cilindro neumático según su construcción.

### Cilindro de émbolo.

Son los más empleados en la neumática. Dentro este tipo de cilindros, los más usados son:

**El cilindro de simple efecto.** La construcción básica del cilindro de simple efecto se muestra en la siguiente figura:

**Funcionamiento:** El cilindro de simple efecto genera un movimiento rectilíneo (carrera del émbolo) que puede ser de avance y de retroceso. En este tipo de cilindro (ver figura 2.8), el aire comprimido sólo actúa sobre una de las caras del émbolo, y por tanto, sólo se puede producir trabajo en un sentido de carrera del émbolo.

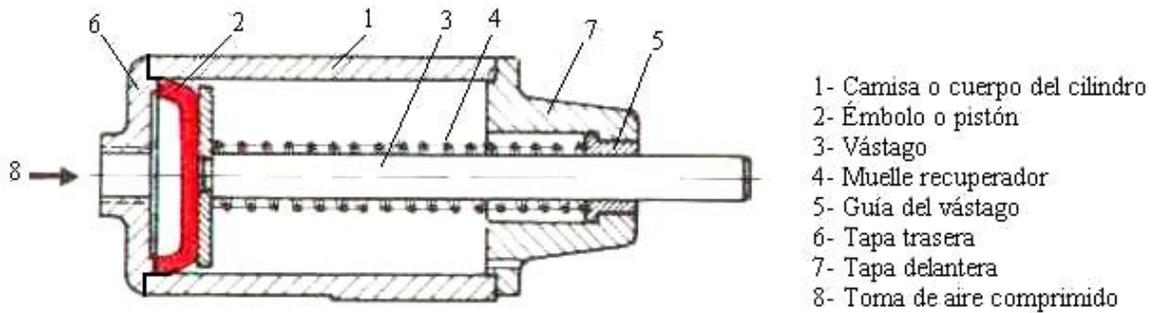


Figura 2.8. Cilindro de simple efecto.

Según la posición inicial del vástago (antes de aplicar presión neumática), este tipo de cilindro puede ser "vástago adentro" (el aire comprimido produce trabajo sólo en la carrera de avance del émbolo, y la carrera de retroceso se debe a la acción de un muelle recuperador) o puede ser "vástago afuera" (el aire comprimido produce trabajo sólo en la carrera de retroceso del émbolo, y la carrera de avance se debe a la acción de un muelle recuperador). También existe otro tipo de cilindro simple efecto cuyo retorno se realiza mediante la aplicación de una fuerza externa al vástago

**El cilindro de doble efecto:** La construcción básica del cilindro de doble efecto se muestra en la siguiente figura:

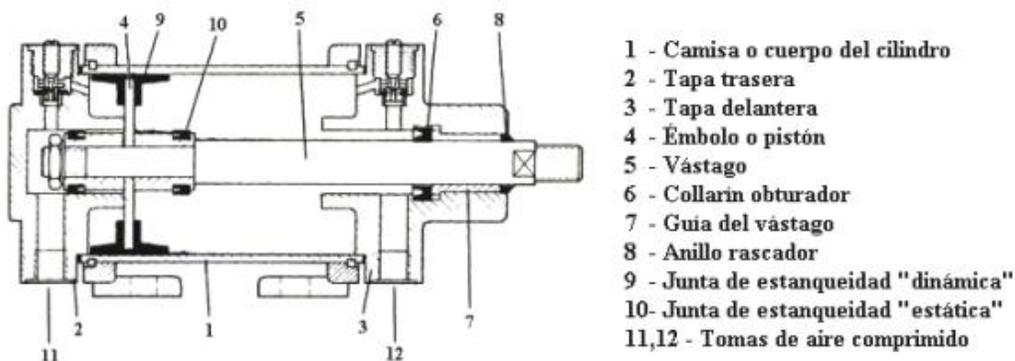


Figura 2.9. Cilindro de doble efecto.

---

**Funcionamiento:** El cilindro de doble efecto (ver figura 2.9) genera un movimiento rectilíneo (carrera del émbolo) que puede ser de avance y de retroceso. Este tipo de cilindro puede producir trabajo en los dos sentidos de carrera del émbolo, ya que posee dos tomas de aire comprimido, situadas a ambos lados del émbolo.

La carrera del émbolo de un cilindro neumático pudiera desarrollarse a una alta velocidad. En este caso, generalmente conviene amortiguar los finales de la carrera del émbolo para evitar el ruido excesivo y los choques bruscos tanto internamente (que pudieran deteriorar a algunas de las partes interiores que constituyen el cilindro) como externamente (que pudieran causar daños en el vástago del cilindro y en los objetos externos que él manipula).

## **Válvulas**

**Válvula neumática:** Elemento que permite controlar el arranque, parada, dirección, sentido y flujo del aire en un circuito neumático.

### **Clasificación de las válvulas según la acción que realizan sobre el flujo de aire en un circuito neumático:**

- **Válvula distribuidora o de vías. Funcionamiento.**

Este tipo de válvula influye en el camino del aire comprimido, específicamente en el arranque, parada, dirección y sentido del mismo.

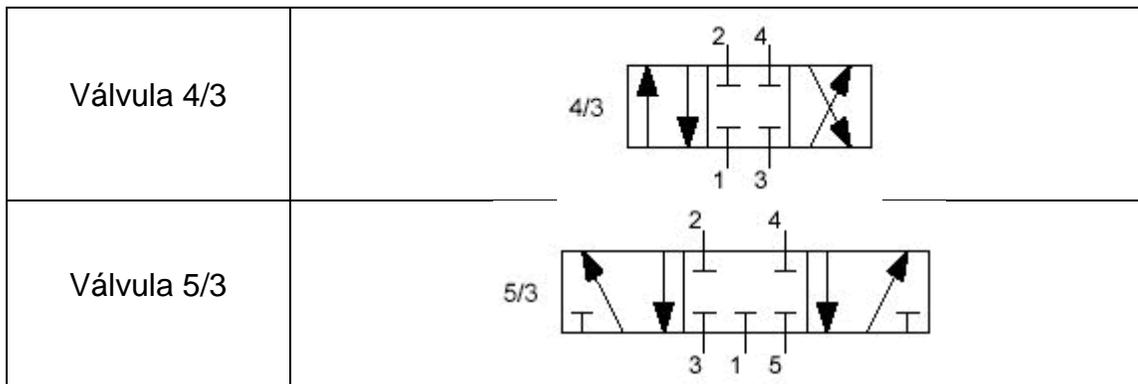
Dentro de este tipo de válvulas existen algunas que vienen fabricadas con un elemento de reposición interno (por ejemplo, un resorte), en cuyo caso, la válvula puede estar en dos posibles estados:

- Estado de reposo: Cuando el elemento de reposición no ha sido accionado.
- Estado de conmutación: Cuando el elemento de reposición ha sido accionado.

A continuación, en la **tabla 2.2** se presentan las principales configuraciones para válvulas distribuidoras o de vías, donde se muestran claramente las convenciones mencionadas anteriormente según la Norma ISO-1219:

**Tabla 2.2.** Simbología de válvulas distribuidoras o de vías, según la Norma ISO-1219.

Válvula	Simbolización
Válvula 2/2 (NC y NA)	
Válvula 3/2 (NC y NA)	
Válvula 4/2 (12 y 14)	
Válvula 5/2 (12 y 14)	
Válvula 3/3	



- **Válvula antiretorno o de bloqueo. Funcionamiento.**

Permite el paso de aire comprimido en un sentido y lo impide en el otro. Generalmente, este tipo de válvula es de asiento de bola, o de asiento cónico. A medida que aumenta la presión en el sentido del bloqueo, se logra mayor estanqueidad en el cierre de la válvula.

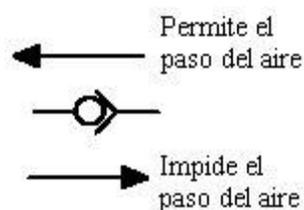


Figura 2.10. Representación simbólica de una válvula antiretorno.

- **Válvula reguladora de caudal bidireccional. Funcionamiento.**

El caudal o cantidad de aire comprimido por unidad de tiempo que pasa a través de este tipo de válvula puede ser regulado desde cero hasta el máximo permitido para cualquiera de los dos sentidos posibles de circulación del aire a través de ella.



Figura 2.11. Representación simbólica de una válvula de caudal bidireccional.

- **Válvula reguladora de caudal unidireccional. Funcionamiento.**

Regula el caudal o cantidad de aire comprimido por unidad de tiempo que pasa en un sentido de circulación, mientras que en el otro sentido lo deja fluir libremente.



**Figura 2.12.** Representación simbólica de una válvula reguladora unidireccional.

### Dispositivos eléctricos más comunes usados en Electroneumática

El conjunto de elementos involucrados en el accionamiento de los actuadores neumáticos son básicamente:

- Elementos de retención.* Son empleados, para generar la señal de inicio del sistema o en su defecto, para realizar paros, ya sea de emergencia o sólo momentáneos. El dispositivo más común es el botón pulsador, tal como se muestra en la **figura 2.13**.
- Interruptores mecánicos de final de carrera.* Estos interruptores son empleados, generalmente, para detectar la presencia o ausencia de algún elemento, por medio del contacto mecánico entre el interruptor y el elemento a ser detectado.



Figura 2.13. Diversos tipos de pulsadores electrónicos.

- c. *Relevadores*. Son dispositivos eléctricos que ofrecen la posibilidad de manejar señales de control del tipo ON/OFF. Constan de una bobina y de una serie de contactos que se encuentran normalmente abiertos o cerrados. El principio del funcionamiento es el de hacer pasar corriente por una bobina generando un campo magnético que atrae a un inducido, y éste a su vez, hace conmutar los contactos de salida. Son ampliamente utilizados para regular secuencias lógicas en donde intervienen cargas de alta impedancia y para energizar sistemas de alta potencia. La representación simbólica de un relevador puede representarse como se muestra en la **figura 2.14**.

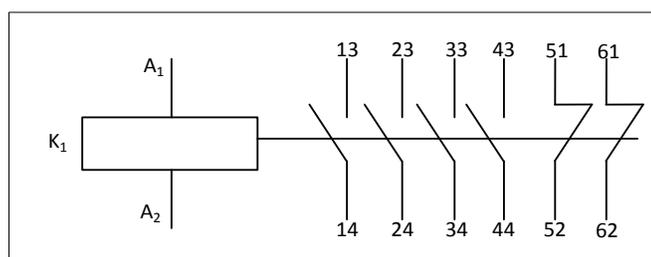


Figura 2.14. Representación simbólica de un relevador.

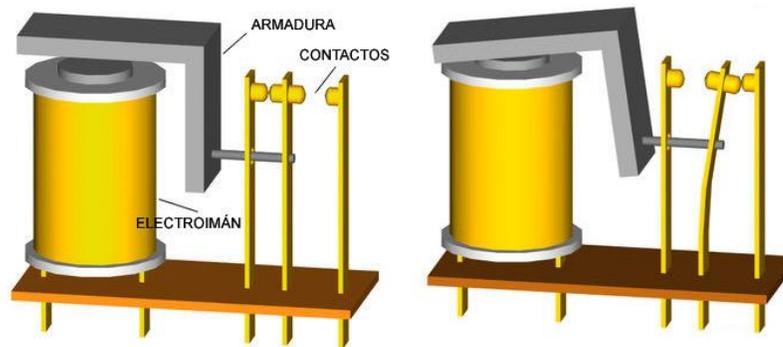
$K_1$  identifica al relevador número uno.  $A_1$  y  $A_2$  identifican a las terminales del relevador. La numeración identifica a la primera cifra con la cantidad de contactos, mientras que la segunda cifra (3 y 4)

indican que se trata de contactos normalmente abiertos. Para contactos normalmente cerrados se emplean en las segundas cifras los números 1 y 2, respectivamente.

Los contactos de un relé o relevador pueden ser Normalmente Abiertos (NA o NO (Normally Open), por sus siglas en inglés), Normalmente Cerrados (Normally Closed)(NC) o de conmutación.

- Los contactos Normalmente Abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos son ideales para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.
- Los contactos Normalmente Cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.
- Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto Normalmente Abierto y uno Normalmente Cerrado con una terminal común.

En la **Figura 2.15** se representa, de forma esquemática, la disposición de los elementos de un relé de un único contacto de trabajo.



**Figura 2.15.** Funcionamiento de un relé o relevador.

d. *Válvulas electroneumáticas.* El dispositivo medular en un circuito electroneumático, es la válvula electroneumática. Esta válvula realiza la conversión de energía eléctrica, proveniente de los relevadores o elementos de procesamiento a energía neumática, transmitida a los actuadores o a alguna otra válvula neumática.

Esencialmente, se fundamentan de una válvula neumática a la cual se le adhiere una bobina sobre la cual se hace pasar una corriente para generar un campo magnético que finalmente generará la conmutación en la corredera interna de la válvula, generando así el cambio de estado de trabajo de la misma, modificando las líneas de servicio. En la figura 2.6 aparecen los distintos tipos de válvulas electroneumáticas.



**Figura 2.16.** Distintos tipos de válvulas electroneumáticas.

## **Sensores**

Un sensor es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio. ¿Y qué es esta “condición de cambio”? Con frecuencia se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta). También puede ser una cantidad capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica). Esta información, o salida del sensor, es la base del proceso de monitoreo y control de un proceso de fabricación.

### **Tipos de sensores**

- **Sensores de proximidad inductivos**

Los sensores de proximidad inductivos son dispositivos de estado sólido diseñados para detectar objetos metálicos. Este tipo de dispositivos operan según el principio del oscilador neutralizado de corrientes parásitas (ECKO, Eddy Current Killed Oscillator). Estos sensores están diseñados para generar un campo electromagnético. Cuando un objeto metálico entra en este campo, se inducen corrientes de superficie (corrientes parásitas) en el objeto metálico, las cuales restan energía en el circuito oscilador y, por tanto, a una reducción de la amplitud de la oscilación.

El circuito activador detecta este cambio y genera una señal de encendido o apagado. Cuando el objeto sale del campo electromagnético, el oscilador se regenera y el sensor vuelve a su estado normal. El comportamiento ante descrito se observa en la **figura 2.17**.

Los sensores de proximidad inductivos detectan tanto metales férricos (que contienen hierro) como no férricos. Generalmente, estos dispositivos se utilizan para detectar posición de objetos metálicos en procesos de

maquinado automatizado, o bien para detectar piezas metálicas en procesos de montaje automatizado y en operaciones de detección de presencia de envases metálicos en procesos automatizados de envasado de alimentos o bebidas.

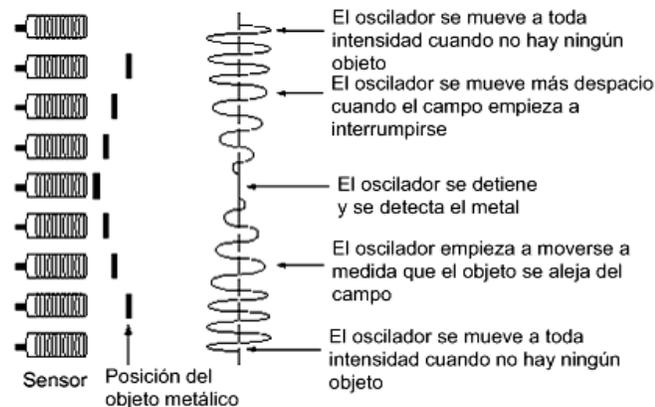
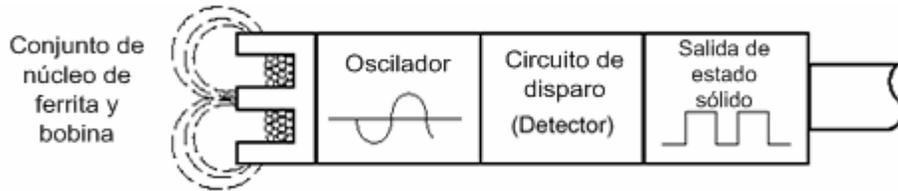


Figura 2.17. Funcionamiento de un sensor inductivo.

Un sensor de proximidad inductivo consta de cuatro componentes básicos que se observan en la **figura 2.18** y se describen a continuación:

- **Conjunto de núcleo/bobina:** Es un conjunto de núcleo de ferrita y bobina que genera un campo electromagnético a partir de la energía eléctrica suministrada por el oscilador.
- **Oscilador:** Este componente suministra la energía eléctrica al conjunto de núcleo de ferrita y bobina.
- **Circuito activador:** Este elemento se encarga de detectar cambios en la amplitud de la oscilación, estos cambios se producen cuando un objeto metálico entra o sale del campo electromagnético irradiado desde la cara del sensor.
- **Salida de estado sólido:** Cuando se detecta un cambio suficiente en el campo electromagnético, la salida de estado sólido proporciona una señal eléctrica para la conexión en interfaz con un PLC o una lógica de

máquina. Esta señal indica la presencia o ausencia de un objeto metálico en el campo de detección.



**Figura 2.18.** Componentes de un sensor inductivo.

- **Sensores de proximidad capacitivos**

Los sensores capacitivos permiten detectar objetos metálicos y no metálicos sólidos y líquidos, si bien son más apropiados para detectar objetos no metálicos debido a sus características y costo en comparación con los sensores de proximidad inductivos.

Este tipo de sensores son similares a los inductivos en cuanto a su tamaño, forma y “concepto”. Sin embargo a diferencia de estos últimos que utilizan campos magnéticos para detectar objetos, los sensores de proximidad capacitivos reaccionan a alteraciones en campos electrostáticos. La sonda situada detrás de la cara del sensor es una placa condensadora. Al aplicar corriente al sensor; se genera un campo electrostático que reacciona a los cambios de la capacitancia causados por la presencia de un objeto. Cuando el objeto se encuentra fuera del campo electrostático, el oscilador permanece inactivo, pero cuando el objeto se aproxima, se desarrolla un acoplamiento capacitivo entre éste y la sonda capacitiva. Cuando la capacitancia alcanza un límite especificado, el oscilador se activa, lo cual dispara el circuito de encendido y apagado. Este comportamiento se observa en la **figura 2.19**.

La capacidad del sensor para detectar el objeto depende del tamaño y de la constante dieléctrica del objeto, así como de su distancia con respecto al sensor.

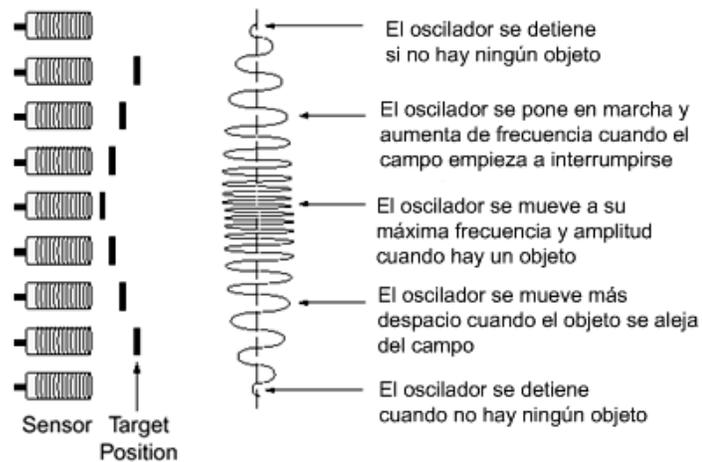


Figura 2.19. Funcionamiento de un sensor capacitivo.

La constante dieléctrica es una propiedad del material. Todos los materiales tienen una constante dieléctrica. Aquellos con constantes dieléctricas más altas son más fáciles de detectar que los que tienen valores más bajos. Cuanto mayor es el tamaño o la constante dieléctrica del objeto, más fuerte es el acoplamiento capacitivo entre la sonda y el objeto. Cuánto más corta es la distancia entre el objeto y la sonda, más fuerte es el acoplamiento capacitivo entre la sonda y el objeto.

El sensor consta de cinco componentes básicos que se muestran en la figura 29 y se describen a continuación:

- **Sonda o placa capacitiva:** Este componente irradia un campo electrostático que genera un acoplamiento capacitivo entre la sonda y el objeto que entra en el campo.
- **Oscilador:** Se encarga de suministrar energía eléctrica a la sonda o placa capacitiva.
- **Circuito de disparo:** Se encarga de detectar cambios en la amplitud de la oscilación que se producen cuando un objeto entra o sale del campo electrostático irradiado desde el sensor.

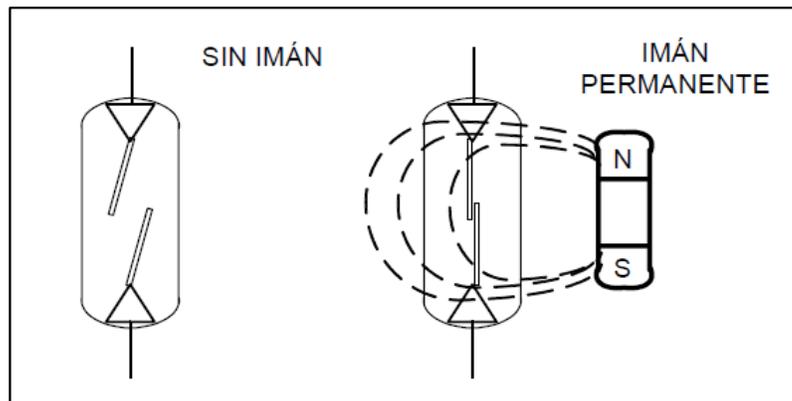
- **Dispositivo interruptor de salida de estado sólido:** Cuando se detecta un cambio suficiente en el campo electrostático, la salida de estado sólido genera una señal eléctrica que la debe interpretar un dispositivo de interfaz como un PLC. Esta señal indica la presencia de un objeto en el campo de detección.
- **Potenciómetro de ajuste:** Este elemento se emplea para ajustar (aumentar o disminuir) la sensibilidad del sensor.

- **Sensores de proximidad magnéticos**

Este tipo de sensores consiste de una ampolla de vidrio herméticamente sellada y rellena de un gas inerte, dentro de la cual se introducen dos láminas delgadas de material ferromagnético que hacen las veces de contactos (estas láminas pueden tener un recubrimiento de un material mejor conductor en su punto de contacto).

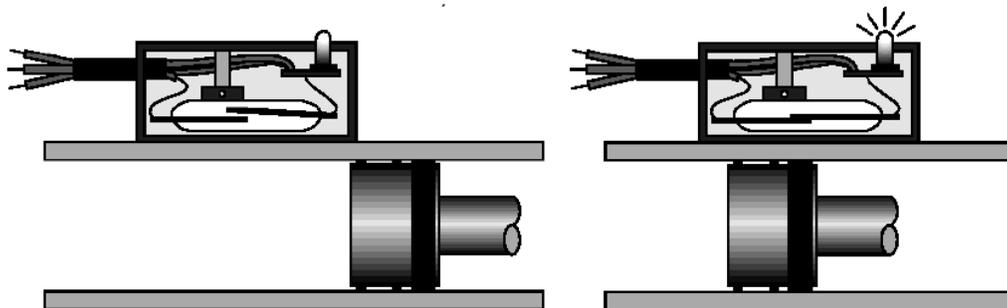
En ausencia de un campo magnético, los contactos normalmente abiertos permanecen abiertos. Sin embargo, cuando el objeto (que lleva el imán permanente en su superficie) se aproxima a una cierta distancia del sensor, el campo magnético obliga a que las láminas se atraigan, estableciéndose una continuidad eléctrica entre sus contactos, lo cual puede ser procesado por la parte de comando del automatismo e interpretado como presencia del objeto.

Cuando desaparece el campo magnético, la propia elasticidad de las láminas las devuelve a su posición original. En la **figura 2.20** se resume la operación del sensor.



**Figura 2.20.** Operación del sensor de proximidad magnético.

Los sensores magnéticos poseen como ventajas el no requerir contacto con el objeto a detectar, se adaptan a las atmósferas contaminadas, permite una mayor frecuencia de operación que los interruptores de posición (posee menor inercia), es capaz de discriminar muy bien entre corriente débil y ausencia de corriente y es poco voluminoso. Sin embargo presenta como inconveniente el verse afectado por la presencia de material ferromagnético, maneja poca corriente lo que trae como consecuencia una tendencia a que sus contactos se suelden, su repetibilidad no es muy buena, requiere que se fije un imán permanente al objeto que se quiere detectar por lo tanto no es aplicable sino en aquellos casos en los cuales siempre se detecta el mismo objeto (como sería en el caso del émbolo de un cilindro neumático, ver **figura 2.21**) y su alcance es limitado.



**Figura 2.21.** Sensor magnético empleado en la detección de posición del émbolo de un cilindro.

## **Controladores Lógicos Programables (PLC)**

Un autómata programable industrial (API) o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación. Por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, entre muchos otros.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- » Espacio reducido
- » Procesos de producción periódicamente cambiantes
- » Procesos secuenciales
- » Maquinaria de procesos variable
- » Instalaciones de procesos complejos y amplios

- 
- » Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones obligan a referirse a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

### **Ventajas**

- » No es necesario dibujar el esquema de contacto
- » No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande
- » La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega
- » Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos
- » Mínimo espacio de ocupación
- » Menor coste de mano de obra de la instalación
- » Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías
- » Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata
- » Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado
- » Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

### **Desventajas**

- » Falta de programadores
- » Costo inicial elevado

### **Funciones básicas de un PLC**

- a. *Detección.* Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- b. *Mando.* Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- c. *Diálogo hombre-máquina.* Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- d. *Programación.* Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la maquina.

### **Nuevas funciones aplicadas a PLC**

- a. *Redes de comunicación.* Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómetas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.
- b. *Sistemas de supervisión.* También los autómetas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.
- c. *Control de procesos continuos.* Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos, los autómetas llevan incorporadas

- 
- funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómeta.
- d. *Entradas- Salidas distribuidas.* Los módulos de entrada salida no tienen que estar en el armario del autómeta. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómeta mediante un cable de red.
  - e. *Buses de campo.* Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómeta consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

## 2.2 Definición de Términos

**ACTUADORES:** aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado.

**AIRE COMPRIMIDO:** se refiere a una tecnología o aplicación técnica que hace uso de aire (que ha sido sometido a presión por medio de un compresor), para formar energía.

**BOBINA:** Es un cilindro hueco sobre el cual se encuentra arrollado un hilo metálico.

**ELECTROVÁLVULA:** Dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto.

**EMBOLO:** es una barra cuyos movimientos se encuentran limitados a una sola dirección debido a unas guías.

**FLUJOGRAMA:** Es una representación gráfica de la secuencia de actividades de un proceso.

**HOJA DE PROCESO:** Es el documento que contiene las condiciones de la operación de la máquina, materia prima, características del producto y cualquier otra información necesaria para fabricar un determinado producto.

**MATERIAL NO CONFORME:** Todo material que presenta un defecto que no permita continuar el proceso y puede ser reprocesado y/o chatarreado.

**MOTOR:** es una máquina capaz de transformar la energía almacenada en combustibles, baterías u otras fuentes, en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.

**PELIGRO:** Condición con potencial de afectar negativamente al trabajador.

**POLEA:** es una máquina simple que sirve para transmitir una fuerza.

**PROCESO:** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

**PROVEEDOR:** Es aquel que realiza un producto o servicio requerido por el cliente.

**PULSADOR:** Elemento que permite el paso o interrupción de la corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo.

**RELÉ:** Dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes

**RIESGO:** Exposición de una persona a un peligro.

**RODILLO A GRAVEDAD:** Es un tipo de rodillo transportador cuya función de transporte se basa en el uso de la gravedad y que no es impulsado por ningún sistema de transmisión de potencia alterno.

**RODILLO TRANSPORTADOR:** Es un rodillo metálico que permite transportar cargas de forma directa (a través de sistemas con cadenas o bandas transportadoras), o indirecta (rodillos a gravedad).

# CAPÍTULO 3

## *Marco Metodológico*

---

---

### **3.1 Nivel de la Investigación**

De acuerdo al nivel de conocimientos que se adquieren, la investigación es descriptiva, debido que se va a caracterizar un hecho, fenómeno o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento.

Por otra parte, de acuerdo a la clase de medios utilizados para obtener datos, también puede clasificarse como un proyecto de campo puesto que hace necesaria la recolección de datos en el sitio donde se presenta el problema.

Según los objetivos planteados este trabajo especial de grado es un proyecto factible, puesto que se realizará una investigación, luego se procederá a plantear, elaborar y desarrollar un modelo operativo viable de automatización.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

Para responder al problema la estrategia que se va adoptar se muestra a continuación, donde se presentan las distintas fases y actividades que se van a realizar para cumplir con los objetivos planteados inicialmente:

### **Fase 1. Búsqueda de información**

- Recolectar de información relacionada con el proceso de corte.
- Visitar a la empresa para observar el funcionamiento de la Máquina, de esta forma indagar con más detalles todos los aspectos relacionados con proceso que realiza, tales como registros y reportes operacionales, entre otros.
- Recopilar información, acerca de elementos para el diseño mecánico, además de información acerca de procesos automatizados. Para ello, se investigará en recursos bibliográficos, conjuntamente se realizaran entrevistas a expertos entre ellos ingenieros especializados en estas áreas.

### **Fase 2. Diseño del Sistema Mecánico**

- Generar diversas alternativas de solución que utilicen tecnología existente en el mercado, satisfaciendo las necesidades y objetivos planteados, de manera factible, económica y eficiente.
- Seleccionar la mejor solución, mediante los criterios preestablecidos.

### **Fase 3. Diseño del Sistema Automatizado**

- Estudiar la clase de control automático que pueda recibir la máquina, información que hay que tener consideración a la hora de diseñar.
- Determinar el número de entradas y salidas a controlar para que el proceso se lleve a cabo de forma automática.
- Diseñar el sistema de control.
- Seleccionar elementos de control existentes en el mercado.

---

## Fase 4. Análisis del Proyecto

- Realizar ingeniería de detalle del sistema.
- Determinar la factibilidad del sistema.

### 3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las *técnicas* que se implementará para determinar las características fundamentales del sistema, para realizar el proceso en forma adecuada, serán la observación directa, entrevistas y análisis documental.

Luego, se procederá a recolectar esta información obtenida mediante: tablas, fichas, grabadores y dispositivo de almacenamiento de datos.

### 3.4 Aspectos administrativos

Los recursos necesarios para el desarrollo del presente proyecto, está comprendido por recursos humanos y recursos institucionales.

**Recursos humanos:** incluirán entrevistas a ingenieros, técnicos y expertos relacionados con el área de estudio, además de operarios que laboran en la estación. Entre ellos se pueden mencionar:

- Ing. Napoleón González. (Tutor académico)
- Ing. Héctor Contreras. (Tutor Industrial)
- Ing. Harold Cárdenas. (Tutor Industrial)

**Recursos Institucionales:** las instituciones consultadas para realizar la investigación pertinente son las siguientes:

- Universidad de Carabobo.
- DANA, Soluciones Estructurales Ligeras.

# CAPÍTULO 4

## *Condiciones operativas actuales y diseño mecánico para la alimentación de la máquina cortadora*

---

---

En este capítulo se presenta las condiciones actuales que opera la máquina de corte (Cizalla) y los cálculos realizados para el diseño mecánico del sistema de alimentación de la máquina de corte.

### **4.1 Condiciones operativas actuales de la máquina**

Antes de describir el proceso que realiza la máquina en cuestión, es importante analizar la materia prima que esta maneja, en especial las condiciones que llegan las láminas al proceso de corte con la guillotina.

#### **4.1.1 Descripción del proceso de desbobinado y corte de bobina**

En un principio, se reciben las bobinas las cuales son inspeccionadas para certificar que cumplen con las especificaciones requeridas y se colocan en el área destinada para almacenamiento desde donde son enviadas al área de Línea de Corte.

Con un montacargas se transporta la bobina requerida a la línea de corte, donde se realiza el corte de las bobinas en láminas, para la producción

de los componentes de chasis y en tiras para producción de los largueros de autobuses o camiones. En el caso de las tapas del Diferencial, las bobinas son enviadas a Talleres especializados en corte, los cuales hacen un proceso de corte de dichas bobinas en sub-bobinas o arepas.

El proceso de corte es realizado por varios equipos consecutivos: el principal es la máquina Niágara, la cual consta de un par de cabezales donde se monta la bobina, posteriormente rodillos aplanadores sujetan la lámina donde es desenrollada la bobina, para quitarle la curvatura de su forma original.

Posteriormente, la lámina pasa a un juego de rodillos que son manejados mediante motores a través de cadenas, en el caso de los largueros la bobina es cortada en tiras mediante cuchillas circulares, las cuales le dan el ancho definitivo, en el caso de las láminas para componentes, se les efectúa un corte longitudinal, las tiras se almacenan a un lado de la línea, para luego transportarlas al área de enderezado. Por medio de un puente grúa se trasladan las láminas a una mesa, plana y luego pasa a una mesa de rodillos una a una. Este proceso lo realizan dos operarios en forma manual, los cuales uno de ellos verifica la linealidad de la lámina por medio de una regleta patrón, mientras que el otro operario corrige a través de un sistema de pistones el área o sección que no esté en línea con la regleta guía. Este proceso de enderezado garantiza la linealidad de lámina longitudinalmente. Una vez enderezadas las láminas se trasladan al área de almacenamiento para su posterior proceso en el área de prensa.

Las láminas para los componentes en su mayoría son enviadas al área de guillotinas donde son cortadas en tiras, dando lugar al estudio a realizar.

---

#### 4.1.2 Descripción del proceso de corte mediante guillotina

Los operarios de esta línea usan los siguientes implementos de seguridad: botas, delantal, protectores auditivos, lentes y guantes. Las máquinas para su funcionamiento utilizan aceites hidráulicos y grasas especiales, los aceites usados son reciclados por empresas autorizadas, en caso de derrame de aceite residual en el piso, el personal que realiza la operación, limpia la zona contaminada utilizando los implementos de seguridad, utensilios de limpieza y trapos, los guantes y trapos son segregados en el tambor transitorio de color verde, los mismos son llevados al almacén de desechos, para colocarlos en bolsas plásticas almacenadas en sacas e identificadas con etiquetas de seguridad, en espera de que la empresa autorizada realice su disposición final.

Para el proceso de corte por guillotina se procede a colocar un lote de láminas apiladas sobre un mesón, una vez posicionadas y seleccionado el tipo de corte a realizar, los operadores se disponen a cuadrar el tope interno de la máquina, dicho tope debe moverse hacia atrás y hacia adelante para darle el ancho requerido al corte a realizar. Con el tope bien ubicado los operarios desplazan la lámina desde donde se encuentra apilada deslizándola por una mesa hasta llegar a la máquina y empujarla contra el tope interno de ésta. Al asegurarse que la lámina llegó al tope los operadores accionan las botoneras que dan la orden a la máquina para que haga el corte. Una vez finalizado éste vuelven a empujar la lámina accionar y cortar hasta terminar con dicha lámina y trasladar la siguiente lámina y repetir el proceso.

En la figura 4.1 se observa con detalle la máquina y el entorno donde se desarrolla el corte.

Los desechos metálicos son llevados a los contenedores de Scrap del área patio de bobinas para ser reciclados por la empresa autorizada. El

departamento de despacho es el encargado de realizar la nota de salida, la cual debe ser firmada y sellada por la empresa de fundición al recibir el material.



**Figura 4.1** Detalle de la máquina y proceso de corte de la guillotina

#### **4.1.3 Características principales de la guillotina**

Las características principales de la máquina se pueden apreciar en la **tabla 4.1** y las dimensiones de la cizalla en la **tabla 4.2**.

**Cizalla – Guillotina.** Herramienta para cortar en frío planchas de metal.

Hidromatic Modelo C7-25

Marca SACMA. Varese – Italia.

**Tabla 4.1.** Características principales de la maquina cortadora de laminas.

<i>Longitud de corte</i>	2550 mm
<i>Espesor máximo</i> (R=45 Kg/mm <sup>2</sup> ) (R=70 Kg/mm <sup>2</sup> )	10 mm 8 mm
<i>Angulo de Corte en grados</i>	1° 48´
<i>Profundidad del escote</i>	500 mm
<i>Libre pasaje entre montaje</i>	2860 mm
<i>Longitud efectiva de cuchillas</i>	2850 mm
<i>Ciclos por minuto N.</i>	40
<i>Carrera registro posterior</i>	800 mm
<i>Carrera pisón hidráulico</i>	19 mm
<i>Potencia absorbida</i>	12,5 HP

Fuente: DANA, Soluciones Estructurales.

**Tabla 4.2.** Dimensiones de la Cizalla

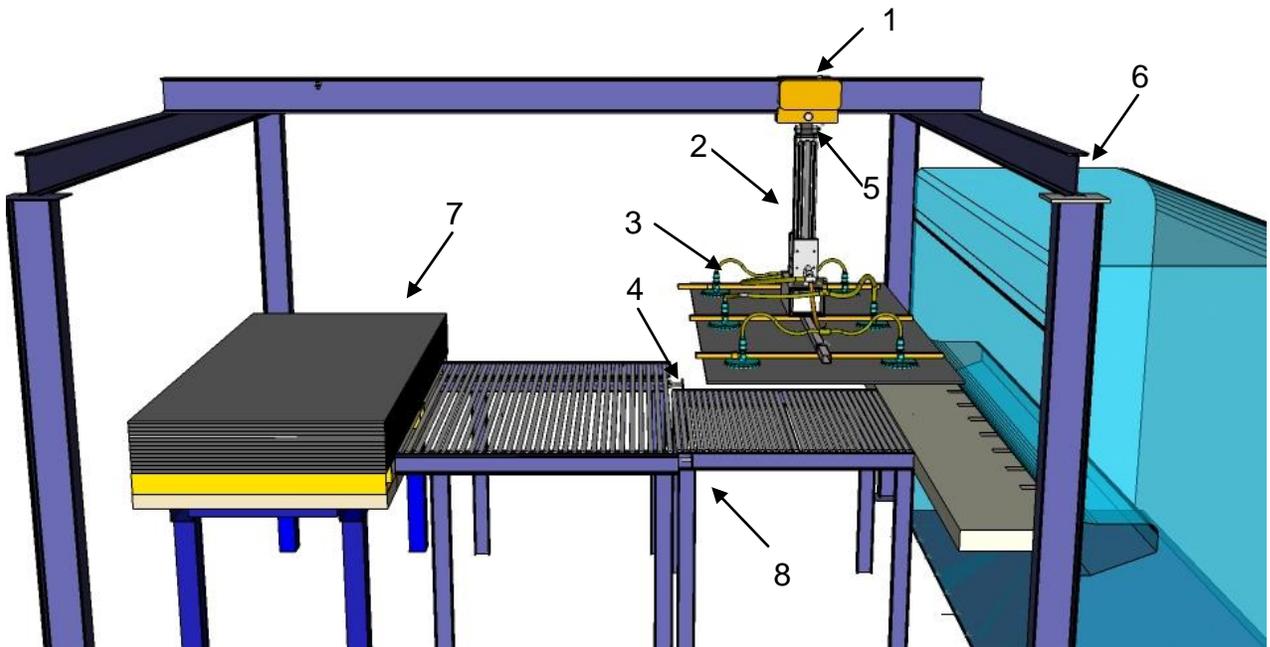
<i>Altura</i>	2075 mm
<i>Ancho</i>	2000 mm
<i>Longitud</i>	3450 mm
<i>Peso aproximado</i>	11.300 Kg.

Fuente: DANA, Soluciones Estructurales.

## 4.2 Desarrollo de Solución del Problema

La solución al problema planteado consiste de un **sistema de vacío** como elemento principal del sistema, debido a que éste será el encargado de levantar las láminas y sujetarlas para desplazarlas hasta la entrada de la cizalla; dicho desplazamiento horizontal se realizará mediante un **trolley**, el cual consta de un **sistema sujeción** que permitirá la unión del mismo con el

**conjunto de vacío**; el sistema de vacío cuenta a su vez con un **cilindro pistón** que es el encargado de realizar el desplazamiento vertical del sistema, logrando elevar la lámina sujeta por las ventosas para luego extender su vástago y dejar caer la lámina sobre el mesón. Luego, la lámina es posicionada dentro de cizalla para su corte posterior. En la **figura 4.2** se puede observar el sistema diseñado.



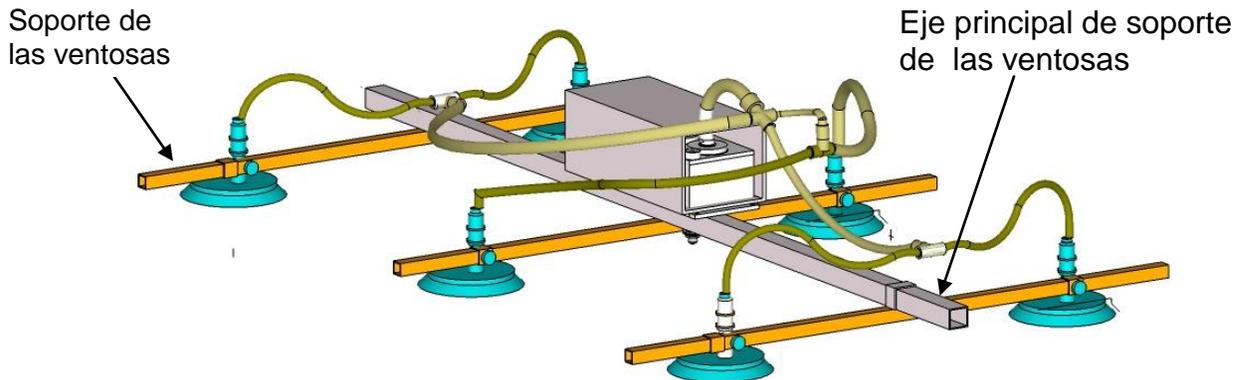
- |                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1. Trolley            | 5. Sistema de sujeción      |
| 2. Cilindro pistón    | 6. Cizalla o Guillotina     |
| 3. Conjunto de vacío  | 7. Lote de láminas apiladas |
| 4. Cilindro empujador | 8. Mesa de Rodillos         |

**Figura 4.2.** Elementos del sistema a diseñar.

Cada uno de los elementos que intervienen en el sistema se diseñaron de la siguiente manera:

### 4.2.1 Diseño de Soporte de Sistema de vacío

El sistema de vacío será acoplado a una estructura para su distribución, este constará de un soporte principal y de tres (3) paralelos transversales que servirán de agarre o soporte para las ventosas, uno soldado a la mitad del soporte principal y los otros dos (2) equidistantes del centro, siendo estos móviles para posicionarlos de acuerdo al tipo de lámina con el que se va a trabajar. Las dimensiones y diversas posiciones se pueden observar en los planos que se encuentran en el anexo 5. En la **figura 4.3** se puede observar la estructura del conjunto de vacío.



**Figura 4.3** Conjunto de Sistema de Vacío

### Propiedades del material a utilizar

En la tabla 4.3 se muestran una serie de propiedades del material utilizado en el diseño del sistema.

**Tabla 4.3** Propiedades del Acero Común

<i>Material</i>	<i>Esfuerzo de Fluencia a Tensión</i>	<i>Módulo de Elasticidad</i>	<i>Densidad</i>
Acero Común	$S_y = 344,7 \text{ MPa}$	$E = 207 \text{ GPa}$	$\rho = 7978 \text{ Kg/m}^3$

*Fuente:* "Diseño en Ingeniería Mecánica", Shigley, J. y Mischke R.

El factor de seguridad utilizado para seleccionar los perfiles de viga ( $F_s$ ) es igual a 2, debido a que los datos de pruebas del material son representativos, se trata de un ambiente normal y los modelos analíticos de carga y esfuerzos representan con precisión el sistema.

El factor de seguridad utilizado para el diseño de soldadura ( $F_s$ ) es igual a 3, debido que las condiciones del entorno en el cual se utilizará se considera moderadamente agresivo, ya que va a estar expuesto al aire libre en un galpón de la empresa.

### **Selección de vigas de soporte de las ventosas**

En un principio, se seleccionaron las ventosas que conforman el conjunto de vacío, tomando en cuenta estos parámetros requeridos por el problema, la ventosa más adecuada es: **Ventosa con Soporte Vulcanizado de 200 mm diámetro** (ver anexo 3). Capaz de alzar una fuerza 78,5 Kg cada ventosa, generando una fuerza total de 4.621 N valor mayor al necesitado por sistema a diseñar. Las especificaciones de la selección se encuentran detalladamente en el **capítulo 5**.

Una vez seleccionado las ventosas, se procedió a diseñar la viga se a corte, flexión, y por último se comprueba el efecto torsor y deflector que ejerce las ventosas sobre la misma, considerando la condición más crítica, la cual se produce cuando se levanta la lámina más pesada y las ventosas están más separadas, debido a que esta ubicación la viga es cuando se encontrará sometida a mayor esfuerzo.

El diagrama de fuerzas para el perfil que servirá de soporte para ventosas se encuentra representado en la **figura 4.4**

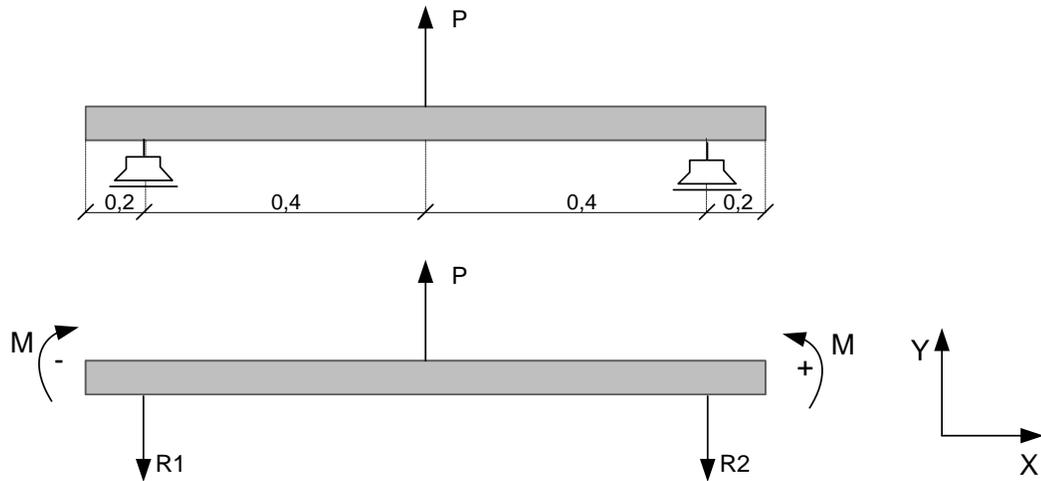


Figura 4.4 Diagrama de Cuerpo Libre de soporte de ventosas.

La carga P viene expresada da por:

$$P = \frac{W_{lámina}}{3} + W_{ventosa} = 42,22Kg + 2,24Kg = 46,46Kg = 455,77N \quad (4.1)$$

Realizando sumatoria de fuerzas en el eje se obtiene el valor de las reacciones ejercidas por los vínculos:

$$+\uparrow \Sigma F_y = m * a_y \Rightarrow V_f = V_o + a.t \Rightarrow V_o = 0$$

Se sabe que el actuador neumático maneja un caudal de 300 L/min y tarda 10 seg en realizar todo su recorrido. Con estos datos se deduce que:

$$a = \frac{0,63619 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 0,063619 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Rightarrow \boxed{a \approx 0} \Rightarrow \Sigma F_y = 0$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = R_1 - P + R_2 = 0 \quad (4.2)$$

$$R_1 = R_2 = -220,85N$$

Luego de obtener las reacciones, se calcula el momento máximo aplicado al elemento ubicado en el medio de la viga, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$M_{max} = -220,85 * 0,4 = -88,34Nm$$

Seguidamente, se determina el módulo de resistencia ( $S_x$ ) de la sección transversal del elemento que soporta el momento máximo ( $M_{max}$ ) aplicado a éste en función del esfuerzo de fluencia a tracción ( $S_y$ ) del material.

$$S_x = \frac{M_{max}}{S_y} = \frac{88,34Nm}{344,7*10^6Pa} = 2,56 * 10^{-7}m^3 = 0,256cm^3 \quad (4.3)$$

Una vez obtenido el valor de  $S_x$ , se selecciona del catálogo de Industrias Unicon C.A. (ver anexo 1), un tubo estructural de sección cuadrada 25 x 25 ya que cumple con la condición:

$$S_{x_{perfil}} > S_{x_{calculado}}$$

Ahora, para verificar el perfil seleccionado tomamos en cuenta el peso propio como una carga distribuida sobre la viga, hacemos los nuevos diagramas y calculamos el nuevo momento máximo ( $M_{max}$ ), el nuevo módulo de resistencia ( $S_x$ ) y con ellos el factor de seguridad. Hasta conseguir una viga que cumpla con un factor de seguridad mayor a 2, el cual viene dado por la ecuación:

$$FS = \frac{S_{x_{perfil}}}{S_{x_{calculado}}} \quad (4.4)$$

Verificando,  $FS = 5,6 > 2$

Se selecciona el perfil 25 x 25 de espesor 2 mm puesto que el factor de seguridad es mayor a 2.

### **Cálculo Deflexión máxima**

Aplicando la ecuación diferencial de la elástica e integrando dos veces, se obtienen las siguientes ecuaciones para cada tramo:

- $0 < X < 0,25$

$$-1,125453 * 10^{-4}X^4 + 7,739923 * 10^{-3}X - 1,93454112 * 10^{-3} = 0$$

- $0,25 < X < 1$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 - 4,32 * 10^{-3}X^3 + 3,34 * 10^{-3}X^2 + 6,3 * 10^{-3}X - 1,87 * 10^{-3} = 0$$

- $1 < X < 1,75$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 + 5,22 * 10^{-3}X^3 - 2,54 * 10^{-2}X^2 + 0,0356X - 1,14 * 10^{-4} = 0$$

- $1,75 < X < 2$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 + 9,00410^{-4}X^3 - 2,710^{-3}X^2 - 4,1410^{-3}X + 1,1710^{-2} = 0$$

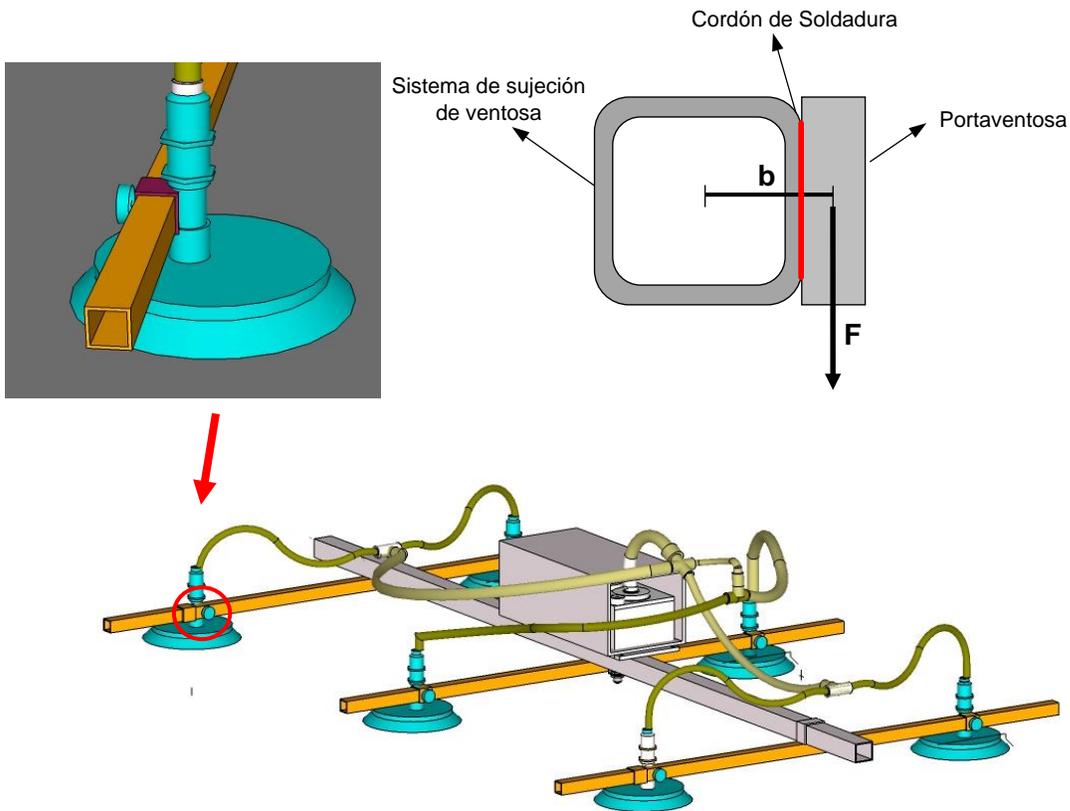
La deflexión máxima ocurre en el medio de la viga de soporte de las ventosas cuando  $X = 1m$ , sustituyendo este valor en la expresión para obtener un valor de deflexión de:

$$Y = 0,002m = 2mm$$

Como se puede observar el tubo estructural de 25x25 posee una deformación despreciable, por lo que se confirma su selección.

### Estudio de torsión

En cuanto a la **torsión** que produce la ventosa sobre el perfil seleccionado, como se indica en la figura 4.5, se verifica con la deformación angular que se produce:



**Figura 4.5.** Efecto torsor que produce las ventosas sobre el perfil seleccionado.

La fuerza que soporta una ventosa cuando el sistema levanta la lámina más pesada vendría siendo:

$$F = \frac{W_{lámina}}{6} + W_{ventosa} = 21,11Kg + 2,24Kg = 23,35Kg * 9,81 = 229,08N$$

$$\theta = \frac{M_T * L}{G * I_p} = \frac{12,37N.m * 1,2m}{79,3 * 10^9 Pa * 2,86 * 10^{-8} m^4} = 6,55 * 10^{-3} rad = 0,38^\circ \quad (4.5)$$

En donde,

$M_T$ : Momento de torsión

$$M_T = Fuerza * brazo = 229,08N * 54 * 10^{-3}m = 12,37Nm$$

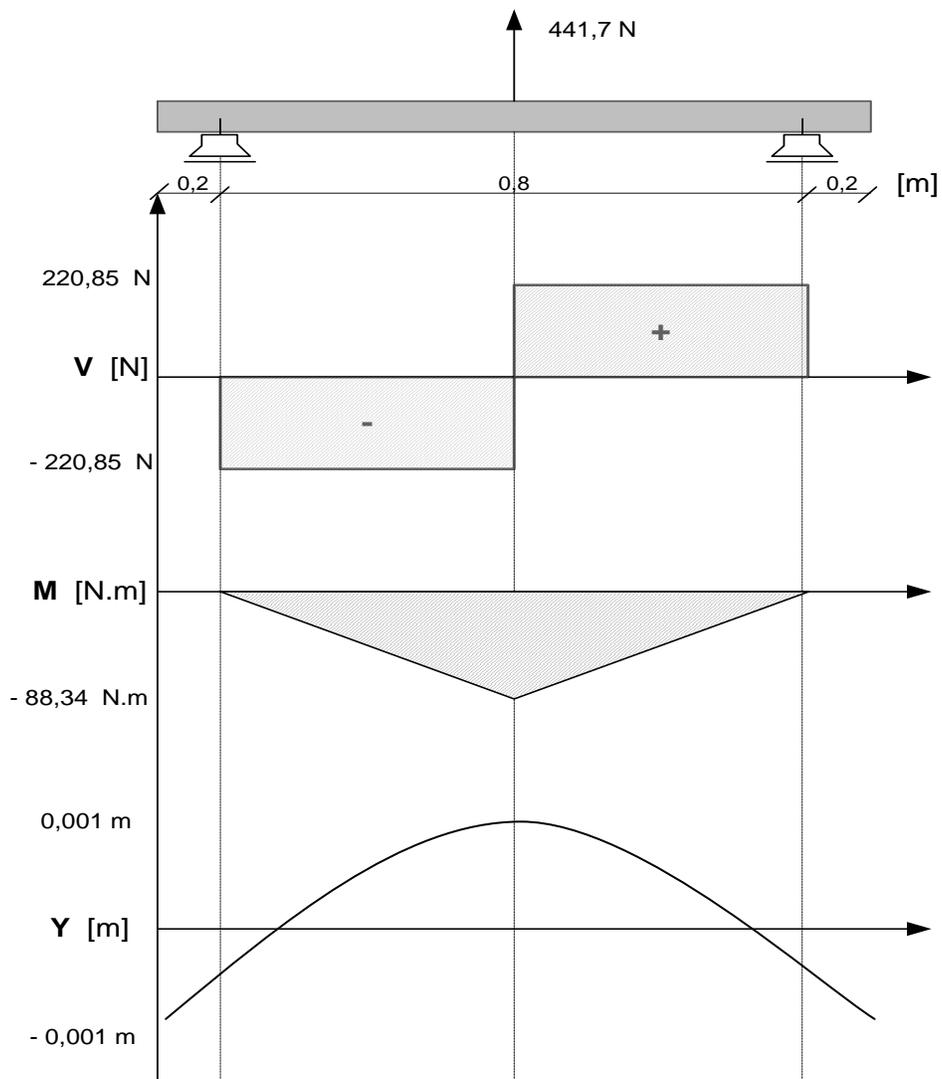
L: longitud de la barra

G: Módulo de rigidez

$I_p$ : Inercia polar del área transversal

La deformación angular es muy pequeña, eso es debido que el brazo (b) que ejerce la torsión también lo es, por ende el perfil seleccionado no corre el riesgo a deformación angular.

En la **figura 4.6**, se encuentran los diagramas de corte, momento y deflexión del soporte de las ventosas.

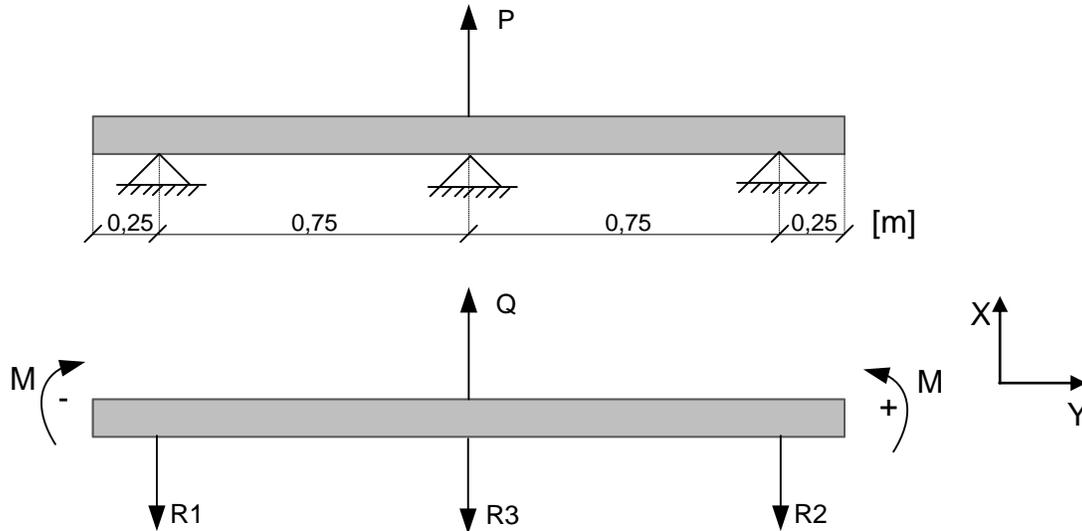


**Figura 4.6.** Diagrama de Corte, Momento y deflexión del soporte de las ventosas.

## 4.2.2 Selección de viga del eje principal del soporte de ventosas

El eje principal del soporte de ventosas se diseñó a corte, flexión, y por último se comprueba el efecto de deflexión que ejerce los soportes de las ventosas sobre el mismo, al igual que en la sección anterior 4.1. Este diseño se realiza considerando la condición más crítica, la cual se produce cuando se levante la lámina más pesada y los perfiles transversales se encuentran a los extremos, debido a que con esta ubicación la viga se encontrará sometida a mayor esfuerzo.

El diagrama de fuerzas del eje principal se encuentra representado en la **figura 4.7**.



**Figura 4.7** Diagrama de Cuerpo Libre de eje principal.

Se puede decir que:

$$P = Q - R_3$$

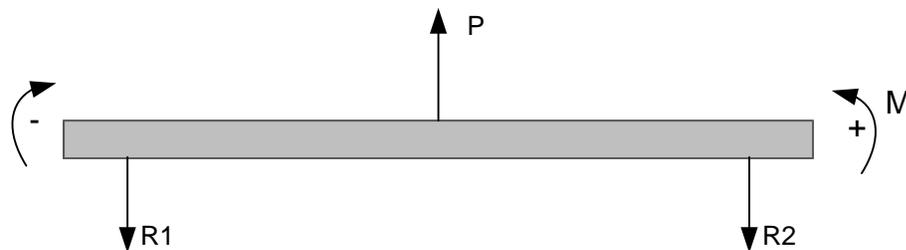
Realizando sumatoria de fuerzas en el eje y se obtiene el valor de las reacciones ejercidas por los vínculos:

$$+\uparrow \Sigma F_y = m * a_y \Rightarrow \boxed{a \approx 0} \Rightarrow \Sigma F_y = 0$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = R_1 - P + R_2 = 0$$

$$R_1 = R_2 = -473,95 \text{ N}$$

Al obtener las reacciones el diagrama del cuerpo libre queda representado tal y como se presenta en la **figura 4.8**.



**Figura 4.8** Diagrama de Cuerpo Libre de eje principal definitivo.

La carga P viene representada por:

$$P = 2 * \left( \frac{W_{lámina}}{3} + W_{ventosa} \right) = 2 * (42,22Kg + 2,24Kg) = 96,623Kg = 947,9N \quad (4.6)$$

Luego de obtener las reacciones, se calcula el momento máximo que viene dado por la carga P ubicado en el medio de la viga, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$M_{max} = -473,95 * 0,75 = -355,463 \text{ Nm}$$

Seguidamente, se determina el módulo de resistencia ( $S_x$ ) de la sección transversal del elemento que soporta el momento máximo ( $M_{max}$ ) aplicado a éste en función del esfuerzo de fluencia a tracción ( $S_y$ ) del material.

$$S_x = \frac{M_{max}}{S_y} = \frac{355,463 \text{ Nm}}{344,7 * 10^6 \text{ Pa}} = 1,031 * 10^{-6} \text{ m}^3 = 1,031 \text{ cm}^3$$

Una vez obtenido el valor de  $S_x$ , se selecciona del catálogo de Industrias Unicon C.A. (ver anexo 1), un tubo estructural de sección cuadrada 40 x 40 ya que:

$$S_{x_{perfil}} > S_{x_{calculado}}$$

Para verificar la selección, se procederá a recalcular tomando en cuenta el peso propio de la viga, hasta conseguir una viga que cumpla con el factor de seguridad mayor a 2, el cual viene dado por la ecuación:

$$Fs = \frac{S_{x_{perfil}}}{S_{x_{calculado}}}$$

En la **tabla 4.4**, se encuentran especificados los factores de seguridad calculados, con la ecuación anterior, para cada perfil, además que sale especificado su respectivo espesor y módulo de resistencia ( $S_x$ ).

**Tabla 4.4** Factores de seguridad determinados para la selección de perfil.

<b>Perfil de Viga h x b</b>	<b>e Espesor (mm)</b>	<b><math>S_{x_{perfil}}</math> (<math>\text{cm}^3</math>)</b>	<b>Fs Factor de Seguridad</b>
25 x 25	2,00	1,14	1,11
25 x 25	2,50	1,28	1,24
25 x 25	3,00	1,38	1,34
40 x 40	2,00	3,40	3,30

Se selecciona el perfil 40 x 40 de 2 mm espesor puesto que el factor de seguridad es mayor a 2.

### Cálculo Deflexión máxima

Aplicando la ecuación diferencial de la elástica e integrando dos veces, se obtiene las siguientes ecuaciones para cada tramo:

- $0 < X < 0,25$

$$-1,125453 * 10^{-4}X^4 + 7,739923 * 10^{-3}X - 1,93454112 * 10^{-3} = 0$$

- $0,25 < X < 1$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 - 4,32 * 10^{-3}X^3 + 3,34 * 10^{-3}X^2 + 6,3 * 10^{-3}X - 1,87 * 10^{-3} = 0$$

- $1 < X < 1,75$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 + 5,22 * 10^{-3}X^3 - 2,54 * 10^{-2}X^2 + 0,0356X - 1,14 * 10^{-4} = 0$$

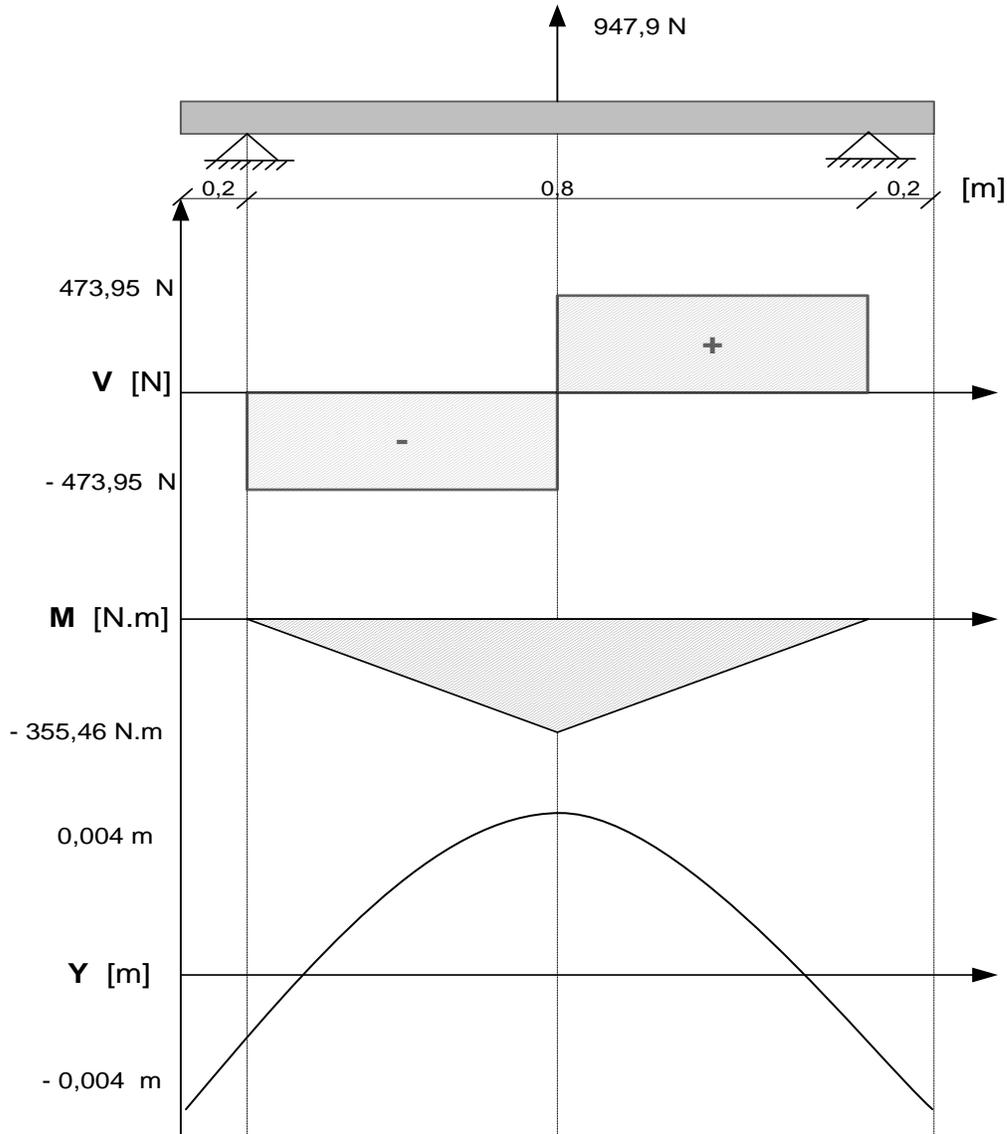
- $1,75 < X < 2$

$$-1,125 * 10^{-4}X^4 + 9,00410^{-4}X^3 - 2,710^{-3}X^2 - 4,1410^{-3}X + 1,1710^{-2} = 0$$

La deflexión máxima ocurre en el medio de la viga cuando  $X = 1m$ , sustituyendo este valor en la expresión para obtener un valor de deflexión de:

$$Y = 0,004m = 4mm$$

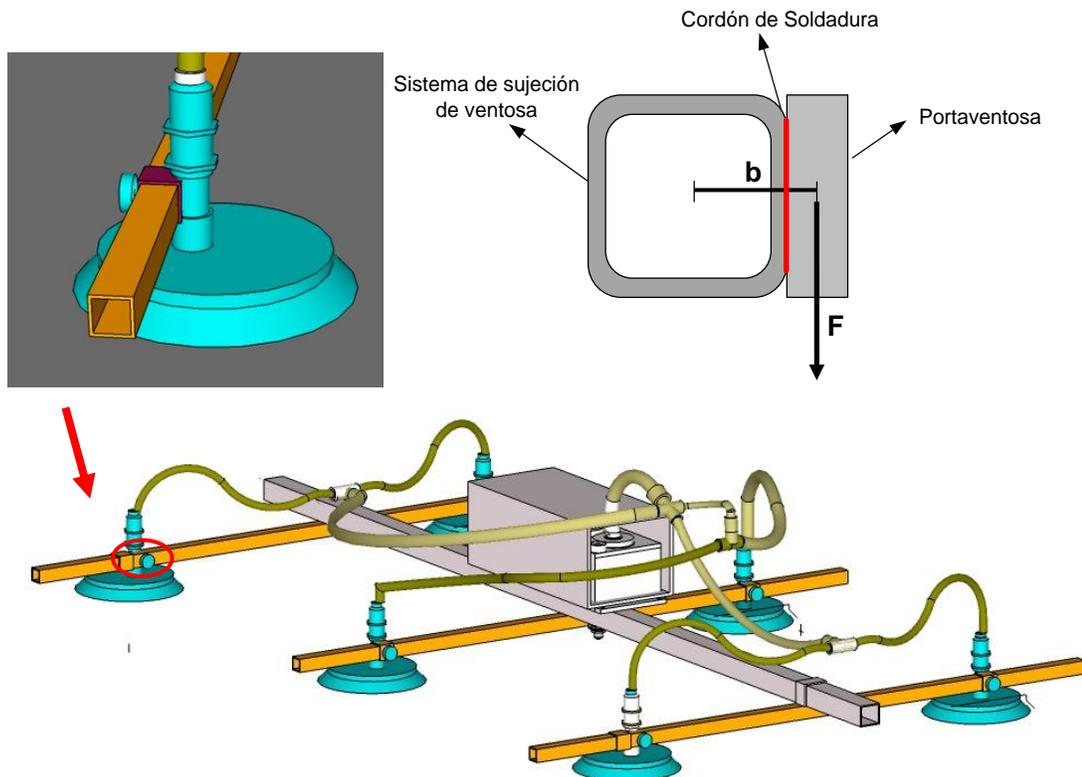
Estos valores se pueden observar en los en los diagramas que se encuentran en la **figura 4.9**.



**Figura 4.9.** Diagrama de Corte, Momento y deflexión del eje principal.

#### 4.2.4 Uniones Soldadas

La soldadura se realizará mediante un arco de soldadura a filete y se utilizará un electrodo E60XX con un factor de seguridad de 3. El patrón de soldadura se puede observar en la figura 4.10.



**Figura 4.10** Vista de la junta del perfil del soporte de ventosa con el portaventosa.

Para el diseño de soldadura se utilizará el código de soldadura “American Institute of Steel Construction (AISC)”, al igual que el reglamento de “American Welding Society (AWS)”. Este diseño básicamente consiste en determinar el área de la garganta de la soldadura, asegurando que no falle.

### Esfuerzos sobre la soldadura

En este caso solo se encuentra sometida a un esfuerzo cortante únicamente. Se calcula el **esfuerzo cortante máximo** por carga cortante  $\tau$  para una unión soldada en función de la fuerza aplicada  $F$ . La garganta  $h$  y la longitud del cordón de la soldadura, viene dada por la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{F}{1,414 * h * L} \quad (4.7)$$

En donde:

F: es la fuerza de succión expresada en Newton de una ventosa necesaria para alzar la lámina más pesada.

L: Ancho en milímetros del perfil de la viga que soporta a las ventosas.

h: espesor en milímetros de la garganta del cordón.

Sustituyendo estos valores en la expresión, se obtiene:

$$\tau = \frac{458,16N}{1,414 * h * 25mm} = \frac{12,96}{h} MPa$$

Luego, se determina el esfuerzo total, para ello se aplicó la teoría de **Von Mises – Hencky**, utilizado como un criterio de resistencia estática según el cual el material no fluirá en el punto analizado siempre que la energía de distorsión por unidad de volumen en el punto no supere la energía de distorsión por unidad de volumen que se da en el momento de la fluencia en el ensayo de tracción. Dicha teoría ofrece una proyección muy precisa de fallas en materiales dúctiles que se someten a la acción de cargas estáticas, tensiones combinadas, tensiones de esfuerzo de corte y tensiones normales inversas por completo.

$$\sigma_{max} = \sqrt{\sigma_{Eq}^2 + 3 * \tau_{Eq}^2} \quad (4.8)$$

Donde;

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo máximo Von Mises - Hencky

$\sigma_{Eq}$ : Esfuerzo normal equivalente

$\tau_{Eq}$ : Esfuerzo de corte equivalente

$$\sigma_{max} = \sqrt{(0)^2 + 3 * \left(\frac{12,96}{h}\right)^2} = \frac{22,45}{h} \text{ MPa}$$

Cabe destacar, que el esfuerzo normal equivalente ( $\sigma_{Eq}$ ) es igual a cero (0) puesto que se anulan los momentos por ser iguales pero de sentidos contrarios, debido que las reacciones están ubicadas equidistantemente, tal y como se muestran en la figura 4.3.

Según el código AISC/AWS el esfuerzo permitido para metal de soldadura de filete o de tope en función del esfuerzo último del electrodo  $S_y$  sometido a un tipo de **Carga Cortante**, viene dado por la siguiente ecuación:

$$S_{yp} = 0,4 * S_y \tag{4.9}$$

En la tabla 4.5 se muestran los valores de **Resistencia a la Tensión** ( $S_y$ ) y los valores calculados del **Esfuerzo Cortante Permisible** ( $S_{yp}$ ) de los electrodos para soldar acero común.

**Tabla 4.5** Esfuerzos permitidos por el reglamento AISC para metal de soldadura.

<b>Número de Electrodo</b>	$S_y$ Resistencia a Tensión (MPa)	$S_{yp}$ Esfuerzo Cortante (MPa)
<b>E60XX</b>	427	170,8
<b>E70XX</b>	482	192,8
<b>E80XX</b>	551	220,4
<b>E90XX</b>	620	248
<b>E100XX</b>	689	275,6
<b>E120XX</b>	827	330,8

Se determina el valor del espesor mínimo adecuado de la garganta de soldadura con la ecuación del factor de seguridad:

$$N = \frac{S_{yp}}{\sigma_{max}} = \frac{170,8}{\frac{22,45}{h}}; N = 3 \Rightarrow \boxed{h = 2,54 \text{ mm}}$$

$\tau$ : Esfuerzo Cortante Permisible. (MPa)

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo máximo. (MPa)

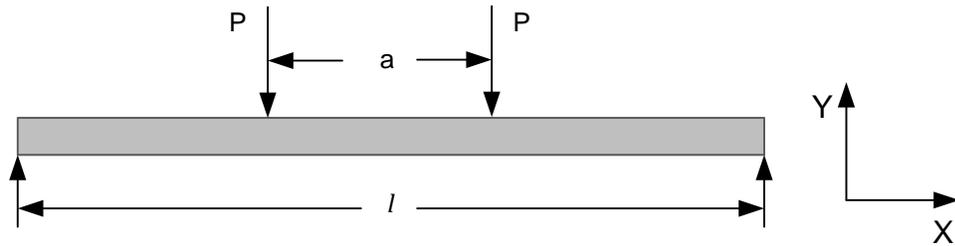
Sustituyendo el **Esfuerzo Máximo** ( $\sigma_{max}$ ) calculado y el **Esfuerzo Permisible** ( $\tau$ ) del electrodo E60XX, se obtiene un **espesor (h)** de **2,54 mm**, siendo un valor pequeño, comparado con el espesor mínimo para una soldadura de arco eléctrico es de 5mm. Lo que significa que la soldadura no va a fallar.

## 4.3 Diseño de sistema de transporte

### 4.3.1 Calculo de viga para traslado de Trolley

Para el desplazamiento del conjunto formado por el sistema de vacío con su estructura de soporte, el actuador y la lámina, se usó un carro trolley el cual es movido por un motor, y su recorrido lo hace a través de una viga.

Según las normas FEM, Normativa referente a Polipastos y Puentes Grúas (Ver anexo 1), se utiliza para seleccionar el perfil de la viga, calculando el momento de inercia necesario para vigas carrileras de grúas apoyadas en ambos extremos, tal y como lo muestra la **figura 4.11**.



**Figura 4.11.** Viga carrilera de grúa apoyada en ambos extremos.

Siendo,

$P$  = Carga que soporta la viga (Ton)

$a$  = Separación entre las cargas  $P$ .

$l$  = Longitud de la viga.

Para nuestro caso  $a = 0$ . Se toma  $\frac{a}{l} = 0,10$ . El menor valor de la tabla (Ver anexo 1).

Luego, se procede a calcular el valor de la carga la cual estará sometida la viga, esta carga está comprendida por diversos pesos como: el del Trolley, de la estructura de soporte de ventosas y el de la lámina más pesada, siendo ésta la situación más crítica.

$$P = P_{Trolley} + P_{Estructura} + P_{lamina} = 260 \text{ Kg} = 0,26 \text{ Ton}$$

Se desea obtener una deflexión de:

$$f = \frac{l}{800} = \frac{4,41m}{800} = 5,5mm$$

Seguidamente, se calcula la inercia requerida por la viga; para ello se aplica la siguiente ecuación:

$$I = P * n * l^2 = 0,26 * 196 * 4,41^2 = 991,1 \text{ cm}^4 \quad (4.10)$$

Siendo:

$P$ : Carga expresada en Toneladas (ton).

$n$ : Factor proporcionado por la Norma FEM para grúa accionada por motor eléctrico y para obtener una deflexión no mayor a  $f = \frac{l}{800}$ . (Ver anexo 1)

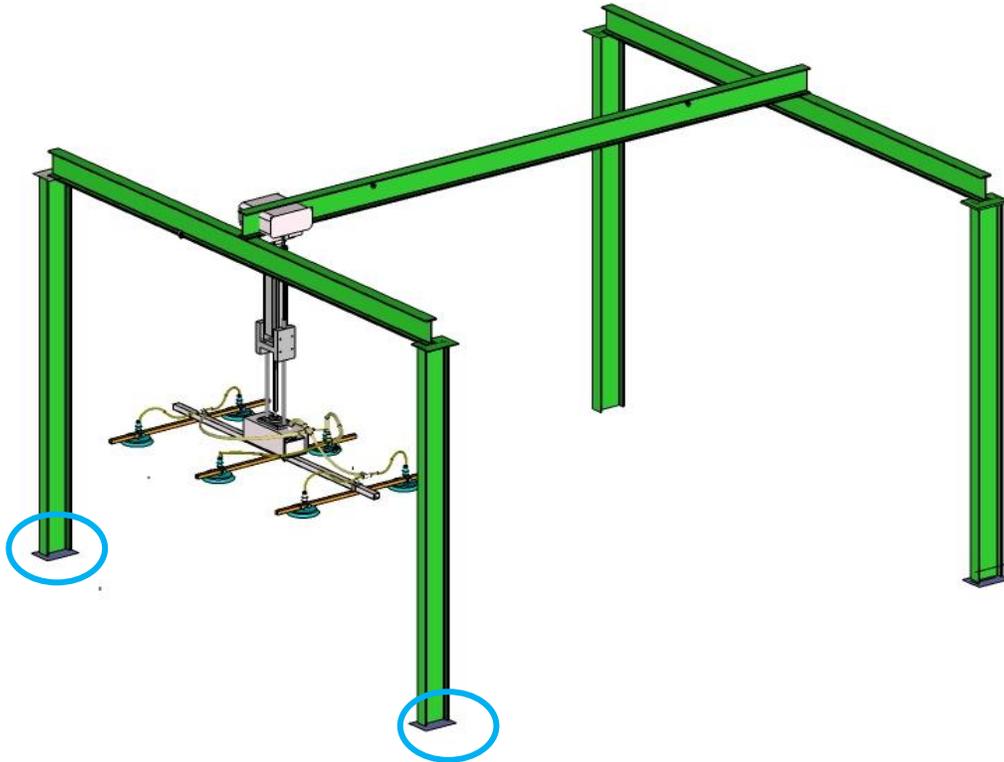
$l$ : Luz de la Viga. Expresada Metros (m).

Una vez obtenida la inercia requerida, se selecciona un perfil que posea una inercia mayor a la requerida, por consiguiente se selecciona un perfil IPN 180, del catálogo de HIERROBECO, C.A. (ver anexo 1).

En vista que el esfuerzo a flexión es mayor que el de compresión que sufren las columnas, el perfil seleccionado anteriormente se puede utilizar para las columnas, sin riesgo de falla.

#### **4.3.2 Soldadura del pórtico**

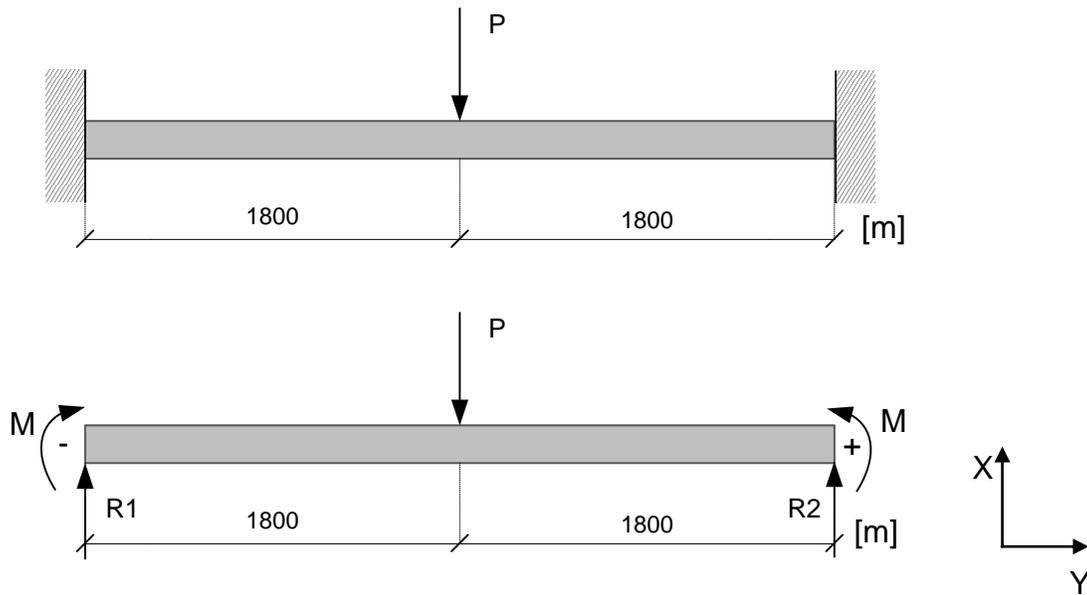
La soldadura más crítica del pórtico es la que permite unir la columna con la placa metálica, que a su vez esta se une al piso. Es necesario para este diseño analizar la circunstancia de mayor riesgo de falla, en este caso es cuando la carga está situada en uno de los extremos del pórtico (figura 4.12).



**Figura 4.12.** Condición crítica para diseño de soldadura del pórtico.

La columna se encuentra sometida a esfuerzos de compresión y flexión, tal y como se puede observar en la **figura 4.10**. Estos esfuerzos son efectos de la viga que soporta la misma. De modo que, inicialmente se realiza un estudio a la viga.

El diagrama de cuerpo libre de la viga apoyada en las columnas se muestra en la **figura 4.13**.



**Figura 4.13** Diagrama de Cuerpo libre de viga apoyada en las columnas.

Donde el valor de la carga soportada por la viga está conformada por los distintos pesos que conforman el sistema, tales como:

$$P = P_{Viga} + P_{Trolley} + P_{Estructura} + P_{lámina}$$

$$P = 17,9 \frac{Kg}{m} * 4,13 m + 50 Kg + 219Kg = 333,927 Kg \approx 334Kg$$

$$P = 334Kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 3.276,54N$$

Una vez obtenida la carga, se procede a calcular las reacciones y momentos que producen la soldadura, la cual se comporta como un empotramiento.

$$R1 = R2 = \frac{P}{2} = 167 Kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 1638,27N \approx 1639N$$

$$M = Fuerza * brazo = 3.276,54N * 1.882mm = 6.166.448,28N.mm$$

Las reacciones y momento calculados anteriormente se transmiten a las columnas produciendo esfuerzos de flexión y compresión sobre la misma, estos esfuerzos se calculan a continuación:

Para la carga a compresión el **esfuerzo normal medio** es:

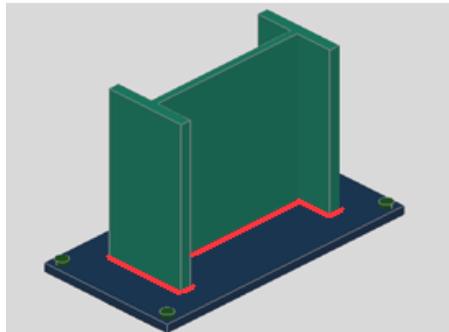
$$\sigma_{com} = \frac{F}{A} \quad (4.11)$$

Donde:

F: es la carga de compresión.

A: Área de la garganta.

El área de la garganta viene dada por la forma de unión de la viga a la placa que va a ir apernada al suelo, la cual se encuentra representada en la figura 4.14.



**Figura 4.14.** Forma de Unión de Soldadura de perfil IPN.

El **área** se calcula de la siguiente manera, donde  $d$  es lo largo del cordón y  $b$  es la separación entre los cordones (como se puede observar en la **figura 4.13**), para el perfil IPN180 los valores vendrían siendo  $b = 82 \text{ mm}$ ,  $d = 180 \text{ mm}$  (ver anexo 1) y el valor de  $h$  es el espesor del cordón de soldadura.

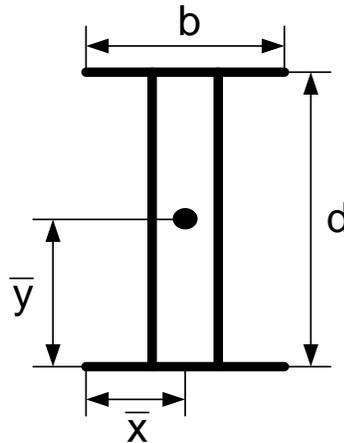
$$A = 1,414 * h * d = 1,414 * h * 82 \Rightarrow \boxed{A = 115,948 * h \text{ mm}^2}$$

Sustituyendo en la ecuación 4.10, se tiene:

$$\sigma_{com} = \frac{R}{A} = \frac{1639N}{115,948 * h \text{ mm}^2} = \frac{14,14}{h} \text{ MPa}$$

El momento M produce un esfuerzo normal por flexión  $\sigma$  en las juntas, se analiza en las uniones soldadas suponiendo que tal esfuerzo actúa en forma perpendicular al área de la garganta, considerando como líneas de las juntas la figura 4.15 y su momento polar de inercia unitario es el siguiente:

$$I_u = \frac{d^2}{6} (3b + d) = \frac{180^2}{6} (3 * 82 + 180) = 2.268.000 \text{ mm}^3$$



**Figura 4.15.** Forma de Unión de Soldadura de filete.

Entonces, el segundo momento de área basado en la garganta de la junta es:

$$I = 0,707 * h * I_u = 0,707 * h * 2.268.000 \text{ mm}^3 = 1.603.476 * h \text{ mm}^4$$

El esfuerzo normal se halla con la ecuación 4.12:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{6.166.448,28 \text{ N} \cdot \text{mm} * 41 \text{ mm}}{1.603.476 * h \text{ mm}^4} = \frac{157,67}{h} \text{ MPa} \quad (4.12)$$

Para determinar la altura del cordón se debe tener presente ambos esfuerzos, por lo que se aplica la **teoría de Von - Mises** nuevamente para estimar el esfuerzo total en la soldadura:

$$\sigma_{max} = \sqrt{\sigma_{Eq}^2 + 3 * \tau_{Eq}^2} \tag{4.13}$$

Donde;

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo máximo Von Mises - Hencky

$\sigma_{Eq}$ : Esfuerzo normal equivalente

$\tau_{Eq}$ : Esfuerzo de corte equivalente

$$\sigma_{max} = \sqrt{(0)^2 + 3 * \left(\frac{171,81}{h}\right)^2} = \frac{297,6}{h} MPa$$

Según el código AISC/AWS los esfuerzos permitidos para metal de soldadura de filete o de tope en función del esfuerzo último del electrodo  $S_y$ , para distintos tipos de carga, vienen dados en la siguiente tabla:

**Tabla 4.6** Propiedades del Acero Común.

<b>Tipo de Carga</b>	<b>Tipo de Junta</b>	<b><math>S_{yp}</math> Esfuerzo Permisible</b>	<b><math>n^*</math></b>
Tensión	A Tope	0.60 $S_y$	1.67
Aplastamiento	A Tope	0.90 $S_y$	1.11
Flexión	A Tope	0.60 - 0.66 $S_y$	1.52 – 1.67
Compresión simple	A Tope	0.60 $S_y$	1.67
Cortante	A Tope o de Filete	0.40 $S_y$	1.44

**Fuente:** “Diseño en Ingeniería Mecánica”, Shigley, J. y Mischke R.

Se toma el menor esfuerzo permisible de ambos casos (flexión y compresión simple) para asegurar que la soldadura no falle, previniendo así el peor de los casos.

$$S_{yp} = 0,6 * S_y$$

En la tabla 4.7 se muestran los valores de **Resistencia a la Tensión** ( $S_y$ ) y los valores calculados del **Esfuerzo Cortante Permisible** ( $S_{yp}$ ) de los electrodos para soldar acero común.

**Tabla 4.7** Esfuerzos permitidos por el reglamento AISC para metal de soldadura.

<b>Número de Electrodo</b>	$S_y$ Resistencia a Tensión (MPa)	$S_{yp}$ Esfuerzo Cortante (MPa)
<b>E60XX</b>	427	256,2
<b>E70XX</b>	482	289,2
<b>E80XX</b>	551	330,6
<b>E90XX</b>	620	372,0
<b>E100XX</b>	689	413,2
<b>E120XX</b>	827	469,2

Determinando el valor del espesor mínimo adecuado de la garganta de soldadura con la ecuación del factor de seguridad:

$$N = \frac{S_{yp}}{\sigma_{\max}} = \frac{256,2 \text{ MPa}}{\frac{297,6}{h} \text{ Mpa}}; \quad N = 3 \quad \Rightarrow \quad \boxed{h = 3,48 \text{ mm}}$$

La altura de este cordón de soldadura es posible realizarlo con facilidad y además asegura que la unión trabaje bajo condiciones seguras, siendo un valor pequeño, comparado con el espesor mínimo para una soldadura de arco eléctrico es de 5mm.

#### 4.4 Diseño de unión del trolley con el cilindro

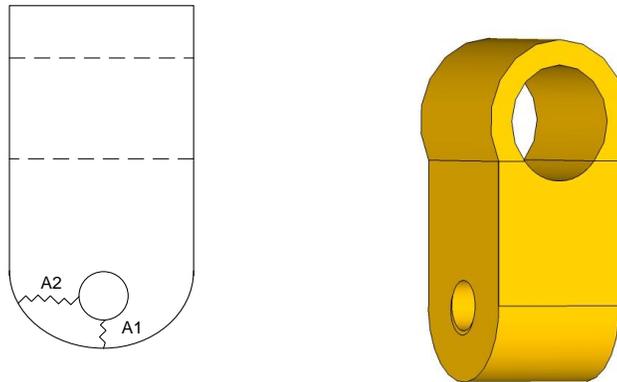
El estudio de la resistencia de la pieza se hará a corte por el área 1 ( $A_1$ ) y a tracción por área 2 ( $A_2$ ), indicados en la figura 4.16.

$$\begin{aligned} \text{A tracción: } \sigma &= \frac{F}{A} \\ \text{A corte: } \tau &= \frac{F}{A} \end{aligned} \quad (4.14)$$

Siendo,

$F$  = Fuerza aplicada (N)

$A$  = Área transversal a la fuerza aplicada (mm)



**Figura 4.16** Pieza de unión del trolley con el cilindro.

Como  $A_2 = 2 A_1$  el estudio se hará a corte por ser más crítico.

##### 4.4.1 Cálculo de Fuerza

$$F = P_{Estructura} + P_{lamina} = 210 \text{ Kg} = 210 * 9,810 = 2.060,1 \text{ N}$$

De igual manera, la fuerza se calcula con la condición más crítica, con el peso de la lámina más pesada y el peso total de toda la estructura.

#### 4.4.2 Cálculo de área

$$A = 10\text{mm} * 60\text{mm} = 600\text{mm}^2$$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2.060,1\text{ N}}{600\text{ mm}^2} = 3,43\text{ MPa}$$

Como se sabe que,

$$\tau_y = 0,577 * S_y = 0,577 * 344,7\text{ MPa} \Rightarrow \boxed{\tau_y = 196,48\text{MPa}}$$

$$\tau_{\text{calculado}} > \tau_y$$

Comparando el esfuerzo de corte calculado con el esfuerzo de corte último del acero se puede afirmar que la pieza no falla.

# CAPÍTULO 5

## *Diseño de alimentación automática y proceso de corte; ingeniería de detalles y análisis de costos del diseño*

---

---

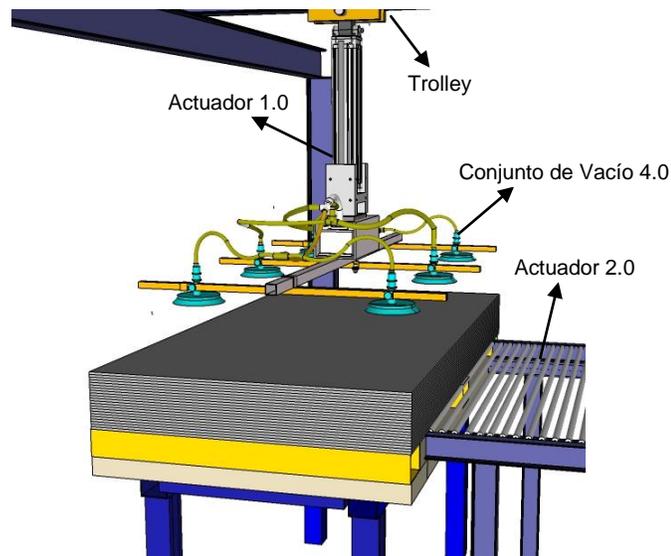
### **5.1 Sistema automatizado**

#### **5.1.1 Descripción del proceso de automatización**

La automatización consistirá de un sistema de vacío 4.0 conformado por seis (6) ventosas, el generador de vacío y sus respectivos accesorios, que se utilizará para levantar la lámina y mantenerla suspendida durante el recorrido; un cilindro 1.0 que con la extensión y la retracción de su vástago estará encargado de subir y bajar la estructura donde estará el sistema de vacío junto con la lámina (o sin ella en el caso del retorno), un carro de desplazamiento o trolley, que es el encargado de trasladar el conjunto, compuesto por el sistema de vacío, la estructura donde estará distribuido éste y el cilindro pistón encargado del movimiento vertical; por último se ubicarán dos (2) cilindros empujadores 2.0 y 3.0 que se encargarán de llevar la lámina hasta el tope de la máquina cortadora, una vez que el sistema de vacío haya soltado ésta.

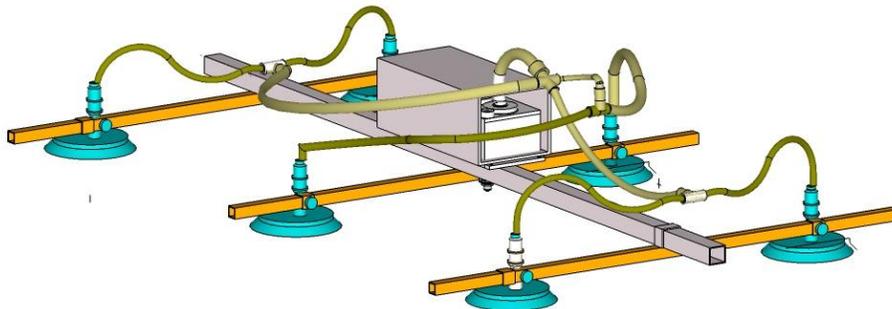
A continuación, se muestran las condiciones a cumplir del sistema automatizado:

- El sistema automatizado inicia con la disposición de las laminas sobre el mesón, la presencia del trolley en posición de salida y la retracción del actuador 1.0; dando así la orden para que el cilindro 1.0 extienda su vástago.



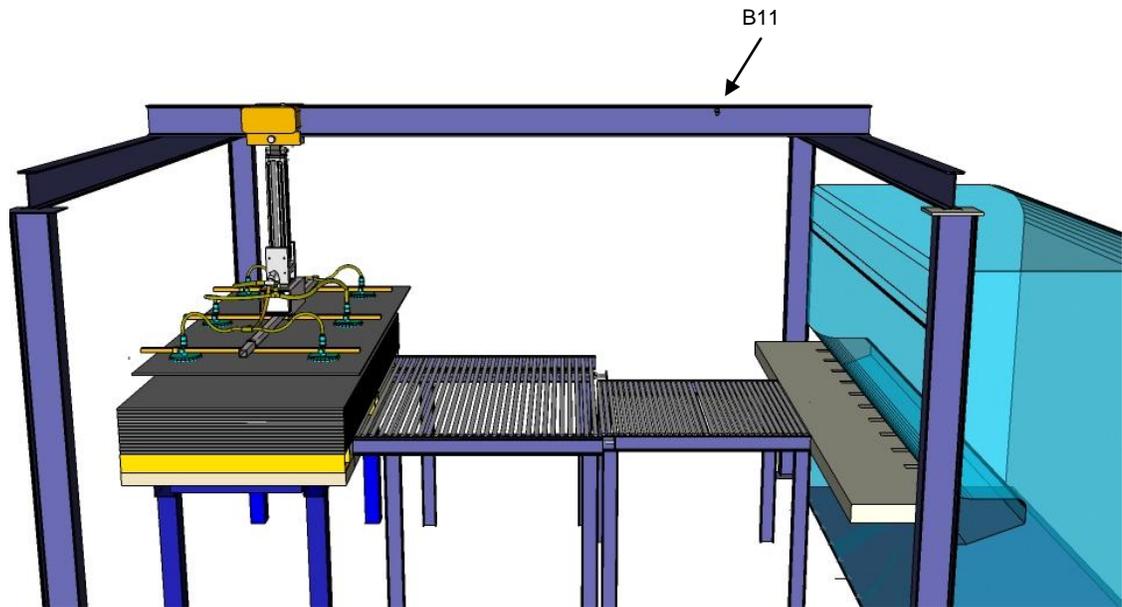
**Figura 5.1** Láminas apiladas sobre mesón con sistema de vacío.

- La estructura donde está distribuido el sistema de vacío 4.0 cuenta con un sensor encargado de detectar la presencia de las láminas al momento en el que el actuador 1.0 llegue a donde se encuentran apiladas las láminas.



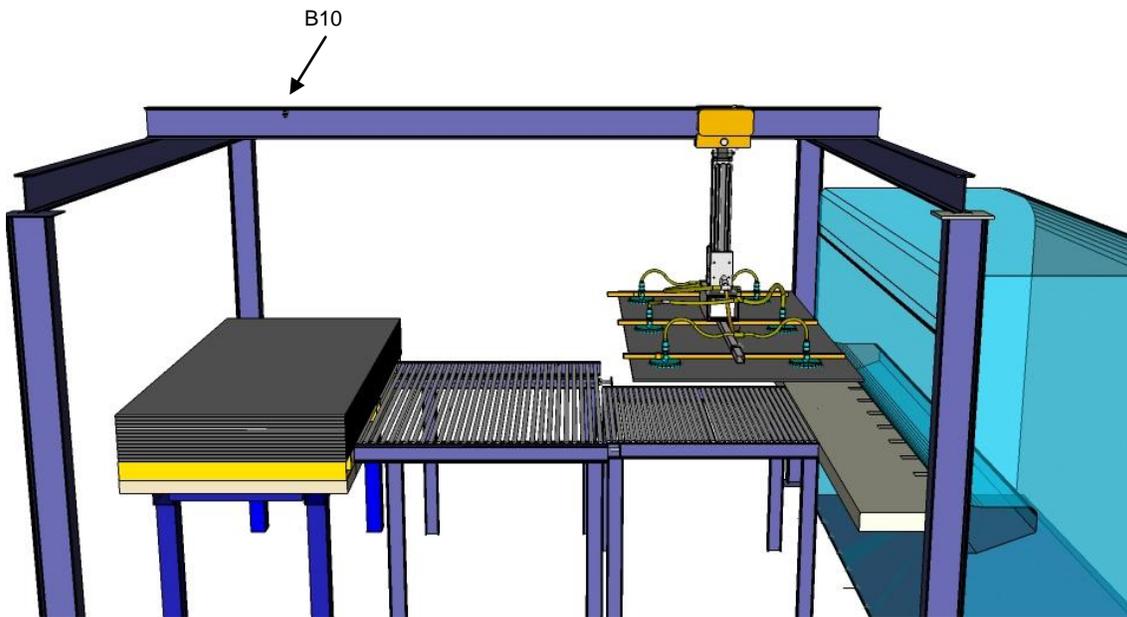
**Figura 5.2** Detalle del sistema de vacío.

- Al tener contacto con las laminas se genera la señal para que el vástago se detenga y al mismo tiempo manda a activar el generador de vacío 4.1 y mande la señal para que el dicho sistema se accione y succionen la lámina.
- El vacuostato integrado en el generador manda una señal para que el cilindro 1.0 se retraiga. Su retracción completa activa el trolley para que comience su desplazamiento horizontal y llegar al final del recorrido que marcado por un sensor.



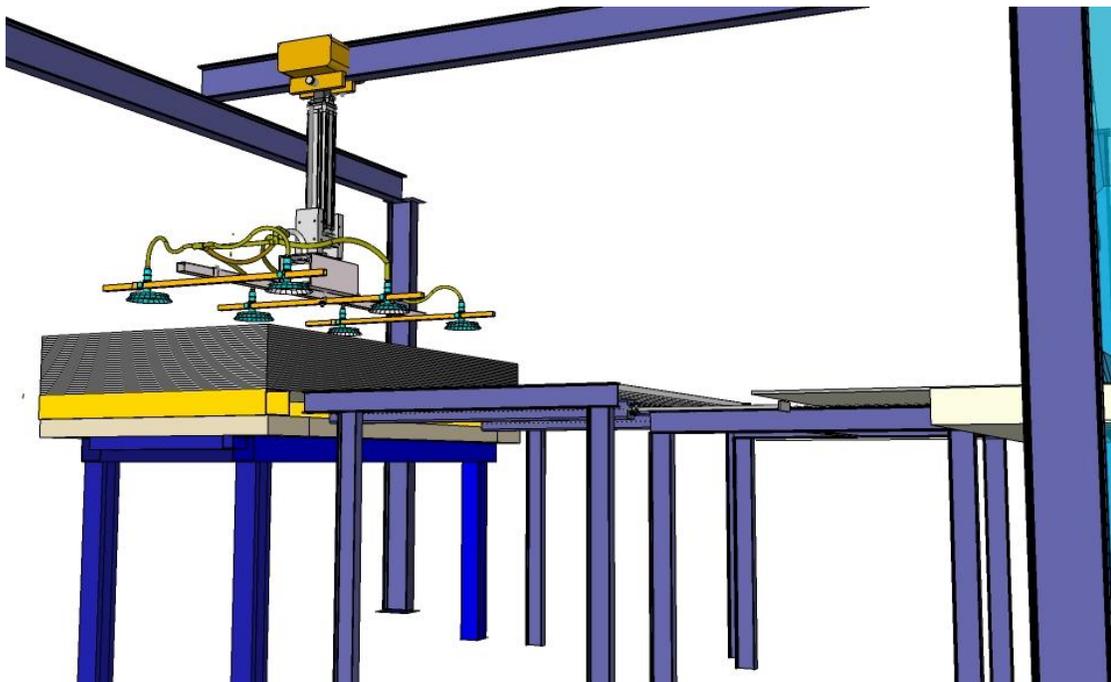
**Figura 5.3** Sistema de alimentación en posición de salida con indicador de elementos.

- Al detenerse el trolley se ordena la extensión del actuador 1.0, que al llegar al final de carrera genera la señal para que el sistema generador de vacío se desactive, logrando que la lámina caiga sobre la mesa.



**Figura 5.4** Sistema de alimentación en posición de llegada.

- La presencia de la lámina sobre el mesón junto con la posición de retracción de los actuadores 2.0 y 3.0, mandan la señal para que dichos actuadores se extiendan, empujando así la lámina hasta llegar al tope interno de la máquina. Al caer la lámina sobre el mesón se genera una señal para que el trolley regrese y se coloque en su posición inicial.



**Figura 5.5** Trolley en posición inicial (retraído sin lámina), lámina sobre mesón de rodillos y vástagos de cilindros empujadores en contacto con la lámina.

- El tope de la máquina cuenta con un sensor, que al detectar la presencia de la lámina, manda la señal para que se detengan la extensión de los cilindros 2.0 y 3.0, y a su vez accionan la máquina para que realice el corte deseado.
- Una vez logrado el corte de la lámina se pierde la señal del sensor, permitiendo que los actuadores 2.0 y 3.0 continúe su extensión, de manera que si la lamina requiere de otro corte, ésta será nuevamente trasladada hasta el tope accionando el sensor indicando la presencia de la lámina y éste el corte de la misma; el ciclo se cerrara en el momento en que los cilindros 2.0 y 3.0 extiendan sus vástago completamente, mandando simultáneamente la señal para que se retraigan los actuadores 2.0 y 3.0.

### 5.1.2 Diagrama de potencias del sistema diseñado.

En la figura 5.6 se muestra el diagrama de potencias del sistema de alimentación y corte de las láminas de acero y de sus componentes, los cuales se describen a continuación:

- **Actuador 1.0:** Cilindro de doble efecto encargado de sujetar el sistema de vacío, comandando así la extensión para tomar la lamina, la retracción para que el trolley realice el desplazamiento, el cual al llegar a su final manda una señal para que el vástago se extienda nuevamente y suelte la lámina en la entrada de la guillotina.
- **Actuadores 2.0 y 3.0:** Cilindros de doble efecto cuya función es empujar la lamina contra el tope interno de la maquina (que indica el ancho del corte), hasta lograr los cortes de tiras necesarios por lamina.
- **Conjunto de vacío 4.0:** Grupo de ventosas encargado de sujetar la lamina de acero, dicho grupo será gobernado por un generador de vacío electroneumático con vacuostato integrado, identificado como 4.1.
- **Electrovalvulas:** Se cuenta con tres (3) electroválvulas 5/3 vías, encargadas de la extensión y retracción de los vástagos de los cilindros.
- **Sensores:** Seis (6) sensores magnéticos colocados sobre los actuadores para detectar posición inicial y final de carrera.
- **Válvulas reguladoras de caudal:** Cuatro (4) válvulas reguladores que permitirán modificar la velocidad de extensión y retracción de los actuadores.
- **Unidad de mantenimiento.** Representa una combinación de filtro de aire comprimido, regulador de presión y lubricador de aire comprimido.

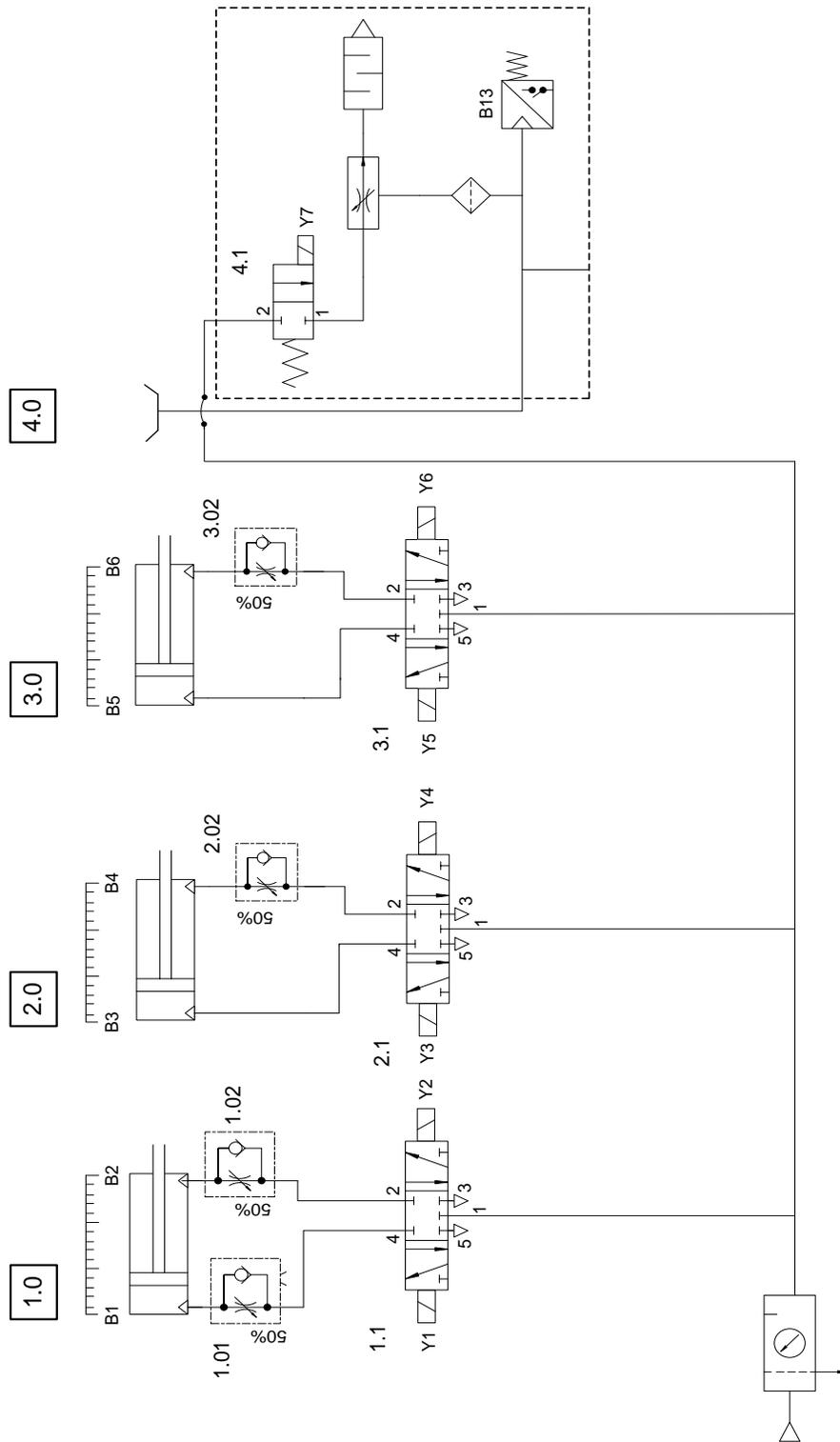
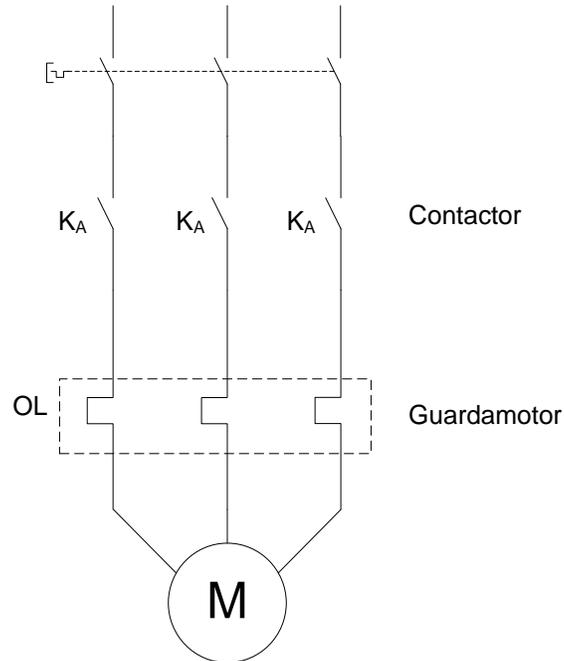


Figura 5.6 Diagrama de Potencia.

El sistema de igual manera cuenta con la presencia de un motor trifásico con sus respectivos contactores de protección, encargado de desplazar el sistema compuesto por: soporte de ventosas, conjunto de vacío, actuador 1.0 y la lámina.



**Figura 5.7** Diagrama de motores.

### 5.1.3 Descripción de las etapas del sistema automatizado

- i. El proceso inicia con la ubicación de las láminas por parte del montacargas sobre el mesón. La presencia de láminas será detectada por un sensor inductivo B8 (I11) colocado en el mesón (ver figura 5.8). Una vez posicionadas las láminas el operador procederá a oprimir el pulsador S1 (I01), dando inicio al sistema de alimentación y corte de láminas.

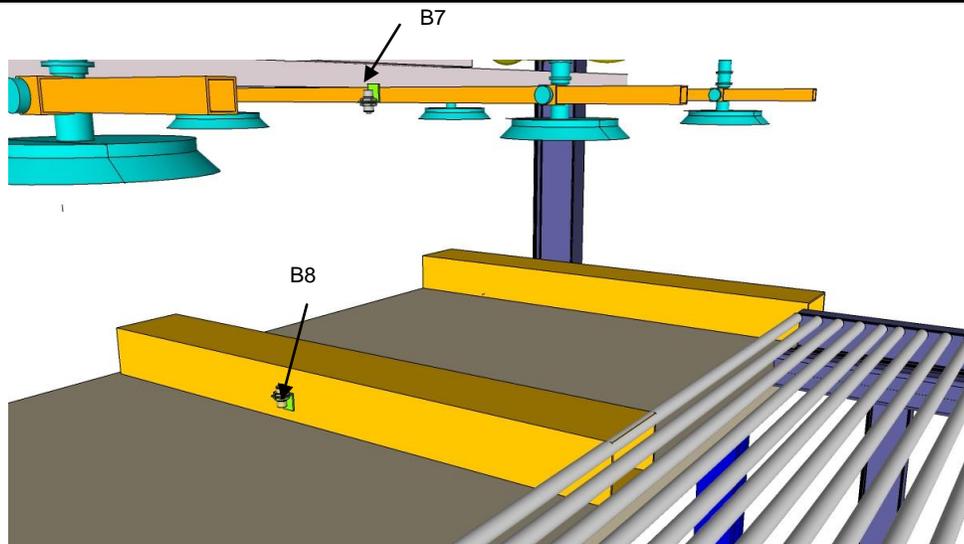


Figura 5.8

- ii. El sensor B8 (I11) junto con la condición de vástago retraído del actuador 1.0 sensada por B1 (I04); energizaran la bobina Y1 (Q01) para que la electroválvula 1.1 conmute y logre que el cilindro 1.0 se extienda.
- iii. La estructura de soporte del sistema de vacío cuenta con un sensor B7 (I10) (ver figura 5.8), encargado de detectar el momento en que el conjunto de ventosas 4.0, desplazado verticalmente por el actuador 1.0, tenga contacto con la lamina (ver figura 5.9). Dicha señal energiza la bobina Y7 (Q7) haciendo que la electroválvula 4.1 conmute y accione el generador de vacío.

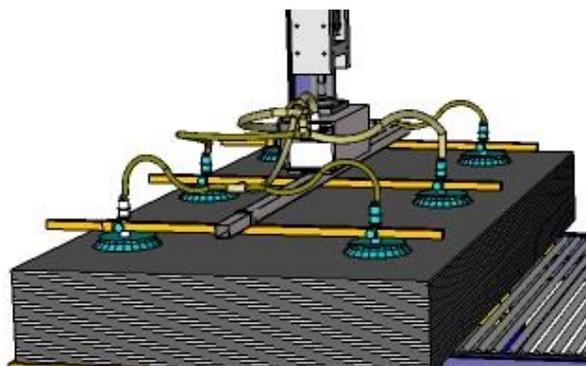
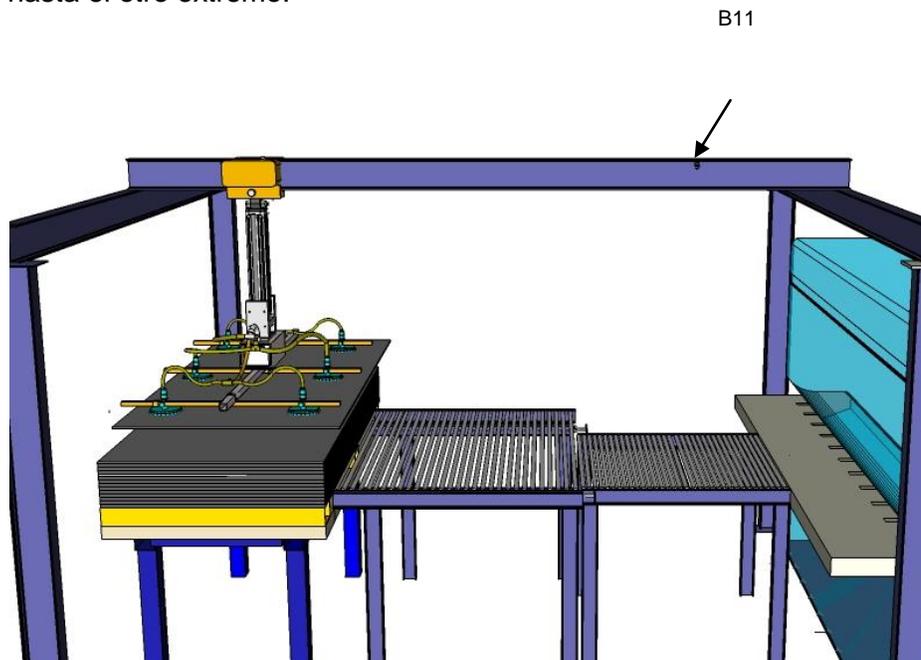


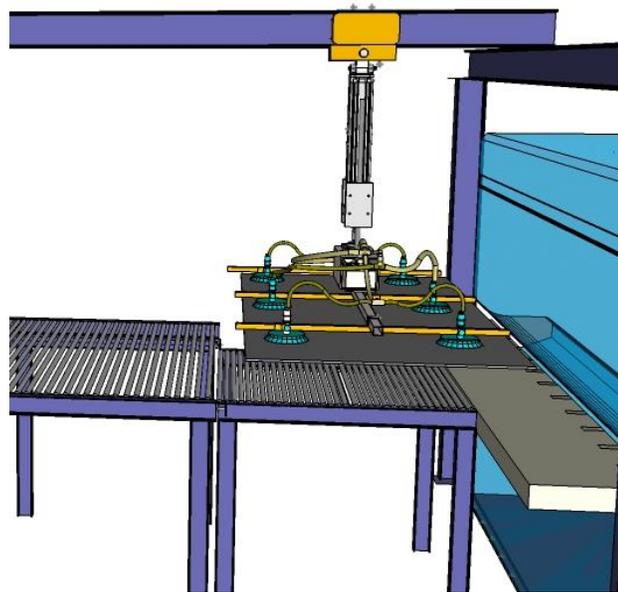
Figura 5.9 Momento en que el sistema está en contacto con las laminas

- iv. El vacuostato B13 (I16) integrado en el generador, indica el agarre total de la lamina, energizando el selenoide Y2 (Q02) para que la electroválvula 1.1 conmute y logre la retracción del vástago del actuador 1.0 (ver figura 5.10).
- v. La retracción del cilindro 1.0 es sensada por B1 (I04) que junto B7 (I10), mandan la señal al controlador (Q08), quien hace conmutar su contacto asociado para que arranque el motor del trolley y este desplace el sistema hasta el otro extremo.



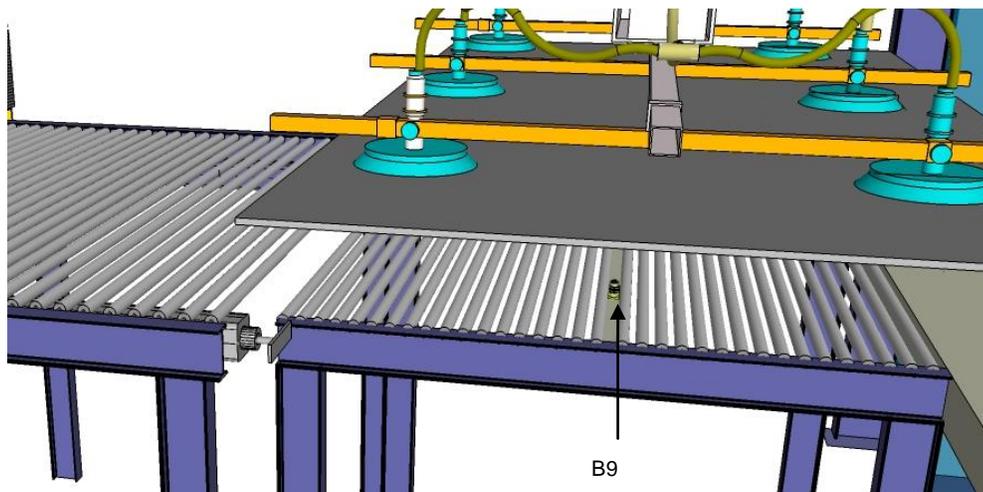
**Figura 5.10** Vástago retraído con lamina y detalle del sensor B11 (que marca el final del desplazamiento de la estructura).

- vi. El final del recorrido del trolley es marcado por el sensor inductivo B11 (I14) (ver figura 5.10), que al ser accionado, corta la señal de avance del motor.
- vii. El sensor B11 (I14) junto con la posición de vástago retraído de los actuadores 2.0 y 3.0 sensada por B3 (I06) y B5 (I08) respectivamente, mandan la señal al selenoide Y1 (Q01) para que la electroválvula 1.1 conmute y el actuador 1.0 extienda su vástago nuevamente, pero ésta vez para que el conjunto de ventosas 4.0 suelte la lámina (ver figura 5.11).



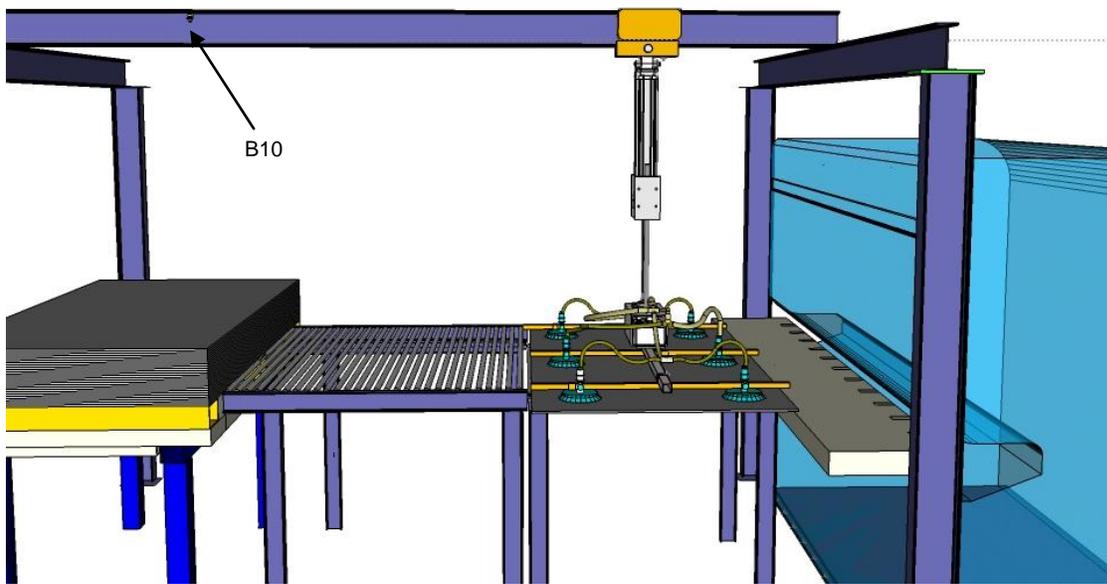
**Figura 5.11** Detalle del trolley llegando al final del recorrido con vástago retraído.

- viii. La extensión completa del vástago del cilindro 1.0 es sensada por B2 (I05), mandando una señal para que la electroválvula 4.1 que comanda el generador de vacío, conmute y deje de generar dicho vacío, logrando así soltar la lámina.
- ix. El vacuostato B13 (I16) manda la señal a la bobina Y2 (Q02) para que el vástago del cilindro 1.0 se retraiga.



**Figura 5.12** Detalle de las ventosas sosteniendo la lamina, y mesa de rodillos con sensor B9.

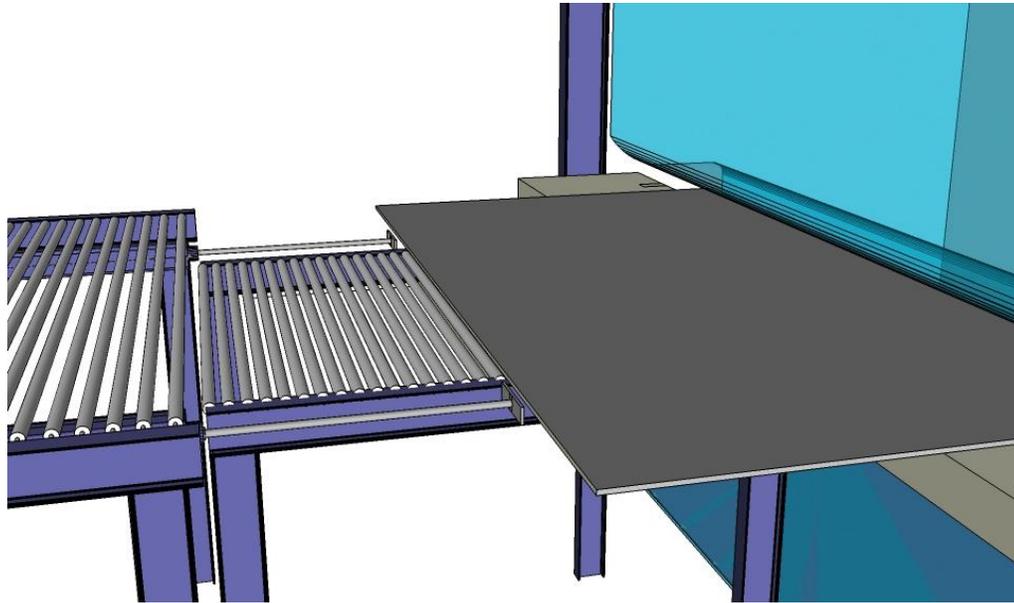
- x. La retracción del actuador 1.0 sensada por B1 (I04), mas la presencia de la lamina sobre la mesa de rodillos sensada por B9 (I12) (ver figura 5.12), y la posición retraída de los actuadores 2.0 y 3.0 sensada por B3 (I06) y B5 (I08) respectivamente; energizan los selenoides Y3 (Q03) y Y5 (Q05) haciendo conmutar las electroválvula 2.1 y 3.1 logrando que los cilindros anteriormente nombrados, comiencen la extensión de sus vástago. En el mismo momento la retracción completa del actuador 1.0 sensada por B1 (I04) (ver figura 5.13), junto con la señal de B9 (I12), mandan la señal al controlador (Q10), permitiendo el retorno del trolley a su posición inicial.



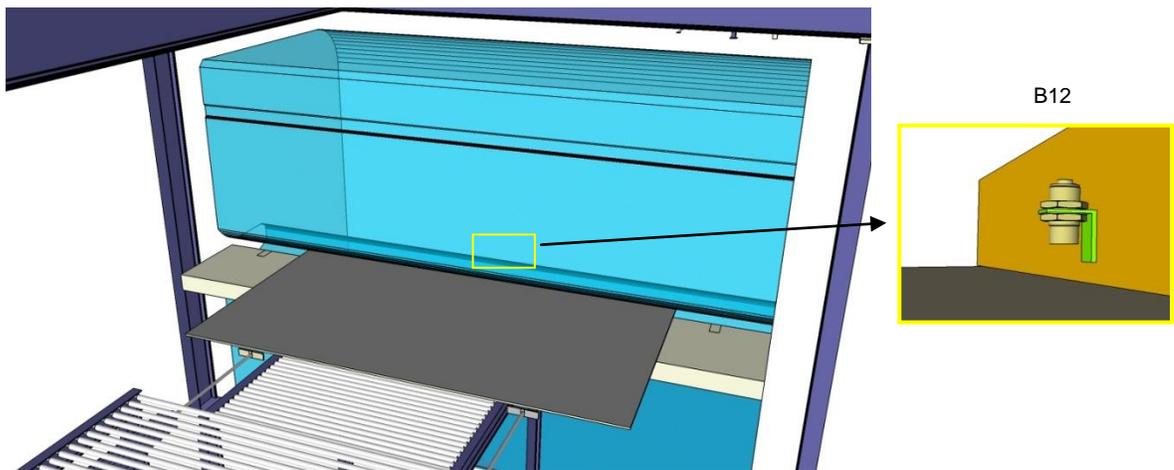
**Figura 5.13** Lamina sobre el mesón con vástago del cilindro 1.0 extendido, con detalle del sensor B10.

- xi. La función de los actuadores (2.0 y 3.0), es ir empujando la lámina contra el tope interno de la máquina (ver figura 5.14), disponiéndola para que se realice el corte. El sensor B12 (I15) (ver figura 5.15) es el encargado de indicar que la lamina llegó al tope, al ocurrir esto, se manda una señal para que las electroválvulas 2.1 y 3.1 se coloquen en su posición central logrando la

detención de los cilindro 2.0 y 3.0, mandando la señal al controlador (Q10) para accionar el corte de la lámina.

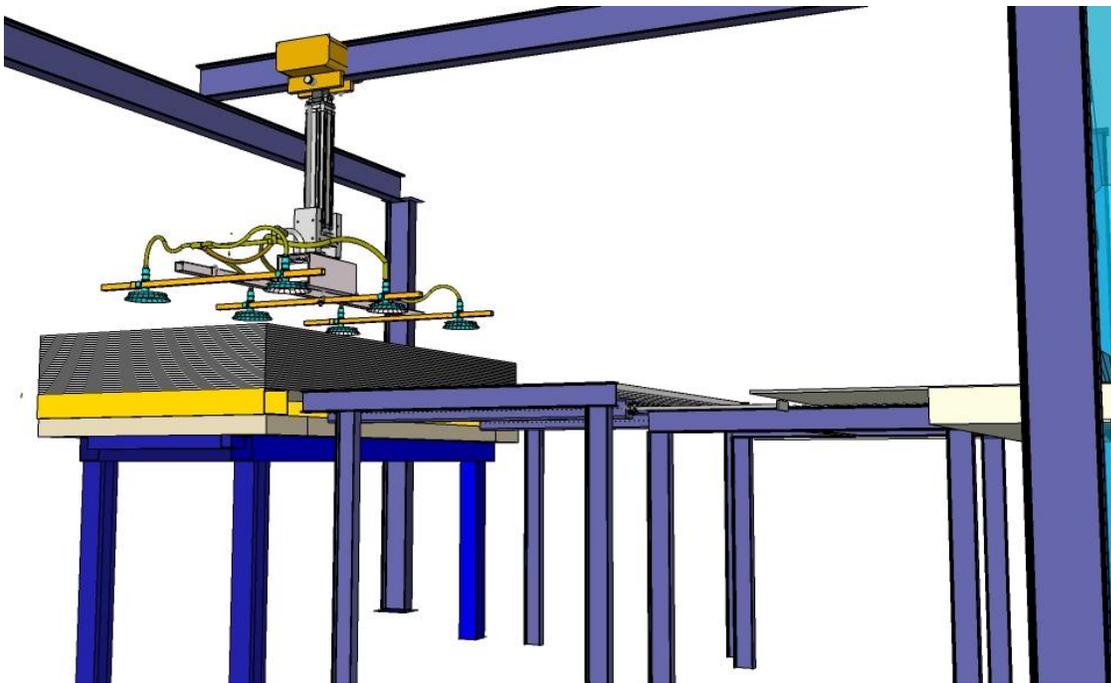


**Figura 5.14** Imagen de los cilindros extendidos y lámina en contacto con el tope.



**Figura 5.15** Detalle del sensor interno B12 que está en el tope, accionado por la presencia de la lámina.

- xii. Una vez terminado el corte, la tira cortada desliza por una rampa que forma parte de la maquina. Le señal del sensor B12 (I15) se pierde por ser inductivo, energizando las bobinas Y3 (Q03) y Y5 (Q05), haciendo conmutar las electroválvulas 2.1 y 3.1, para que actuadores 2.0 y 3.0 sigan extendiendo su vástago para empujar la lamina y realizar un nuevo corte.
- xiii. El ciclo continua hasta que los cilindros tengan sus vástagos completamente extendidos y sea detectado por los sensores de final de carrera B4 (I07) y B6 (I09) (ver figura 5.16), energizando los selenoides Y4 (Q04) y Y6 (Q06), permitiendo conmutar las electroválvulas 2.1 y 3.1 y con ello la retracción de los cilindros 2.0 y 3.0 respectivamente.



**Figura 5.16** Vástagos de 2.0 y 3.0 extendiéndose y el trolley dispuesto para buscar una nueva lámina.

- xiv. La retracción de los actuadores 2.0 y 3.0 es sensada por B3 (I06) y B5 (I08), dando la orden para que el actuador 1.0 extienda su vástago nuevamente, disponiendo una nueva lamina para el corte.

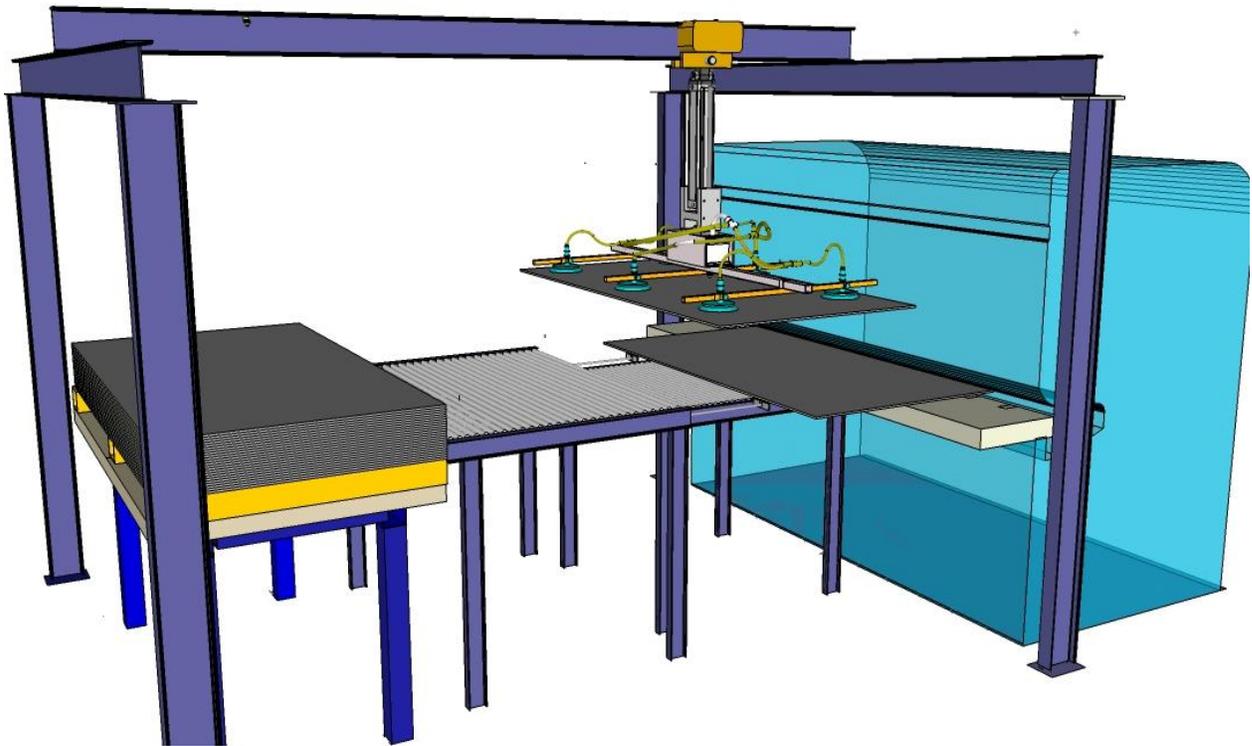


Figura 5.17 Trolley dispuesto a dejar la nueva lámina.

#### 5.1.4 Selección del sistema de control

Para el diseño del sistema de control se escogió trabajar con un autómata programable (PLC), el cual es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria en sistemas de control secuencial, aumentando la confiabilidad de los equipos.

### **5.1.5 Esquema de control**

En la figura 5.18 se muestra el esquema de conexión del PLC del sistema automatizado de la alimentación y corte de la máquina cortadora de láminas de acero; mostrando con detalle las entradas (I) y las salidas (Q).

### **5.1.6 Programación del PLC**

Éste lenguaje de programación permite representar gráficamente el circuito de control de un proceso dado mediante el uso simbólico de contactos N.A. y N.C., temporizadores, contadores, registrados de desplazamiento, relés, etc. El programa es realizado y almacenado en la memoria del PLC y éste lee el programa en escalera de forma secuencial (hace un scan o barrido), siguiendo el orden en que los renglones (escalones de la escalera) fueron escritos, comenzando por el reglón superior y terminando con el inferior. **Figura 5.19.**

### **5.1.7 Listado de señales de entradas y salidas del sistema.**

A continuación se muestra las listas de entradas (I), tabla 1; y salidas (Q), tabla 2; del sistema de control. Detallando por separado cada elemento, su función dentro del sistema, el símbolo con el que se identifican en el esquema de control y la dirección que tiene en la programación del PLC (diagrama en escalera).

**Tabla 5.1** Listas de las entradas del sistema de control

<b>Elemento</b>	<b>Función</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Dirección</b>
Pulsador	Arranque del sistema	S1	I01
Pulsador	Parada del sistema	S2	I02
Pulsador	Parada de emergencia	S3	I03
Sensor magnético	Detecta retracción del actuador 1.0	B1	I04
Sensor magnético	Detecta extensión del actuador 1.0	B2	I05
Sensor magnético	Detecta retracción del actuador 2.0	B3	I06
Sensor magnético	Detecta extensión del actuador 2.0	B4	I07
Sensor magnético	Detecta retracción del actuador 3.0	B5	I08
Sensor magnético	Detecta extensión del actuador 3.0	B6	I09
Sensor inductivo	Detecta presencia de lamina en sistema de vacío	B7	I10
Sensor inductivo	Detecta presencia de lamina sobre mesón de apilamiento	B8	I11
Sensor inductivo	Detecta presencia de lamina sobre mesa de rodillos	B9	I12
Sensor inductivo	Detecta posición de arranque del trolley	B10	I13
Sensor inductivo	Detecta posición de retorno del trolley	B11	I14
Sensor inductivo	Detecta lamina en contacto con el tope de la guillotina	B12	I15
Vacuostato	Detectar agarre de lamina	B13	I16

**Tabla 5.2** Listas de las salidas del sistema de control

<b>Elemento</b>	<b>Función</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Dirección</b>
Electroválvula	Extensión del cilindro 1.0	Y1	Q01
Electroválvula	Retracción del cilindro 1.0	Y2	Q02
Electroválvula	Extensión del cilindro 2.0	Y3	Q03
Electroválvula	Retracción del cilindro 2.0	Y4	Q04
Electroválvula	Extensión del cilindro 3.0	Y5	Q05
Electroválvula	Retracción del cilindro 3.0	Y6	Q06
Electroválvula	Arranque del generador de vacío	Y7	Q07
Contactador	Avance del Trolley	K1	Q08
Contactador	Retorno del Trolley	K2	Q09
Contactador	Corte de la máquina	K3	Q10

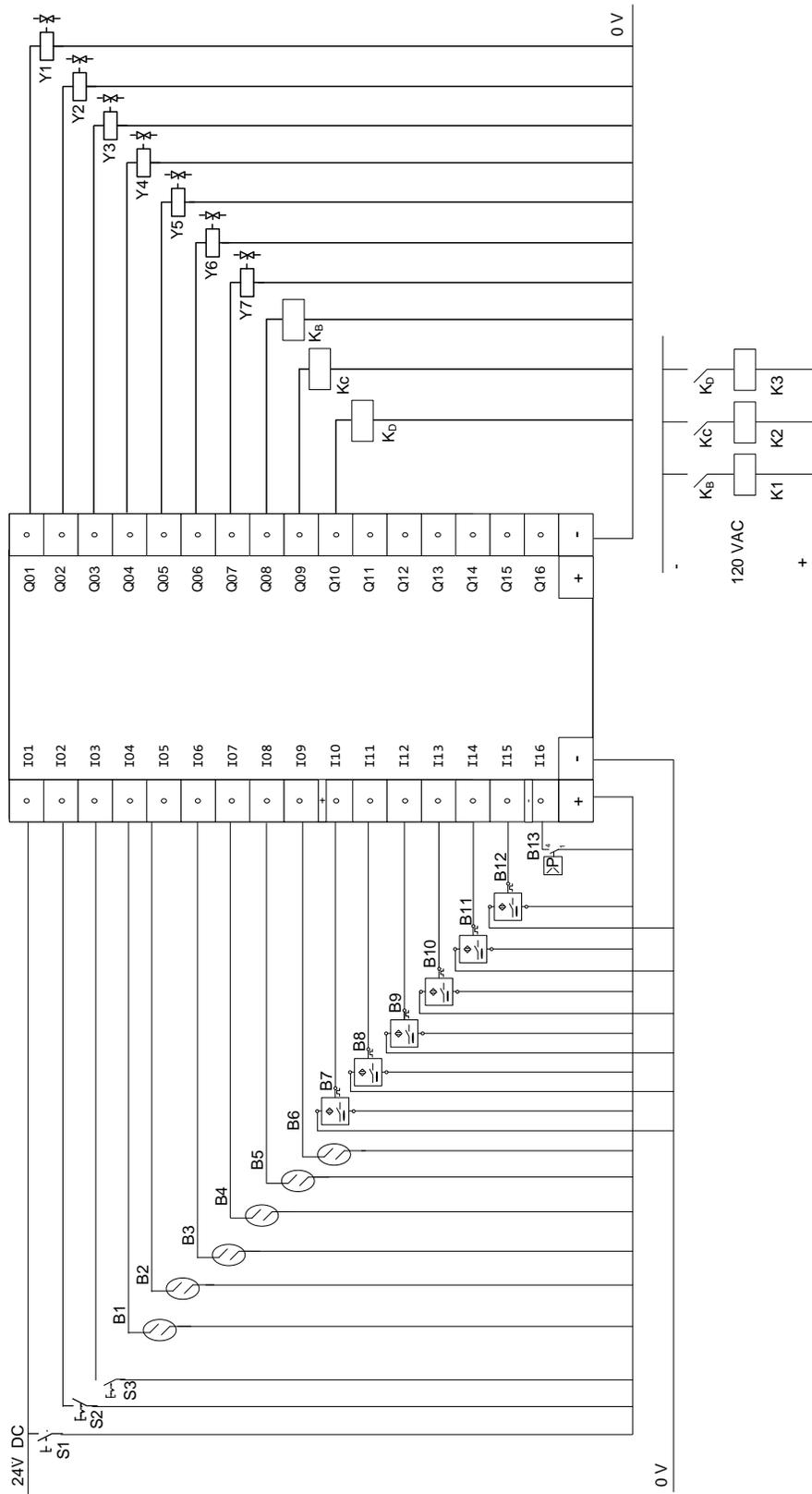
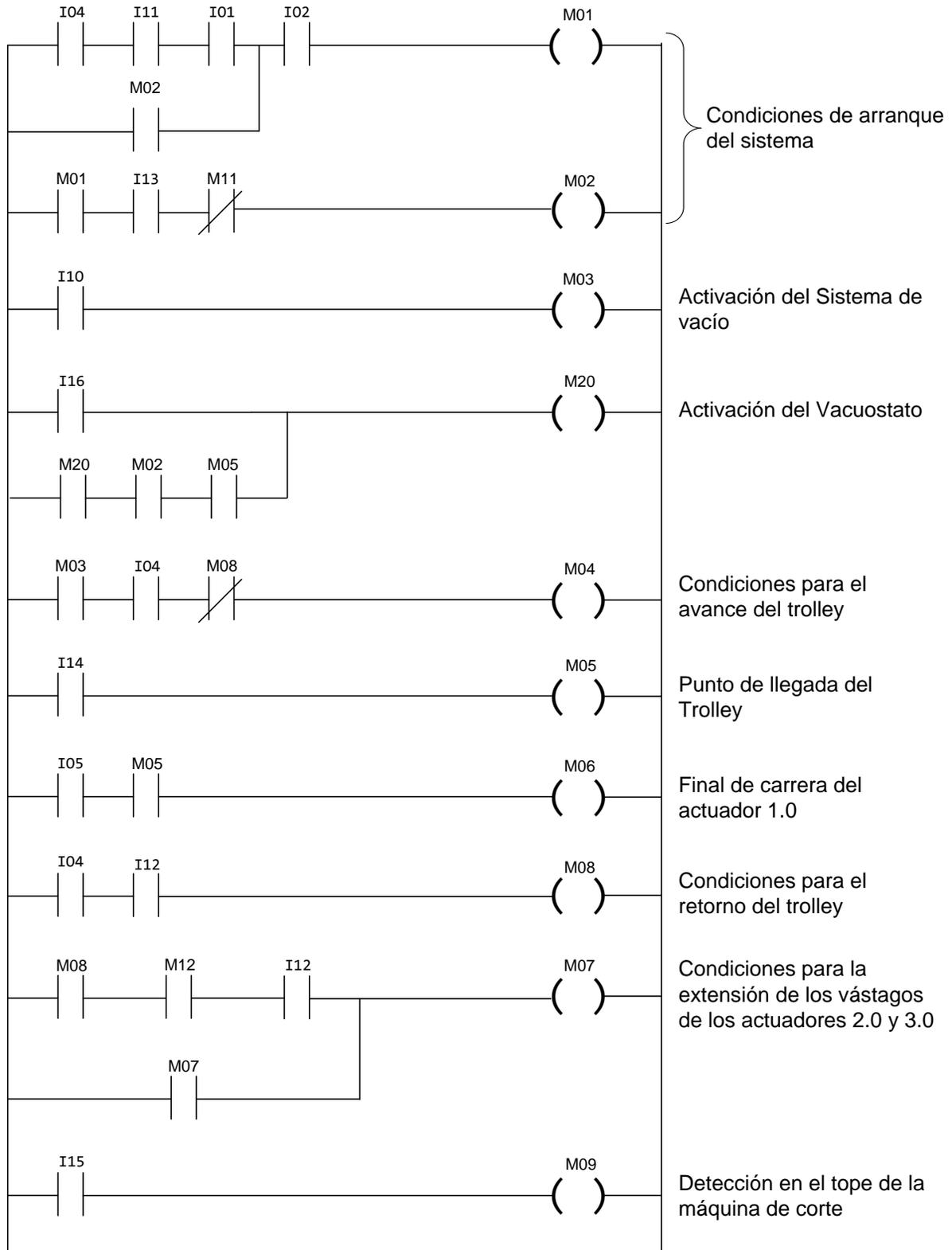
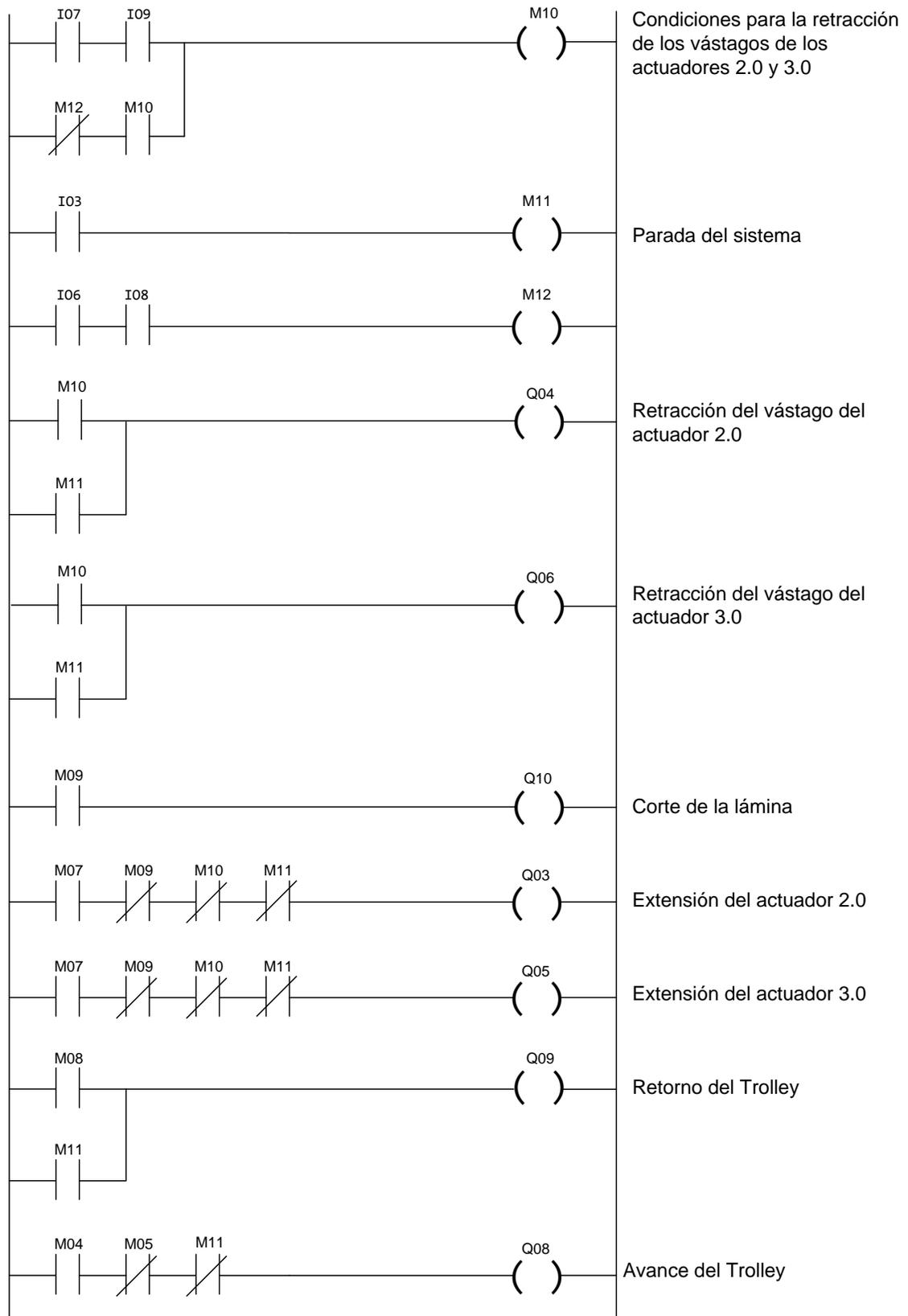
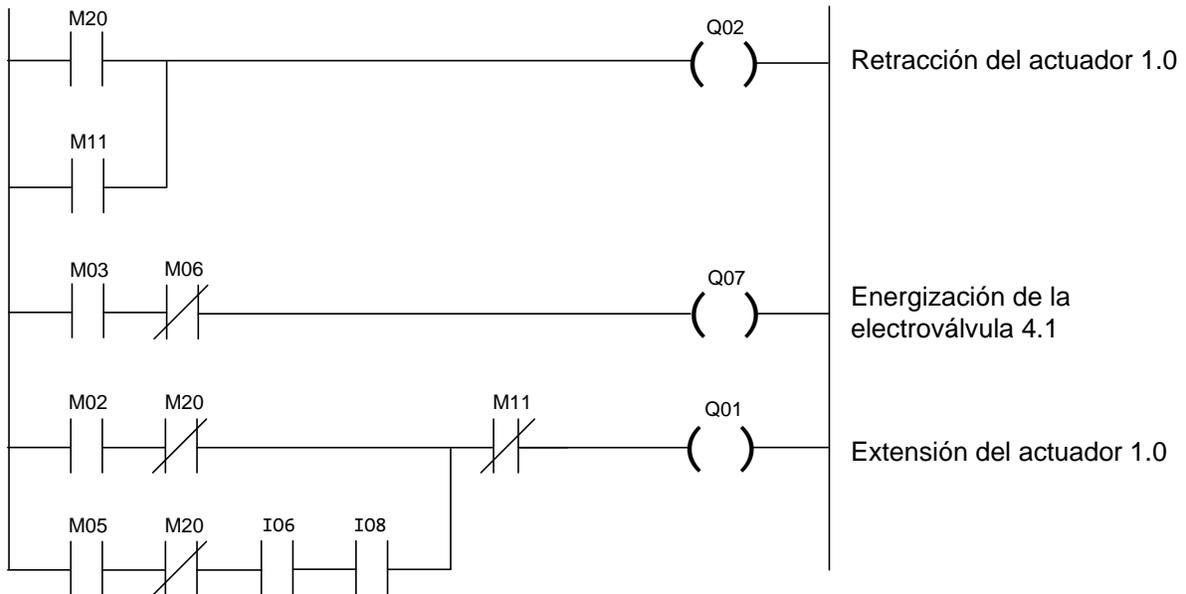


Figura 5.18 Diagrama de conexión del PLC.







**Figura 5.19** Diagrama de escaleras.

## 5.2 Ingeniería de detalles

Los componentes o equipos del sistema automatizado fueron seleccionados en el mercado nacional, por medio de proveedores locales; sus respectivas hojas de especificaciones técnicas se encuentran en el anexo 3. Cada elemento fue seleccionado de acuerdo a su aplicación, condiciones de trabajo, tomando en cuenta los parámetros de diseño de forma que se ajusten a los requerimientos; tal y como se describió en la sección anterior. De manera de resumen y para mejor entendimiento en la **tabla 5.6** se presenta un listado de los equipos y materiales que se necesitan para la implementación del diseño. Además, se puede observar la ubicación de estos elementos en los planos adjuntos que se encuentran el anexo 5.

## 5.2.1 Selección de los componentes del Sistema Automatizado

### Conjunto de generación de vacío

Para poder dimensionar correctamente un manipulador de ventosas, primero es necesario conocer y evaluar las características de la carga que debe ser sujeta:

- Tipo de carga
- Dimensiones y forma
- Masa
- Rugosidad e irregularidades de la superficie de agarre
- Permeabilidad

En este caso, se realiza la selección con la lámina más pesada, siendo ésta la condición crítica y de esta manera se asegura la elevación de todas las láminas. En la **tabla 5.3**, se muestran las características de la lámina:

**Tabla 5.3 Características de la lámina de acero más pesada.**

Características	Magnitud
Largo (mm)	1860
Ancho (mm)	1175
Espesor (mm)	7,50
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	7,80
Peso (Kg)	126,647

El proceso de selección del conjunto de aspiración se realizó mediante una serie de pasos que son explicados a continuación:

## Cálculo de Fuerzas de Elevación

Se calcula determinando su dirección y la posición de las ventosas respecto a la carga, sin olvidarse de las fuerzas de aceleración o desaceleración que actúan sobre la carga en movimiento y el rozamiento entre las ventosas y la superficie de agarre.

Para traslado de la lámina se realiza movimientos tanto vertical como horizontal, por esta razón se calcula las fuerzas para ambos casos.

- **Fuerza vertical**

Las ventosas se apoyan horizontalmente sobre la carga que se desea elevar. En este caso, la fuerza que se necesita para que las ventosas muevan nuestra lámina de acero se calcula con la siguiente fórmula:

$$F = m \times (g + a) \times \eta \quad (5.1)$$

En donde:

**F** = Fuerza de las ventosas (N)

**m** = Masa (Kg)

**g** = Fuerza de gravedad terrestre (9,81 m/s<sup>2</sup>)

**a** = Aceleración o desaceleración (5 m/s<sup>2</sup> en este caso)

**η** = Coeficiente de seguridad

Sustituyendo, se obtiene que:

$$F = 126,647 \times (9,81 + 5) \times 1,5$$

$$F = 2.813,46 \text{ N}$$

- **Fuerza horizontal**

Las ventosas se apoyan horizontalmente sobre la carga que se desea mover lateralmente. En este caso, la fuerza que se necesita para que las ventosas muevan lateralmente nuestra lámina de acero se calcula con la siguiente ecuación:

$$F = m \times \left( g + \frac{a}{\mu} \right) \times \eta \quad (5.2)$$

Donde:

**F** = Fuerza de las ventosas (N)

**m** = Masa (Kg)

**g** = Fuerza de gravedad terrestre (9,81 m/s<sup>2</sup>)

**a** = Aceleración o desaceleración (5 m/s<sup>2</sup> para este caso)

**μ** = Coeficiente de rozamiento

= 0,1 para superficies aceitosas

= 0,2 ÷ 0,3 para superficies húmedas

= 0,5 para madera, cristal, metal y mármol

= 0,6 para superficies rugosas

**η** = Coeficiente de seguridad

**Nota:** Estos coeficientes de rozamiento son valores relativos a los materiales de las cargas objeto de manipulación obtenidos del “*Catálogo de Vuototécnica*”.

Introduciendo en la ecuación los valores indicados:

$$F = 126,647 \times \left( 9,81 + \frac{5}{0,5} \right) \times 1,5 = 3.763,32 \text{ N}$$

Comparando ambas fuerzas, se obtiene un valor mayor para el caso de la fuerza horizontal, por ende este es el valor que se utilizó para la selección del sistema.

## **Selección de forma de ventosa**

El tipo de ventosa más apropiada para el trabajo a realizar es la **ventosa estándar**, debido que son las ventosas más empleadas en todos los sectores industriales para la manipulación de objetos de plástico, cajas de cartón, tableros de madera, placas no demasiado gruesas de cristal o metal, etc.

- **Selección del material de ventosas**

La selección del material de la ventosa es realizada por las propiedades, características y condiciones de operación, la que más se ajusta a éstas es la ventosa de **goma benz con soporte vulcanizado**, debido que ésta se encuentra hecha de una mezcla de goma capaz de soportar esfuerzos elevados como tirones, aplastamiento, golpes, etc. Son aptas para el agarre de placas metálicas. Esta ventosa posee su labio rectificad que permite el agarre rápido de la carga que se desea elevar, incluso con una presión de apoyo mínima se consigue una perfecta retención de vacío.

- **Selección de ventosas**

Una vez seleccionado el tipo de ventosa a utilizar y calculada la fuerza se procede seleccionar el diámetro del sistema de vacío conformado por seis ventosas ( $n = 6$ ). La fuerza es repartida equitativamente para cada ventosa, es decir:

---

$$F_{ventosa} = \frac{F}{n} = \frac{3.763,32 \text{ N}}{6} = 627,22 \text{ N}$$

Tomando en cuenta estos parámetros la ventosa más adecuada es: **Ventosa con Soporte Vulcanizado de 200 mm diámetro** (ver anexo 3). Capaz de alzar una fuerza 78,5 Kg cada ventosa, generando una fuerza total de 4.621 N valor mayor al necesitado por sistema a diseñar.

- **Selección del generador de vacío**

El cálculo del caudal de la bomba o del generador de vacío es bastante complejo, pues deben calcularse todos los volúmenes negativos (el aire que debe ser vaciado contenido en las ventosas, en los colectores, tubos, hasta en el generador de vacío o la válvula de corte), estudiar minuciosamente la carga objeto de manipulación (permeabilidad, rugosidad, irregularidades de la superficie de agarre, etc.), evaluar los tiempos de agarre requeridos y el grado de vacío que se pretende. Para agilizar el cálculo la compañía de **Vutotécnica** ha creado un baremo en el que se indican las ventosas en función de su diámetro y que, de forma segura y bastante exacta, permite dimensionar la bomba o el generador de vacío en función de su número. Se han contemplado dos categorías de materiales como parámetros: una impermeable (chapa y cristal) y otra ligeramente porosa y permeable (madera y cartón). La selección del caudal de las ventosas dependerá de la clase de material objeto de manipulación, asimilándolo a uno u otro parámetro.

Los valores indicados en la tabla son válidos cuando:

- El grado de vacío disponible no es inferior a -75 Kpa.

- El número de ciclos por minuto es inferior a 10.
- La superficie de agarre no es particularmente rugosa.
- La permeabilidad es similar a la de los materiales tomados como ejemplo.

**Tabla 5.4** Ventosas y características

<b>Diámetro de las ventosas (mm)</b>	<b>Material que debe ser sujetado</b>	
	<b>Chapa y Cristal (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Madera y Cartón (m<sup>3</sup>/h)</b>
<b>4 ÷ 10</b>	0,15	0,30
<b>11 ÷ 20</b>	0,30	0,60
<b>21 ÷ 35</b>	0,50	1,00
<b>36 ÷ 50</b>	1,00	2,00
<b>51 ÷ 85</b>	1,50	3,00
<b>86 ÷ 110</b>	2,00	4,00
<b>111 ÷ 200</b>	2,50	5,00
<b>201 ÷ 300</b>	3,00	6,00
<b>301 ÷ 360</b>	4,00	8,00

*Fuente: “Catálogo de Vuototécnica”.*

En la tabla 5.4 vemos que para las ventosas de diámetro 200 mm, para materiales impermeables como el mármol, son necesarios 2,5 m<sup>3</sup>/h; por lo que para 6 ventosas, el caudal que se necesita para la bomba de vacío será:

$$Q = 2,5 * 6 = 15 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Nota:** Los valores de la tabla se refieren a bombas de vacío con álabes giratorios; cuando se utilizan generadores de vacío basados en el principio de Venturi, debido a su menor rendimiento de aspiración, los caudales de la tabla deben ser multiplicados por tres. Por lo tanto el caudal que debe suministrar es de 45 m<sup>3</sup>/h.

---

El generador de vacío seleccionado es **Generadores de Vacío Multietapa PVP-70 M**, cuyas especificaciones técnicas se encuentran en el anexo 3.

## Actuadores

Para seleccionar los actuadores del sistema diseñado, se utilizó el diagrama Presión - Fuerza que se muestran en el anexo 3, suministrado por el fabricante Festo. Dicho diagrama es la representación gráfica de la siguiente fórmula:

$$F = p * 10 * \frac{d^2 * \pi * 10}{4} - R \quad (5.3)$$

Donde:

$F$ : Fuerza efectiva del vástago (N)

$p$ : Presión de trabajo (bar)

$d$ : Diámetro del émbolo (cm)

$R$ : Fuerza de roce (N)

La utilización del diagrama arroja valores orientativos, debido a que la fuerza de roce depende de muchos factores como lubricación, presión de trabajo, contrapresión, entre otros. Para efectos de realización del diagrama se considera una fuerza de roce empírica, que representa un 10% de la fuerza efectiva.

El procedimiento para la selección fue el siguiente:

1. Se determina la fuerza de trabajo a la que va a estar sometido el actuador.

2. *Con el valor de la fuerza y la presión disponible mínimo que debe tener el émbolo del actuador.*
3. *Con el diámetro obtenido, se selecciona el diámetro comercial inmediatamente superior.*
4. *Por último, para verificar, se va a al gráfica nuevamente se busca la fuerza máxima que soportará el actuador.*

*A continuación se muestra la selección justificada de cada uno de los actuadores del sistema.*

### **Cilindro neumático (1.0) de elevación de la estructura del sistema de vacío**

Este actuador debe mover una masa de 210 Kg. (2.060,1 N), que corresponde a la masa de la estructura conjuntamente la lámina más pesada. Además se conoce que el actuador debe realizar una carrea máxima de 570mm (distancia que hay desde el trolley hasta la mesa donde se apilan las láminas de acero). En base a esto se selecciona el cilindro neumático siguiendo el procedimiento antes indicado, resultando el siguiente:

Cilindro de doble efecto, marca Festo.

Modelo: DNC-100-570-PPV-A

Diámetro del émbolo: 100 mm

Diámetro del vástago: 25 mm

Carrera: 500 mm

Conexión neumática: G<sup>1</sup>/<sub>2</sub>

Peso: 11,208 Kg.

**Accesorios:**

Brida Vasculante, modelo SNCB-100

Guía para carreras fijas, modelo FENG-100-500-KF

**Cilindros neumáticos (2.0 y 3.0) empujadores de láminas a la entrada de la cizalla**

Este actuador debe mover una masa de 127 Kg. (1.245,87 N), que corresponde a la masa de la lámina más pesada. Además, se conoce que el actuador debe realizar una carrea máxima de 1230 mm. En base a esto se selecciona el cilindro neumático siguiendo el procedimiento antes indicado, resultando el siguiente:

Cilindro de doble efecto, marca Festo.

Modelo: DNC-63-1230-PPV-A

Diámetro del émbolo: 63 mm

Diámetro del vástago: 20 mm

Carrera: 1230 mm

Conexión neumática: G<sup>3</sup>/<sub>8</sub>

Peso: 10,680 Kg.

**Accesorios:**

*Pies de fijación, modelo HNC-63*

## Sensores

- **Sensores de proximidad magnéticos:** estos sensores serán los encargados de detectar las posiciones de los vástagos de los actuadores del sistema. Dicho sistema requiere una cantidad de seis (6) sensores, que corresponden a los sensores B1, B2, B3, B4, B5 y B6, los cuales irán instalados directamente en una ranura que poseen los actuadores, a ras con el perfil de estos. Las características del sensor se muestran a continuación:

Sensores de proximidad para ranura en T, reed magnéticos, marca festo.

Modelo: *SME-8-K-LED-230*.

Tensión de funcionamiento: 12-30 V.

Salida digital.

Con led indicador.

Contacto normalmente abierto.

- **Sensores inductivos:** el sistema cuenta con seis (6) sensores de proximidad inductivos, identificados como B7, B8, B9, B10, B11 y B12. El sensor B7 está ubicado en la estructura de soporte del sistema de vacío y será el encargado de detectar que las ventosas se posicionen sobre la lámina. El sensor B8 es el responsable de detectar la presencia de láminas sobre el mesón de apilamiento. Así mismo, el sensor B9 detecta la presencia de láminas en la mesa de rodillos. El inicio y el fin de carrera del trolley son sensadas por B10 y B11 respectivamente. La lámina de al llegar al tope dentro de la guillotina es detectada por el sensor B12. Con esta información se selecciona el sensor con las siguientes características:

---

Sensores de proximidad inductivos, marca festo.

Modelo: *SIEN-M18BPS-K-L*.

Insensible a campos magnéticos.

Tensión de funcionamiento: 10-30V

Distancia nominal de detección: 4mm.

Con led indicador.

Salida eléctrica PNP.

### **Tubos flexibles**

Se seleccionó un tubo flexible de 12 mm de diámetro externo, apropiado para trabajar con los elementos que intervienen en el sistema

Tubo flexible de 12 mm, marca festo.

Modelo: *PUN-H-12X2 SW*.

Color: azul.

### **Electroválvulas**

Para llevar a cabo la selección de las electroválvulas del sistema diseñado, es necesario determinar el consumo de aire y la velocidad de operación de cada actuador. El consumo de aire se determina mediante el diagrama de Consumo de Aire suministrado por Festo, en donde se representa en litros por centímetros (cm) de carrera, por lo que es necesario multiplicar este valor por la carrera del actuador en centímetros (cm).

El otro factor que hay que tomar en cuenta en la selección de las válvulas, es la velocidad de los actuadores, la cual se establece en un valor promedio 0,1 m/seg. Luego con el consumo de aire y la velocidad, se

determina el caudal con el que se selecciona la válvula adecuada, además de parámetros como número de posiciones, número de vías, tipo de accionamiento, etc.

- **Electroválvula 1.1:** siendo la responsable de alimentar el actuador 1.0 dicho actuador posee 100 mm de diámetro del émbolo, 500 mm de carrera y la presión de funcionamiento es de 6,07 bar. Con estos valores obtenemos que el consumo de aire del actuador es de:

$$Q = 0,5 \text{ l/cm}$$

$$V = 0,5 \text{ l/cm} * 50\text{cm} = 25 \text{ litros}$$

Con el valor de la velocidad y la carrera se determina que el tiempo en que se tarda el actuador completar la carrera es de 5 seg.

$$t = \frac{50 \text{ cm}}{10 \text{ cm/s}} = 5\text{seg}$$

Posteriormente, con estos datos se calcula el caudal necesario que debe suministrarse el actuador:

$$Q = \frac{25 \text{ l}}{5 \text{ seg}} = 5 \text{ l/s} = 300 \text{ l/min}$$

En base a este valor, se selecciona una electroválvula que proporcione un caudal mayor al indicado, resultando la siguiente:

Electroválvula 5/3 vías con centro cerrado, marca Festo.

Modelo: *MFH-5/3G-D-1C*

Tensión de alimentación: 24 VC.

---

Caudal nominal: 1000 l/min

Conexiones neumáticas G 1/8

Accesorios: Racores

Conector tipo zócalo *MSSD-F, KMF*.

- **Electroválvulas 2.1 y 3.1:** son las encargadas de alimentar los actuadores 2.0 y 3.0 respectivamente, los cuales poseen una carrera de 1230 mm y un diámetro de 63 mm del émbolo. Aplicando el procedimiento descrito anteriormente:

$$Q = 0,25 \text{ l/cm}$$

$$V = 0,25 \text{ l/cm} * 123\text{cm} = 30,75\text{litros}$$

$$t = \frac{123 \text{ cm}}{10 \text{ cm/s}} = 12,3 \text{ seg}$$

$$Q = \frac{30,75 \text{ l}}{12,3 \text{ seg}} = 2,5 \text{ l/s} = 150 \text{ l/min}$$

Electroválvula 5/3 vías con centro cerrado, marca Festo.

Modelo: *MFH-5/3G-D-1C*

Tensión de alimentación: 24 VC.

Caudal nominal: 1000 l/min

Conexiones neumáticas G 1/8

Accesorios: Racores

Conector tipo zócalo *MSSD-F, KMF*.

### **Válvulas reguladoras de caudal**

Para regular las velocidades de los vástagos de los actuadores, se utilizarán válvulas reguladoras con estrangulación del aire al escape. Con estas válvulas, se garantiza que las velocidades de los actuadores 1.0, 2.0 y 3.0, sean las óptimas para que el sistema de alimentación de láminas de la máquina trabaje adecuadamente. Según los caudales requeridos por cada actuador, se seleccionaron las siguientes válvulas:

Válvulas reguladoras de caudal, con estrangulación del aire de escape.

Marca: Festo.

Modelo: *GRLA-1/2-QS-12-D*.

Caudal nominal: 1580 l/min.

Conexiones neumáticas

Conexión 1: G 3/8

Conexión 2:  $\emptyset$  20,5mm

### **Controlador Lógico Programable (PLC)**

Para el diseño del sistema de control, se escogió trabajar con lógica programable (PLC). La selección del PLC se realizará tomando en consideración la cantidad y tipo de señales de entradas y salidas. Para este diseño, se seleccionan dispositivos que funcionan con un potencial eléctrico de 24 VDC. Con estos valores, en el catálogo Allen Bradley se selecciona:

---

**MICROLOGIX 1200****1762-L40BXB*****Especificaciones técnicas*** (ver anexo 3)

- 20 entradas
- 8 salidas tipo relé

Debido a que el PLC seleccionado no posee la cantidad de salidas necesarias, se selecciona del catalogo Allen Bradley el modulo de expansión:

**1762-OB16*****Especificaciones técnicas*** (ver anexo 3)

- 16 salidas tipo relé

Es de importancia resaltar que la selección del PLC se basó en que la empresa DANA utiliza la marca Allen Bradley.

## **5.2.2 Selección de los componentes Mecánicos**

### **Mesones del sistema**

En el diseño hay tres (3) mesas:

1. Mesa donde están colocadas un lote de laminas apiladas.
2. Es una **mesa de rodillos** de dimensiones de 1230mm x 1700mm, la altura debe ser mayor a 1535mm puesto que altura irían posicionados los cilindros empujadores

3. Es una **mesa de rodillos** de 1230mm x 1070mm, de 1160mm de altura.

El peso de la lámina más pesada es aproximadamente de 127Kg. Otra consideración, es que se requiere una separación entre cada rodillo para colocar unos sensores para detectar la presencia de lámina.

La idea de colocar las mesas de rodillos es para que los operadores puedan desplazar las laminas hasta la maquina.

Con estas condiciones se seleccionaron las mesas están presentes en el sistema diseñado. Las dimensiones y proporciones de las mesas se puede observar con más detalles en los planos que se encuentran en el anexo 5.

Especificaciones de las mesas a gravedad por rodillos:

## **Mesa 2**

Longitud:	1230 mm.
Ancho total:	1700 mm.
Ancho útil:	1624 mm.
Altura:	1200 mm.
Estructura:	Lámina de acero plegada 1 ½" x 3" x 1 ½" x 2.5 mm. de espesor, con perforaciones hexagonales 7/16".
Rodillos:	En tubo de acero 1 7/8" de diámetro externo, 2 mm. de espesor, eje hexagonal 7/16", montado en rodamientos importados con sistema de resorte. Separados 6" centro a centro.
Soportes:	En tubo de acero cuadrado 2", 2 mm. de espesor.
Acabado:	Estructura: Fondo anticorrosivo más color esmalte sintético Sintolite color azul mar. Rodillos: Acero natural.
Longitud:	1230 mm.
Ancho total:	1070 mm.

---

### **Mesa 3**

Ancho útil:	994 mm.
Altura:	1160 mm.
Estructura:	Lámina de acero plegada 1 ½" x 3" x 1 ½" x 2.5 mm. de espesor, con perforaciones hexagonales 7/16".
Rodillos:	En tubo de acero 1 7/8" de diámetro externo, 2 mm. de espesor, eje hexagonal 7/16", montado en rodamientos importados con sistema de resorte. Separados 6" centro a centro.
Soportes:	En tubo de acero cuadrado 2", 2 mm. de espesor.
Acabado:	Estructura: Fondo anticorrosivo más color esmalte sintético Sintolite color azul mar. Rodillos: Acero natural.

### **Selección del Trolley**

La selección del Trolley se basa en la carga que se desea desplazar, por lo tanto como el sistema posee un peso de 200 Kg. para la situación más crítica, el Trolley más pequeño encontrado en el mercado Nacional es capaz de levantar 1 Tonelada. Sus especificaciones son las siguientes:

Marca: Kito

Modelo: ER2M010ILIS

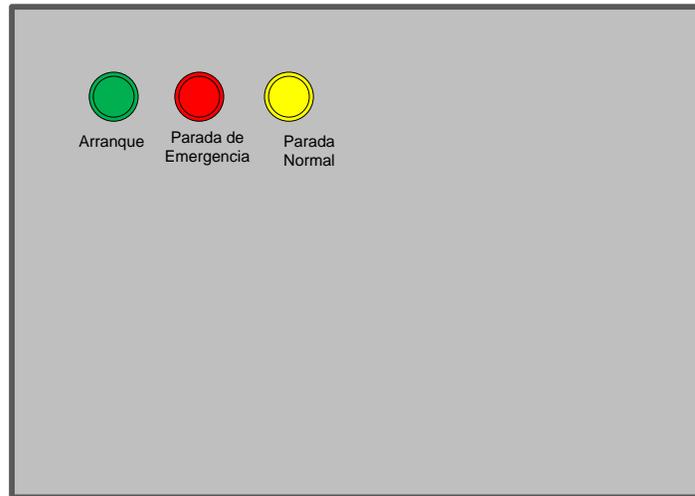
Capacidad: 1000 Kg

Velocidad de Traslación: 2,4 a 24 m/min

#### **5.2.3 Diseño del tablero y selección de cableado**

Por otro lado, el diseño del tablero, se hizo utilizando las distancias y esquemas de montaje recomendadas por los fabricantes de los equipos. La

distribución interna de los elementos que conforman el sistema de control se encuentra en el anexo 5.



**Figura 5.20** Tablero parte frontal.

El listado de cables se realizó utilizando los manuales de cada uno de los elementos, para determinar los calibres de cable a utilizar según la numeración AWG. Este listado, se puede observar en la tabla que se muestra a continuación:

**Tabla 5.5** Listado de cableado.

Descripción del Equipo	Tag de Cableado	Calibre AWG	Longitud (m)
SENSOR INDUCTIVO SIEN-M18BPS-K-L	C-1	20	150
SENSOR ELECTRICO SME-8-K-LED-230	C-2	20	80
BOBINA. MAG. MSFG-24DC/42AC	C-3	20	2
ELECTROVALVULA SOV 33 SOS NC	C-4	20	2
PLC, Marca Fatek. FBS-40MA	C-5	10	1

---

CONTACTORES GMC-9 AC 120 V	C-6	12	0.5
PULSADORES SERIE XB2	C-7	14	2
TROLLEY KITO 1 TON.	C-9	Cable plano	6

### 5.3 Análisis de costos

La evaluación económica en el diseño de un proyecto es la fase última pero no por ello la menos importante, al contrario, es ésta la etapa en la que se define la factibilidad o rentabilidad en la implementación, partiendo de los requerimientos planteados al inicio y en el desarrollo del proyecto. Dicha evaluación económica representa una base cuantitativa que podrían manejar los directivos de la empresa al momento de tomar la decisión de la ejecución de dicho proyecto.

Para definir si el proyecto o inversión, es viable o no, es necesario realizar una evaluación cuantitativa previa a la implementación, para ello se determina la relación costo-beneficio de la implementación del sistema y de acuerdo a los resultados se toma la decisión de invertir en dicho proyecto. Para evaluar la factibilidad económica es necesario, inicialmente, conocer la inversión inicial requerida para la puesta en marcha del proyecto, la cual representa el único movimiento económico, egreso, a realizarse en el año cero del mismo. Los costos asociados a la inversión inicial se muestran detalladamente a continuación:

**Tabla 5.6** Costos asociados a la inversión inicial.

Proveedor	Descripción	Precio unitario (Bsf.)	Costo total (Bsf.)
<b>FESTO</b>	Cilindro doble 163464 DNC-100-500-PPV-A PZ	2.835,95	2.835,95
	Unidad guía 34486 FENG-100-500	7.769,33	7.769,33
	Fij. Oscilante 174395 SNCB-100	383,70	383,70
	Cilindro doble 163398 DNC-63-1230-PPV-A	2.753,68	5.507,36
	Silen. C/ROSCA U -3/8 B	109,75	219,50
	Sensor inductivo SIEN-M18BPS-K-L	409,58	2.867,06
	Sensor electric SME-8-K-LED-230	222,19	1.333,14
	Regulador de caudal GRLA-3/8-B	101,19	404,76
	Regulador flujo GRLA-1/2-QS-12-D	221,54	443,08
	Racor rápido QS -3/8-12	26,98	107,92
	Conector por en QS -1/4-12	23,87	95,48
	Tapón ciego B -3/8	15,01	45,03
	Unidad de mantenimiento C/MAN FRC-3/8-DMIDI	1.048,33	1.048,33
	Conector por en QST-12	60,60	121,20
	Tubo flexible PUN-H-12X2 SW	29,44	1.030,40
	Electroválvula MFH-5/3G-D-1C	876,27	2.628,81
	Placa base NAVW-1/4-1-ISO	170,43	340,86
	Conjunto de placa F NEV-1 DA/DBISO	173,11	173,11
Bobina Magnética MSFG-24DC/42AC	101,68	406,72	
<b>NEUMATICA ROTONDA</b>	Sistema de vacío acoplado	21.000,00	21.000,00
<b>MAPACO</b>	Mesa a gravedad de rodillos (1400 mm longitud, 1700mm ancho)	6.330,00	6.330,00
	Mesa a gravedad de rodillos (1230 mm longitud, 1070mm ancho)	4.880,00	4.880,00
<b>SEQUIN</b>	Pulsadores, guardamotor, contactores del motor y magneto térmico	588,00	588,00

	PLC fatek	2.300,00	2.300,00
<b>IMOCON</b>	Trolley	16199,00	16199,00
<b>SUMIMSE</b>	Perfil IPN 180 x 12 m	4.100	8.200
	Tubo Estructural 25 x 25 x 6 m	125,00	125,00
	Tubo Estructural 40 x 40 x 6 m	158,00	158,00
	Pletina 75 x 6 x 6 m	128,62	128,62
<b>MULTISERVICIOS ESCALAND</b>	Caja generador de vacío y placa de apoyo para generador.	950,00	950,00
	Uniones de ventosas	220,00	1.320,00
	Pasadores roscados y moleteados en la perilla de sujeción.	180,00	1.440,00
	Uniones para vigas	150,00	300,00
		<b>Sub-total (Bsf.)</b>	80.470,36
		<b>IVA 12%</b>	9656,44
		<b>Total neto (Bsf.)</b>	<b>90.126,80</b>

La inversión total en maquinarias es de Bsf. 90.126,80; adicionalmente es importante tomar en cuenta los gastos asociados al entrenamiento de personal, imprevistos e instalación de maquinarias, estableciendo de tal forma que dichos costos representan el 2%, 2% y 10%, respectivamente, del costo total de equipos. Es así como la inversión inicial se ve incrementada por estas estimaciones hasta alcanzar un valor de **Bsf. 102.744,55**.

De acuerdo a los informes de producción de la planta se conoce que en la jornada laboral de un turno de trabajo se cortan 30 láminas de acero, realizando aproximadamente 5 cortes a cada lámina. Evaluando el número de cortes obtenidos anualmente se obtiene:

$$N^{\circ} \frac{\text{cortes}}{\text{año}} = \frac{30 \text{ laminas}}{\text{día}} * \frac{5 \text{ cortes}}{\text{lámina}} * \frac{5 \text{ días}}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} * \frac{8 \text{ meses}}{\text{año}}$$

$$N^{\circ} \frac{\text{cortes}}{\text{año}} = 24000$$

Con la implementación de la automatización del sistema de corte, se estima que los cortes diarios de láminas de acero aumenten desde un 30 a 40 láminas, por lo que el número de cortes anuales estimado es de:

$$N^{\circ} \frac{\text{cortes}}{\text{año}} = \frac{40 \text{ laminas}}{\text{día}} * \frac{5 \text{ cortes}}{\text{lámina}} * \frac{5 \text{ días}}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} * \frac{8 \text{ meses}}{\text{año}}$$

$$N^{\circ} \frac{\text{cortes}}{\text{año}} = 32000$$

Además, actualmente se dispone de 2 operadores en dicha maquina, que con la implementación del sistema automatizado no serán necesario para operar el mismo, por ende, este costo posteriormente representaría un ahorro:

$$\text{Costo op} = N^{\circ} \text{op} * \text{Sueldo mens} * \text{Meses trab} \quad (5.4)$$

Donde:

*Costo op*: costo asociado a los operadores (Bsf.)

*N°op*: número de operadores (Adimensional)

*Sueldo mens*: sueldo mensual del operador (Bsf./mes)

*Meses trab*: meses de trabajo del operador (meses)

Sabiendo que un operador devenga un sueldo mensual de 3000Bsf. se obtiene:

$$\text{Costo op} = \left( 2 * \frac{3000\text{Bsf.}}{\text{mes}} * 8 \text{ meses} \right) = 48000\text{Bsf.}$$

Es importante recalcar que la empresa DANAVEN adquieren inicialmente las bobinas de acero, las cuales en un proceso previo al corte, son dispuestas en láminas más pequeñas con un costo asociado de 300 Bsf. lo que teóricamente representa 60 Bsf. por corte tomando en cuenta que de cada lámina se obtienen aproximadamente 5 cortes. Durante el proceso de corte la lámina debe valorizarse para efectos cuantitativos de la empresa, ya que el proceso como tal requiere debitarle el costo destinado a los servicios industriales asociados al proceso, la mano de obra, el uso de los programas adquiridos para ello y mantenimiento de la máquina; de tal manera se asume que dicho requisito representa un 10% del costo inicial del corte de la lámina.

Seguidamente se determina el beneficio del sistema:

$$BU = Cf - Cu \quad (5.5)$$

Donde:

BU: Beneficio por kg (Bsf./corte)

Cf: Costo unitario final (Bsf./corte)

Cu: Costo unitario inicial (Bsf./corte)

Sustituyendo los datos necesarios en la ecuación anterior se obtiene:

$$BU = (66 - 60)Bsf./corte$$

$$BU = 6 Bsf./corte$$

Así mismo se debe calcular el ahorro que produce el sistema mediante la implementación de la automatización.

$$As = Pa * BU + Costo op \quad (5.6)$$

Donde:

As: Ahorro del sistema (Bsf)

Pa: Cantidad de producto adicional que se obtienen con la implementación de la propuesta (cortes)

Sustituyendo los datos correspondientes se obtiene que:

$$As = ((32000 - 24444)cortes/año * 6Bsff./corte) + 48000Bsff./año$$

$$As = 96000Bsff./año$$

Seguidamente se define el tiempo de retorno, tiempo en el cual la empresa recuperara la inversión inicial, dando paso a una decisión concreta acerca de la inversión del sistema:

$$Tr = \frac{Cs}{As} \quad (5.7)$$

Donde:

Tr: tiempo de retorno (año)

Cs: Costo del sistema (Bsff)

As: Ahorro del sistema (Bsff/año)

El costo del sistema no es más que la inversión inicial del mismo, de tal manera:

$$Tr = \frac{102744,55 Bsff.}{96000 \frac{Bsff.}{año}}$$

$$Tr = 1,0703 \cong 1 \text{ año}$$

Cabe destacar que aún así la inversión realizada se recuperaría en aproximadamente 1 año operando 8 meses al año en un solo turno de trabajo de lunes a viernes, cortando 40 laminas diarias. Esto representa un aumento de 8000 láminas anuales y un ahorro en el salario de 2 operadores que al implementar el nuevo sistema no serán necesarios para el mismo sino que todo el personal del área se adiestrará de manera tal que, cualquiera de los

mismos esté capacitado para poner en marcha la máquina en el momento que la misma requiera operar, al igual que conozca las paradas de emergencia o cualquier otra información relevante que deban manejar.

# Conclusiones

---

---

- La investigación permite la eliminación del proceso manual, con ello los movimientos repetitivos realizados por los operarios, así como, los esfuerzos que deben hacer para empujar láminas tan pesadas hasta la entrada de la máquina, de esta manera se busca descartar un trabajo riesgoso que podría traer problemas tanto del personal como para la empresa.
- El diseño mecánico permite seleccionar los diversos perfiles cuadrados y vigas que conforman el sistema, tomando en cuenta los esfuerzos y condiciones críticas a las que están sometidos. El diseño de soldadura se basó en la teoría de Von – Mises, determinando así el esfuerzo total aplicado a las juntas soldadas. Además, se realizó el estudio de las condiciones necesarias para que dichos elementos puedan cumplir con los requerimientos del sistema propuesto; dicho diseño tiene como pilar fundamental el uso de un factor de seguridad que se utiliza para sobredimensionar los cálculos teóricos y dependerá de las condiciones donde se desarrolla el trabajo.
- El sistema de control seleccionado para la automatización se basó en un Controlador Lógico Programable (PLC), encargo del control secuencial de las señales mandadas por los elementos seleccionados

tales como: actuadores neumáticos, sistema de vacío, sensores, pulsadores y contactores.

- La automatización del sistema de alimentación de la máquina pretende reducir la exposición de los operadores a sobrecargas físicas, evitando así el riesgo a padecer de enfermedades ocupacionales que son fuertemente sancionadas por la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT); esto porque se cuenta con las tecnologías necesarias para eliminar dicho riesgo en el puesto de trabajo.
- La implementación del sistema automático busca aumentar el número de cortes diarios realizados por la máquina, disponiendo mayor cantidad de tiras cortadas que pasaran a ser trabajadas en otros procesos de manufactura posteriores.
- El estudio económico realizado por medio del análisis de costos, indica que el proyecto es económicamente rentable, que la inversión inicial para la implementación y puesta en marcha del proyecto es de Bsf. 102.744,55; inversión que será recuperada al cabo de un año y por último que se verá un ahorro para la empresa asociado a la reducción de mano de obra.
- Se logró diseñar un sistema automatizado para la alimentación y corte que desempeña una máquina cortadora. Basándose en el estudio y selección de todos los elementos que componen el sistema con detalle, así como su ubicación. Afirmando, que la ingeniería de detalle se desarrolló de acuerdo a las necesidades.

# *Recomendaciones*

---

- Adiestrar y capacitar al personal para lograr el adecuado uso de la tecnología implementada y poner en marcha el buen funcionamiento de la máquina en el momento que la misma requiera operar, evitando así cualquier contratiempo y paradas en el sistema.
- Desarrollar un programa de mantenimiento, que permita extender la vida útil del sistema y obtener un funcionamiento eficiente del mismo.
- Desarrollar hoja de datos referenciando el tipo de lámina con el cual se va a trabajar en la jornada y sus dimensiones, para así ajustar la estructura donde se dispone el sistema de ventosas y asegurar el buen inicio del sistema.

# Referencias

---

---

- Colmenarez J., Lameda H. (2008), **“Automatización del Proceso de Dosificado y Mezclado de materia prima para la producción de pastillas de Jabón”**. Trabajo Especial de Grado presentado en Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo. Venezuela.
- DANA VEN. (On-line). Disponible en: <http://www.dana.com.ve/>. Revisado en Enero de 2009.
- Escobar M., “Guía de Automatización” (On-line). Universidad de Carabobo. Venezuela. Disponible en:  
[http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat I/contenido menu/Unidad II/Contenido/pagina1/pagina1.htm](http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_I/contenido_menu/Unidad II/Contenido/pagina1/pagina1.htm)
- García A. (2008), **“Automatización de una prensa neumática para el ensamblado de módulos de suspensión Mc Phersson”**. Trabajo Especial de Grado presentado en Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Luis B., Wilmer M. (2007) Universidad de Carabobo. **“Rediseño de un sistema para el corte de barras de acero”**. Trabajo Especial de Grado presentado en Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Nortom, R. (1999), **“Diseño de Máquinas”**. Prentice Hall. Primera Edición
- Rincones C. (2008), **“Diseño de un Sistema Automatizado para la Estación de Fosfatizado de engranajes de una empresa fabricante de partes para Automóviles”**. Trabajo Especial de Grado presentado

*en Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo. Venezuela.*

- *Shygly, J. y Mischke, C. (2002), “Diseño en ingeniería mecánica. McGraw Hill”. Sexta Edición.*

# ANEXOS

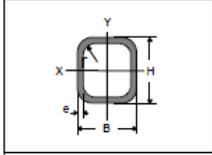
---

## **Anexo 1**

*Tubos Estructurales Sección Cuadrada Industrias UNICON*

*Catálogo de Hierrobeco C.A.*

*Norma FEM.*



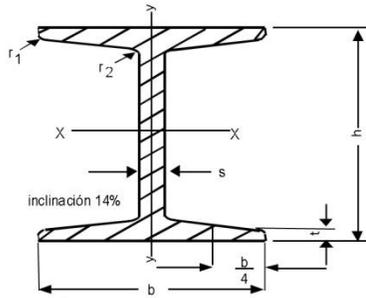
**Tubos de Acero Laminados en Frio para Carpintería Metálica Sección Cuadrada**

Nominales H x B	Dimensiones				Peso	Área de Sección A	Momento de Inercia I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	Módulo de Sección S <sub>x</sub> =S <sub>y</sub>
	H	B	Espesor Nominal e	Radio de Esquina Exterior R				
<i>pulg x pulg</i>	mm	mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>
<i>½ x ½</i>	12,00	12,00	0,9	1,8	0,33	0,37	0,07	0,12
<i>½ x ½</i>	12,00	12,00	1,1	2,2	0,39	0,44	0,08	0,14
<i>5/8 x 5/8</i>	15,88	15,88	0,9	1,8	0,42	0,51	0,19	0,23
<i>5/8 x 5/8</i>	15,88	15,88	1,1	2,2	0,50	0,61	0,21	0,27
<i>¾ x ¾</i>	18,50	18,50	0,8	1,6	0,45	0,55	0,28	0,30
<i>¾ x ¾</i>	18,50	18,50	0,9	1,8	0,51	0,61	0,30	0,33
<i>¾ x ¾</i>	18,50	18,50	1,1	2,2	0,61	0,73	0,35	0,38
<i>1 x 1</i>	25,00	25,00	0,8	1,6	0,61	0,75	0,72	0,58
<i>1 x 1</i>	25,00	25,00	0,9	1,8	0,69	0,84	0,80	0,64
<i>1 x 1</i>	25,00	25,00	1,1	2,2	0,83	1,01	0,94	0,75
<i>1 x 1</i>	25,00	25,00	1,4	2,8	1,04	1,26	1,13	0,90
<i>1 x 1*</i>	25,00	25,00	2,0	4,0	1,44	1,71	1,43	1,14
<i>1 ¼ x 1 ¼</i>	31,50	31,50	0,9	1,8	0,87	1,08	1,65	1,05
<i>1 ¼ x 1 ¼</i>	31,50	31,50	1,1	2,2	1,05	1,3	1,96	1,25
<i>1 ½ x 1 ½</i>	37,50	37,50	0,9	1,8	1,05	1,29	2,85	1,52
<i>1 ½ x 1 ½</i>	37,50	37,50	1,1	2,2	1,27	1,56	3,40	1,81
<i>1 ½ x 1 ½</i>	37,50	37,50	1,4	2,8	1,60	1,96	4,17	2,22
<i>1 ½ x 1 ½</i>	37,50	37,50	1,9	3,8	2,14	2,59	5,59	2,93
<i>1 ½ x 1 ½*</i>	37,50	37,50	2,0	4,0	2,24	2,71	5,81	3,05
<i>2 x 2</i>	50,00	50,00	1,0	2,0	1,56	1,93	7,63	3,05
<i>2 x 2</i>	50,00	50,00	1,1	2,2	1,71	2,11	8,32	3,33
<i>2 x 2</i>	50,00	50,00	1,4	2,8	2,16	2,66	10,31	4,12
<i>2 x 2*</i>	50,00	50,00	2,0	4,0	3,04	3,71	13,93	5,57
<i>2 x 2*</i>	50,00	50,00	2,3	4,6	3,47	4,22	15,57	6,23
<i>2 x 2*</i>	50,00	50,00	2,6	5,2	3,89	4,72	17,10	6,84
<i>2 x 2*</i>	50,00	50,00	2,9	5,8	4,30	5,2	18,53	7,41
<i>2 ½ x 2 ½</i>	63,50	63,50	1,4	2,8	2,72	3,42	21,69	6,83
<i>2 ½ x 2 ½*</i>	63,50	63,50	2,0	4,0	3,83	4,79	29,69	9,35
<i>3 x 3</i>	76,20	76,20	1,4	2,8	3,27	4,13	38,11	10,00
<i>3 x 3</i>	76,20	76,20	1,9	3,8	4,41	5,53	50,21	13,18
<i>3 x 3*</i>	76,20	76,20	2,0	4,0	4,63	5,81	52,54	13,79
<i>3 x 3*</i>	76,20	76,20	2,9	5,8	6,62	8,24	72,15	18,94
<i>4 x 4</i>	100,00	100,00	1,4	2,8	4,39	5,46	87,82	17,56
<i>4 x 4*</i>	100,00	100,00	2,0	4,0	6,23	7,71	122,15	24,43
<i>4 x 4*</i>	100,00	100,00	2,3	4,6	7,14	8,82	138,59	27,72

(\*) Los productos indicados con asterisco son fabricados con acero laminado en caliente.

Todas las propiedades estáticas están dadas en función de los valores nominales de la sección sin considerar las tolerancias de fabricación.

# VIGAS IPN



## DIMENSIONES

h: Altura  
b: Ancho del ala  
s: Espesor del alma  
t: Espesor del ala  
r: Angulo

## MOMENTO RESPECTO A LOS EJES

I = Momento de Inercia.  
S = Momento de Resistencia  
R = Radio de Inercia, siempre referido al eje De reflexión correspondiente.

Longitud de 12 metros

Calidad ⇒ COVENIN 1149:2005  
⇒ ASTM - A - 36.  
⇒ ST - 37 - 2.

✓ NACIONALES.

IPN (I)	DIMENSIONES (mm)						AREA cm <sup>2</sup>	PESO kg/m	MOMENTO RESPECTO A LOS EJES					
	h	b	s	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>			EJE X - X			EJE Y - Y		
									I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	R <sub>x</sub> cm	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	R <sub>y</sub> cm
60	60	3.6	5.3	-	-	-	5.35	4.2	30.4	10.1	2.38	3.04	1.79	0.75
80	80	42	4.2	5.9	3.9	2.3	7.77	6.10	78.40	19.6	3.18	6.29	2.99	0.90
100	100	50	4.5	6.8	4.5	2.7	10.60	8.34	171.00	34.2	4.01	12.2	4.88	1.07
120	120	58	5.1	7.7	5.1	3.1	14.20	11.10	328.00	54.7	4.81	21.5	7.41	1.23
140	140	66	5.7	8.6	5.7	3.4	18.20	14.30	573.00	81.9	5.61	35.2	10.7	1.40

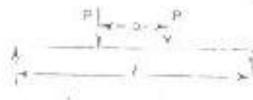
✓ IMPORTADAS.

160	160	74	6.3	9.5	6.3	3.8	22.8	17.90	935.0	117.0	6.40	54.70	14.80	1.55
180	180	82	6.9	10.4	6.9	4.1	27.9	21.90	1450.0	161.0	7.20	81.30	19.80	1.71
200	200	90	7.5	11.3	7.5	4.5	33.4	26.20	2140.0	214.0	8.00	117.00	26.00	1.87
220	220	98	8.1	12.2	8.1	4.9	39.5	31.10	3060.0	278.0	8.80	162.00	33.10	2.02
240	240	106	8.7	13.1	8.7	5.2	46.1	36.20	4250.0	354.0	9.59	221.00	41.70	2.20
260	260	113	9.4	14.1	9.4	5.6	53.3	41.90	5740.0	442.0	10.40	288.00	51.00	2.32
280	280	119	10.1	15.2	10.1	6.1	61.0	47.90	7590.0	542.0	11.10	364.00	61.20	2.45
300	300	125	10.8	16.2	10.8	6.5	69.0	54.20	9800.0	653.0	11.90	451.00	72.20	2.56
320	320	131	11.5	17.3	11.5	6.9	77.7	61.00	12510.0	782.0	12.70	555.00	84.70	2.67
340	340	137	12.2	18.3	12.2	7.3	86.7	68.00	15700.0	923.0	13.50	674.00	98.40	2.80
360	360	143	13.0	19.5	13.0	7.8	97.0	76.10	19610.0	1090.0	14.20	818.00	114.00	2.90
380	380	149	13.7	20.5	13.7	8.2	107.0	84.00	24.010.0	1260.0	15.00	975.00	131.00	3.02
400	400	155	14.4	21.6	14.4	8.6	118.0	92.40	29210.0	1460.0	15.70	1160.00	149.00	3.13
425	425	163	15.3	23.0	15.3	9.2	132.0	104.00	36970.0	1740.0	16.70	1440.00	176.00	3.30
450	450	170	16.2	24.3	16.2	9.7	147.0	115.00	45850.0	2040.0	17.70	1730.00	203.00	3.43
475	475	178	17.1	25.6	17.1	10.3	163.0	128.00	56480.0	2380.0	18.60	2090.00	235.00	3.60
500	500	185	18.0	27.0	18.0	10.8	179.0	141.00	68740.0	2750.0	19.60	2480.00	268.00	3.72
550	550	200	19.0	30.0	19.0	11.9	212.0	166.00	99180.0	3610.0	21.60	3490.00	349.00	4.02
600	600	215	21.6	32.4	21.6	13.0	254.0	199.00	139000.0	4630.0	23.40	4670.00	434.00	4.30

✓ TOLERANCIA

Tipo de Perfil	Largo(mm)	Altura(mm)	Ala(mm)	Peso(%)
"T" < 120mm	-10 a + 50	-20 a + 2,5	-20 a + 2,5	± 5
T" ≥ 120mm	-10 a + 50	-20 a + 2,5	± 25	± 5

41  
 Cálculo del momento de inercia necesario para vigas carrileras de gruas,  
 apoyadas en ambos extremos. Dos cargas móviles iguales



Parte

$$\text{Inercia} = P \cdot a \cdot l^2$$

En cm<sup>4</sup>

Valores de  $f$  para los distintos valores admisibles para  $f =$

$\frac{a}{l}$	Peso en toneladas a mano $f = \frac{1}{100}$	Peso en toneladas $f = \frac{1}{800}$	Gras movidas a mano $f = \frac{1}{1000}$	Gras accionadas por motores $f = \frac{1}{1000}$
0,10	78,2	97,8	156	196
0,12	77,7	97,1	155	195
0,14	77,1	96,4	154	193
0,16	76,5	95,5	153	191
0,18	75,7	94,7	152	189
0,20	74,9	93,5	150	187
0,22	74,0	92,5	148	185
0,24	73,0	91,3	146	183
0,26	72,0	90,0	144	180
0,28	70,9	88,6	142	177
0,30	69,7	87,1	139	174
0,32	68,5	85,6	137	171
0,34	67,2	83,9	134	168
0,36	65,8	82,2	132	165
0,38	64,4	80,4	129	161
0,40	62,9	78,6	126	157
0,42	61,3	76,6	123	153
0,44	59,7	74,6	119	149
0,46	58,0	72,5	115	145
0,48	56,3	70,4	113	141
0,50	54,6	68,2	109	136
0,52	52,7	65,9	106	132
0,54	50,9	63,5	102	127
0,56	49,0	61,2	98,0	123
0,58	47,1	58,8	94,1	118
0,60	45,1	56,3	90,2	113
0,62	43,1	53,8	86,1	108
0,64	40,7	50,3	80,4	101
0,65	40,0	49,9	79,9	99,9
0,66 a 1,0	39,5	49,5	79,4	99,2

Ejemplo: Grúa accionada por motores eléctricos

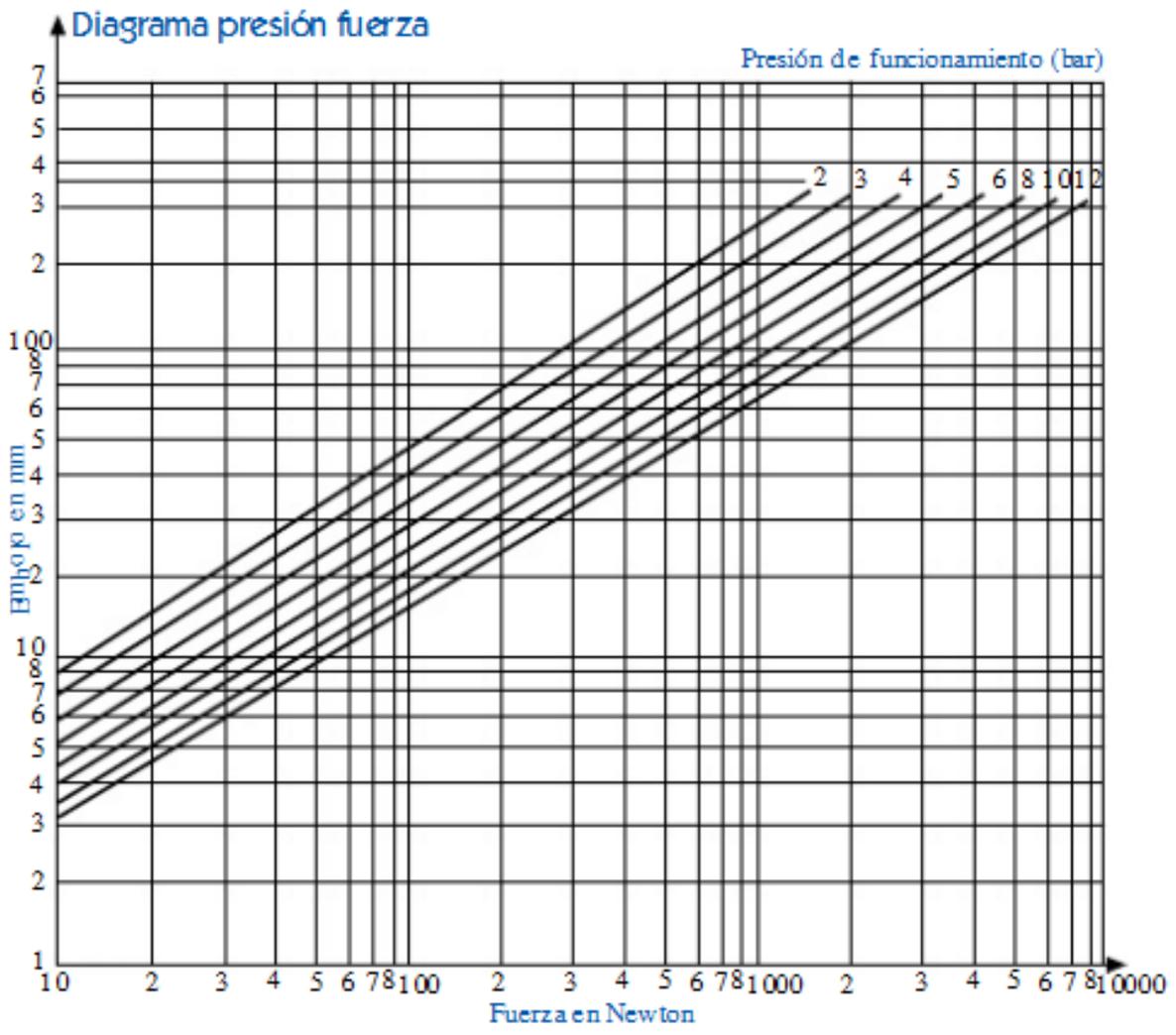
$$f \leq \frac{1}{1000}$$

$P = 6 \text{ t}$     Luz de la viga  $l = 8 \text{ m}$     Separación entre rodillos  $a = 2,4 \text{ m}$   
 $\frac{a}{l} = \frac{2,4}{8} = 0,3$      $z = 17,4$     Inerc. =  $P \cdot a \cdot l^2 = 6 \cdot 2,4 \cdot 8^2 = 66.820 \text{ cm}^4$

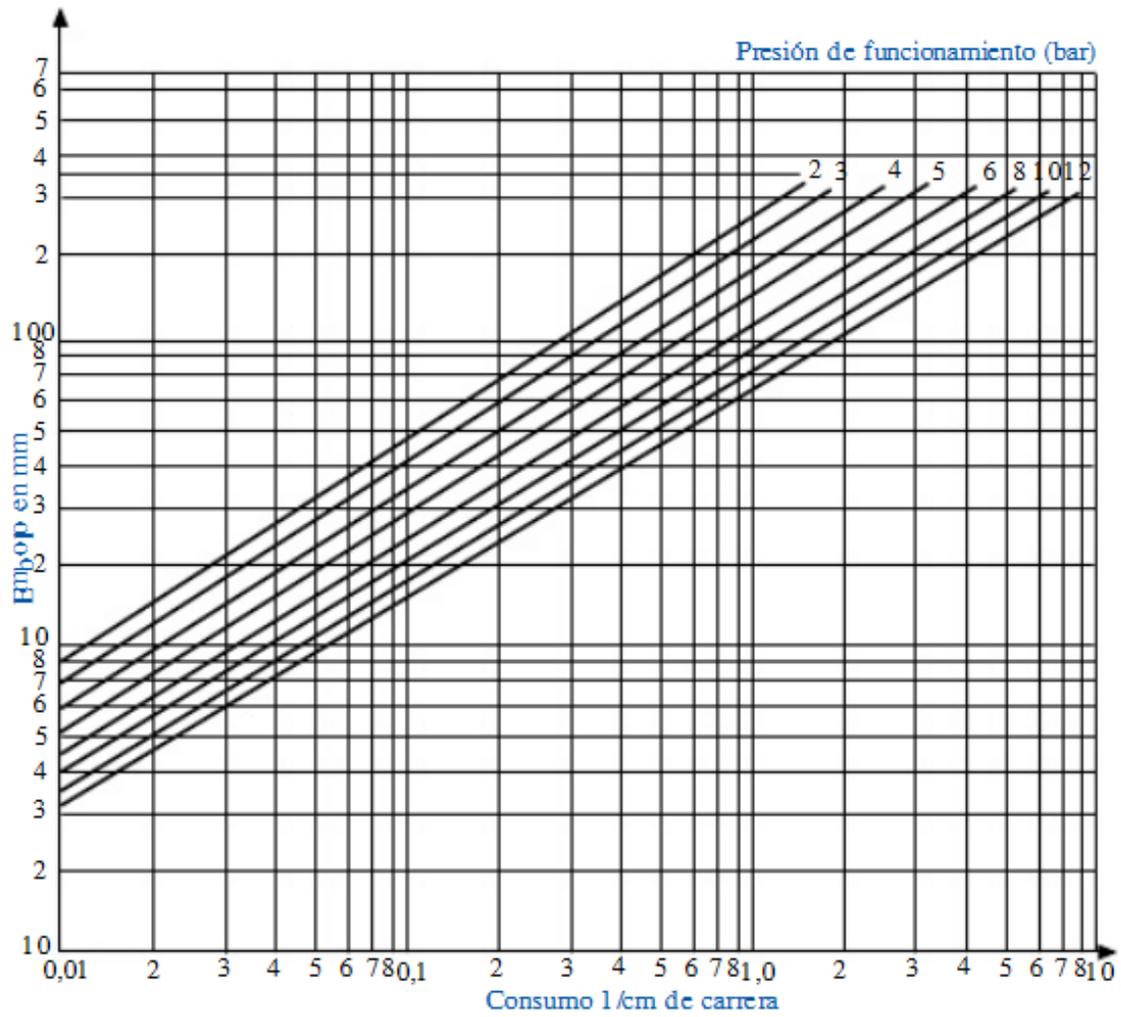
# ***Anexo 2***

Curva Presión-Fuerza

Curva de consumo de Aire



**Anexo 2.1** Curva Presión-Fuerza. Fuente catalogo de Festo.



**Anexo 2.2** Curva de consumo de Aire. Fuente catalogo de Festo.

# ***Anexo 3***

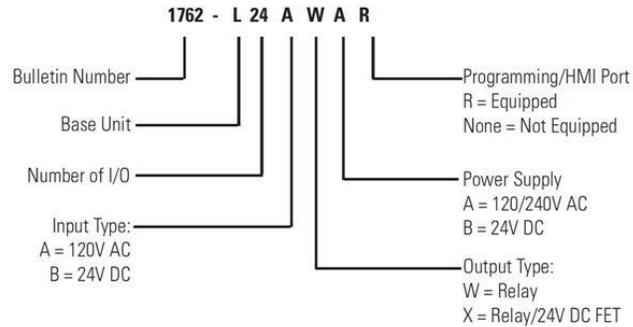
Especificaciones Técnicas de los elementos del sistema diseñado

## Select MicroLogix 1200 Controllers

### MicroLogix 1200 Controllers Catalog Number Detail

#### Step 8 - Select:

- controller - review power and I/O configurations to select a controller catalog number; see power supply and I/O specifications for more detailed information
- accessories - memory and real-time clock modules
- record your selections in the Selection Record (start on [page 85](#))



#### MicroLogix 1200 Controller Power and I/O Configuration

Cat. No.	Line Voltage	Number of Inputs	Number of Outputs	High Speed I/O
1762-L24AWA, -L24AWAR	120/240V AC	(14) 120V AC	(10) Relay	N/A
1762-L40AWA, -L40AWAR	120/240V AC	(24) 120V AC	(16) Relay	N/A
1762-L24BWA, -L24BWAR	120/240V AC	(10) Standard 24V DC (4) Fast 24V DC	(10) Relay	(4) 20 kHz input
1762-L40BWA, -L40BWAR	120/240V AC	(20) Standard 24V DC (4) Fast 24V DC	(16) Relay	(4) 20 kHz input
1762-L24BXB, -L24BXBR	24V DC	(10) Standard 24V DC (4) Fast 24V DC	(5) Relay (4) Standard 24V DC FET (1) Fast 24V DC FET	(4) 20 kHz input (1) 20 kHz output
1762-L40BXB, -L40BXBR	24V DC	(20) Standard 24V DC (4) Fast 24V DC	(8) Relay (7) Standard 24V DC FET (1) Fast 24V DC FET	(4) 20 kHz input (1) 20 kHz output

#### MicroLogix 1200 Controller Power Supply Specifications

Attribute	1762-						
	L24AWA, L24AWAR	L40AWA, L40AWAR	L24BWA, L24BWAR	L40BWA, L40BWAR	L24BXB, L24BXBR	L40BXB, L40BXBR	
Power Supply Voltage	85...265V AC @ 47...63 Hz				20.4...26.4V DC Class 2 SELV		
Power Consumption	68 VA	80 VA	70 VA	82 VA	27 W	40 W	
Power Supply Inrush Current, max	120V AC: 25 A for 8 ms 240V AC: 40 A for 4 ms				24V DC: 15 A for 20 ms	24V DC: 15 A for 30 ms	
Load Current <sup>(1)</sup> , max	5V DC	400 mA	600 mA	400 mA	600 mA	400 mA	600 mA
	24V DC	350 mA	500 mA	350 mA	500 mA	350 mA	500 mA
Load Power, max	10.4 W	15 W	12 W	16 W	10.4 W	15 W	
24V DC Sensor Power	---	---	250 mA, 400 µF capacitance, max	400 mA, 400 µF capacitance, max	---	---	

(1) See [Perform MicroLogix 1200 Controller System Expansion Calculations](#) on [page 61](#) for an example system validation worksheet to calculate expansion I/O power usage.

### 1762 Digital Expansion Output Modules Specifications

Attribute	1762-OA8	1762-OB8	1762-OB16
Voltage Category	100...240V AC	24V DC	24V DC
Operating Voltage Range	85...265V AC @ 47...63 Hz	20.4...26.4V DC	20.4...26.4V DC
Number of Outputs	8	8	16
Number of Commons	2	1	1
Bus Current Draw, max	115 mA @ 5V DC (0.575 W)	115 mA @ 5V DC (0.575 W)	175 mA @ 5V DC (0.88 W)
Heat Dissipation, max	2.9 Total Watts	1.61 Total Watts	2.9 Total watts @ 30 °C (86 °F) 2.1 Total watts at 55 °C (131 °F)
Signal Delay, max - resistive load	On Delay: 1/2 cycle Off Delay: 1/2 cycle	On Delay: 0.1 ms Off Delay: 1.0 ms	On Delay: 0.1 ms Off Delay: 1.0 ms
Off-state Leakage, max	2 mA @ 132V 2.5 mA @ 265V	1.0 mA	1.0 mA
On-state Current, min	10 mA	1.0 mA	1.0 mA
On-state Voltage Drop, max	1.5V @ 0.5 A	1.0V DC	1.0Vdc
Continuous Current per Point, max	0.25 A @ 55 °C (131 °F) 0.5 A @ 30 °C (86 °F)	0.5 A @ 55 °C (131 °F) 1.0 A @ 30 °C (86 °F)	0.5 A @ 55 °C (131 °F) 1.0 A @ 30 °C (86 °F)
Continuous Current per Common, max	1.0 A @ 55 °C (131 °F) 2.0 A @ 30 °C (86 °F)	4.0 A @ 55 °C (131 °F) 8.0 A @ 30 °C (86 °F)	4.0 A @ 55 °C (131 °F) 8.0 A @ 30 °C (86 °F)
Continuous Current per Module, max	2.0 A @ 55 °C (131 °F) 4.0 A @ 30 °C (86 °F)	4.0 A @ 55 °C (131 °F) 8.0 A @ 30 °C (86 °F)	4.0 A @ 55 °C (131 °F) 8.0 A @ 30 °C (86 °F)
Surge Current, max	5.0 A <sup>(1)</sup>	2.0 A <sup>(2)</sup>	2.0 <sup>(2)</sup>

(1) Repeatability is once every 2 seconds for a durations of 25 ms.

(2) Repeatability is once every 2 seconds @ 55 °C (131 °F), once every second @ 30 °C (86 °F) for a duration of 10 ms.

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

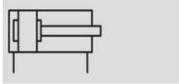
FESTO

Hoja de datos

Funcionamiento

**DNC-...**

Sin detección de posiciones



**DNC-...-A-...**

Con detección de posiciones



 Diámetro  
32 ... 125 mm  
 Carrera  
10 ... 2 000 mm

 www.festo.com

Juegos de piezas de repuesto  
→ 22



- Cilindros según la norma ISO 15552 (corresponde a las normas anteriores ISO 6431, DIN ISO 6431, VDMA 24 562, NF E 49 003.1 y UNI 10290)



DIN



Datos técnicos generales							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Conexión neumática	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{2}$	G $\frac{1}{2}$
Rosca del vástago	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5	M27x2
	K3	M6	M8	M10	M10	M12	M16
	K5	M10	M12	M16	M16	M20	M27
Construcción	Émbolo						
	Vástago						
	Tubo perfilado						
Holgura máxima de giro del vástago [°]	Q ±0,65	±0,6	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	-
Amortiguación	Anillos y discos elásticos en ambos lados						
	Amortiguación neumática regulable en ambos lados						
Carrera de amortiguación PPV [mm]	20	20	22	22	32	32	42
Detección de posiciones	Para detectores de posición						
Tipo de fijación	Con rosca interior						
	Con accesorios						
Posición de montaje	Indistinta						

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Hoja de datos

FESTO

Condiciones de funcionamiento y del entorno								
Díámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125	
Fluido	Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación							
Presión de funcionamiento [bar]	0,6 ... 12						0,6 ... 10	
[bar]	R8	1,5 ... 12					1,5 ... 10	
	S11	Después de 10 carreras						
		0,16 ... 12		0,1 ... 12		0,06 ... 12		0,06 ... 10
		Después de 24 horas						
	0,3 ... 12		0,2 ... 12		0,1 ... 12		0,1 ... 10	
TT	1 ... 12						-	
Temperatura ambiente [°C]	-20 ... +80							
[°C]	S6	0 ... 120						
	TT	-40 ... +80						-
Clase de resistencia a la corrosión	2							
	R3	3						
Certificación	Germanischer Lloyd							
ATEX	Tipos especiales → <a href="http://www.festo.com">www.festo.com</a>							

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]							
Díámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Fuerza teórica con 6 bar en avance	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712	7 363
S2/S20	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
S2/S20	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	0,1	0,2	0,2	0,5	0,9	1,2	5

Velocidad de impacto admisible:

$$v = \sqrt{\frac{2 \times E}{m}}$$

v Velocidad admisible del impacto

E Energía máxima admisible del impacto

Masa máxima admisible:

$$m = \frac{2 \times E}{v} - m$$

m Masa móvil (actuador)

m Carga útil móvil

 Importante

Los datos se refieren a los valores máximos posibles. Debe tenerse en cuenta la energía máxima admisible del impacto.

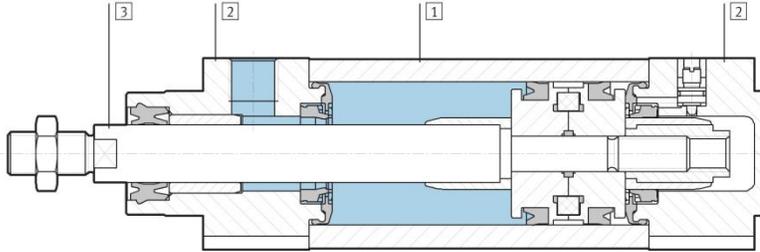
# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Hoja de datos



## Materiales

Vista en sección



Cilindro normalizado	Tipo básico	CT	K10	R3
1 Tubo perfilado	Aleación forjada de aluminio anodizado liso	Aleación forjada de aluminio anodizado	Aleación forjada de aluminio anodizado liso	
2 Culatas anterior y posterior	Fundición inyectada de aluminio			
3 Vástago	Acero de aleación fina	Aleación forjada de aluminio anodizado		Acero inoxidable de aleación fina
- Juntas	Poliuretano, caucho nitrílico			

Cilindro normalizado	R8	S6	S10	S11	TT
1 Tubo perfilado	Aleación forjada de aluminio anodizado liso				
2 Culatas anterior y posterior	Fundición inyectada de aluminio				Recubierto de aluminio
3 Vástago	Acero templado, cromado duro	Acero de aleación fina			
- Juntas	Poliuretano, caucho nitrílico	Caucho fluorado			Poliuretano

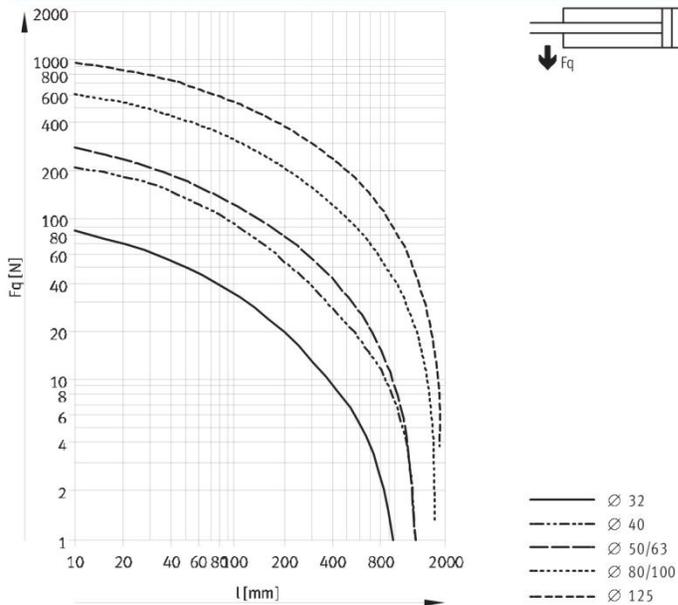
# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Hoja de datos



## Fuerza transversal Fq en función de la carrera l

Tipo básico

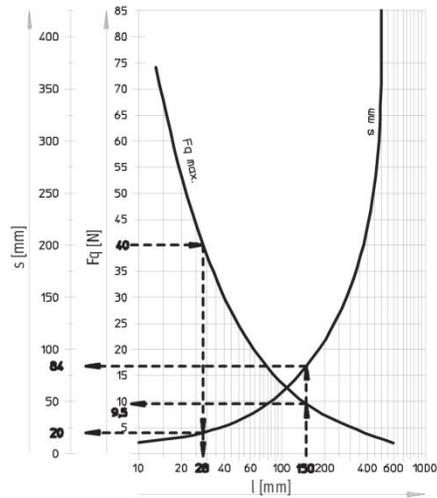


## Fuerza transversal $F_q$ máx. en función de la carrera $l$ y de la palanca $s$

Q: Vástago cuadrado

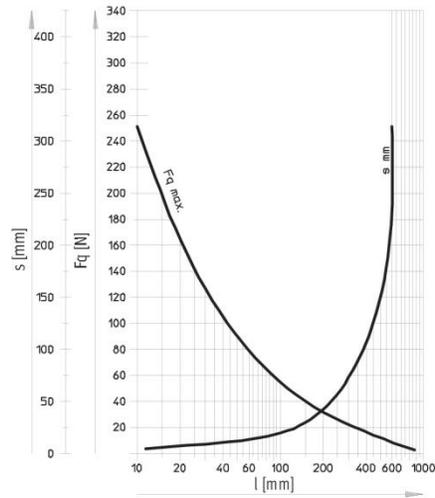
Ø 32

Momento de giro máx. = 800 Nmm / Carrera máx. = 300 mm



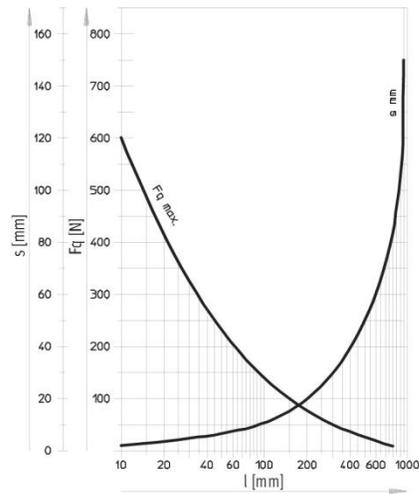
Ø 40

Momento de giro máx. = 1 100 Nmm / Carrera máx. = 400 mm



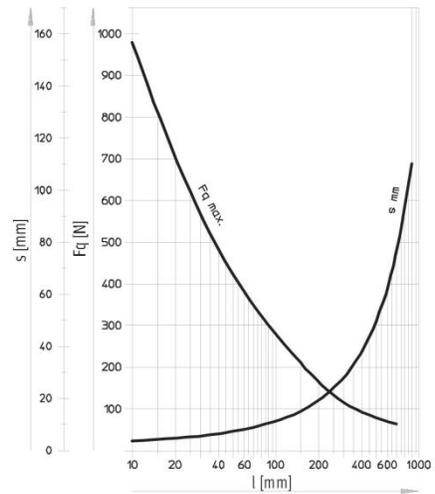
Ø 50/63

Momento de giro máx. = 1 500 Nmm / Carrera máx. = 500 mm



Ø 80/100

Momento de giro máx. = 3 000 Nmm / Carrera máx. = 600 mm



### Ejemplos para diámetro de émbolo de 32 mm

Ejemplo 1:

Carrera  $l$  = 150 mm

Resultado: permitido

Fuerza transversal  $F_q$  = 9,5 N

Palanca  $s$  = 84 mm

Ejemplo 2:

Fuerza transversal  $F_q$  = 40 N

Resultado: permitido

Carrera  $l$  = 28 mm

Palanca  $s$  = 20 mm

Ejemplo 3:

Carrera  $l$  = 150 mm

Palanca  $s$  = 20 mm

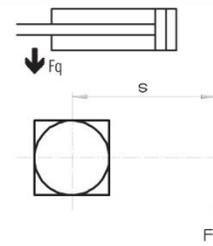
$F_q$  = Momento de giro máx 800 Nmm

Palanca 100 mm

= 8 N

Resultado: permitido

$F_q$  = 8 N  $F_q$  = 9,5 N



# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Hoja de datos

**FESTO**

Pesos [g]							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
<b>Tipo básico</b>							
Peso con carrera de 0 mm	517	800	1 260	1 709	2 790	4 653	6 771
Peso adicional por 10 mm de carrera	30	45	64	73	106	115	168
Masa móvil con carrera de 0 mm	162	307	538	663	1 131	1 544	2 809
Masa adicional por 10 mm de carrera	9	16	25	25	38	38	63
<b>Q: Vástago cuadrado</b>							
Peso con carrera de 0 mm	504	738	1 187	1 632	2 652	4 508	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	29	41	60	68	99	108	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	149	244	465	587	994	1 399	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	8	11	20	20	31	31	–
<b>S2: Doble vástago</b>							
Peso con carrera de 0 mm	576	895	1 390	1 917	3 114	5 297	7 529
Peso adicional por 10 mm de carrera	39	61	89	98	144	153	231
Masa móvil con carrera de 0 mm	170	330	560	711	1 200	1 660	2 925
Masa adicional por 10 mm de carrera	18	32	50	50	76	76	126
<b>K10: Vástago galvanizado y pulido</b>							
Peso con carrera de 0 mm	443	655	1 001	1 437	2 302	4 138	5 719
Peso adicional por 10 mm de carrera	24	35	47	57	81	90	127
Masa móvil con carrera de 0 mm	88	162	279	391	643	1 029	1 757
Masa adicional por 10 mm de carrera	3	6	8	9	13	13	22
<b>S2-K10: Doble vástago anodizado y pulido</b>							
Peso con carrera de 0 mm	514	766	1 181	1 676	2 701	4 821	6 674
Peso adicional por 10 mm de carrera	27	40	56	65	94	103	148
Masa móvil con carrera de 0 mm	108	201	351	470	787	1 184	2 070
Masa adicional por 10 mm de carrera	6	11	17	17	26	26	43
<b>TI: Bajas temperaturas</b>							
Peso con carrera de 0 mm	520	876	1 279	2 112	2 972	5 039	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	31	46	65	73	108	116	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	108	204	363	460	802	1 045	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	9	16	25	25	39	39	–
<b>TI-S2: Bajas temperaturas con doble vástago</b>							
Peso con carrera de 0 mm	606	1 020	1 546	2 401	3 453	5 617	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	40	62	89	98	147	154	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	169	326	573	687	1 199	1 473	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	18	32	49	49	77	77	–

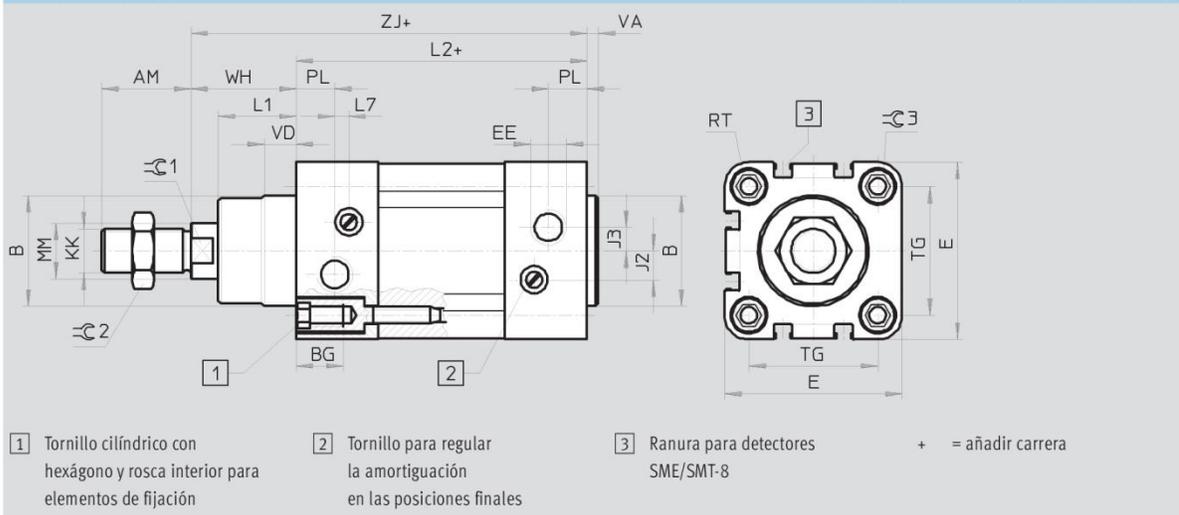
# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Hoja de datos

FESTO

Dimensiones: tipo básico

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)



∅ [mm]	AM	B ∅ d11	BG	E	EE	J2		J3	KK	L1	L2
							TT				
32	22	30	16	45	G1/8	6		5,2	M10x1,25	18	94
40	24	35	16	54	G1/4	8		6	M12x1,25	21,5	105
50	32	40	17	64	G1/4	10,4	11	8,5	M16x1,5	28	106
63	32	45	17	75	G3/8	12,4		10	M16x1,5	28,5	121
80	40	45	17	93	G3/8	12,5		8	M20x1,5	34,7	128
100	40	55	17	110	G1/2	12		10	M20x1,5	38,2	138
125	54	60	22	134	G1/2	13		8	M27x2	46	160

∅ [mm]	L7	MM ∅	PL	RT	TG	VA	VD	WH	ZJ	∅C1	∅C2	∅C3
32	3,3	12	15,6	M6	32,5	4	10	26	120	10	16	6
40	3,6	16	14	M6	38	4	10,5	30	135	13	18	6
50	5,1	20	14	M8	46,5	4	11,5	37	143	17	24	8
63	6,6	20	17	M8	56,5	4	15	37	158	17	24	8
80	10,5	25	16,4	M10	72	4	15,7	46	174	22	30	6
100	8	25	18,8	M10	89	4	19,2	51	189	22	30	6
125	14	32	18	M12	110	6	20,5	65	225	27	36	8

## Detectores de proximidad SIEN, inductivo



Tabla de datos: distancia de detección normalizada, tipo básico

Industria, más datos							
Tamaño	4 mm	M5	6,5 mm	M8	M12	M18	M30
Resistencia a cortocircuitos	Sincronizado						
Circuito protector inductivo	Incorporada						
Protección contra tensión inductiva	Incorporada						

Características electrónicas							
Tamaño	4 mm	M5	6,5 mm	M8	M12	M18	M30
Tensión de funcionamiento [V DC]	10 ... 30					15 ... 34	
Inductancia residual [%]	10			±10			
Intensidad en reposo [mA]	≤ 10					≤ 30	
Protección contra polarización inversa	En todas las conexiones eléctricas						

Características electromecánicas							
Tamaño	4 mm	M5	6,5 mm	M8	M12	M18	M30
Cable							
Conexión eléctrica	Cable trifilar						
Longitud del cable [m]	2,5						
Material del recubrimiento del cable	PUR						

Conector tipo clavija							
Conexión eléctrica	Conector tipo clavija M8x1, 3 contactos	Conector tipo clavija M12x1, 3 contactos	Conector tipo clavija M12x1, 3 contactos	Conector tipo clavija M18x1, 3 contactos			
Material del recubrimiento del cable	PUR			-			

Características mecánicas										
Tamaño	4 mm	M5	6,5 mm	M8	M12	M18	M30			
Tipo de fijación	Con fijación por apriete	Con tuerca	Con fijación por apriete	Con tuerca			Con tuerca			
Tipo de montaje	Enrasado			Enrasado	Sin enrasar	Enrasado	Sin enrasar	Enrasado	Sin enrasar	Enrasado
Momento de apriete [Nm]	-	2	-	-			25		50	
Peso										
Peso del producto [g]	48	48	45	53	110	90	120	170		
Información sobre el material del cuerpo										
Acero de aleación fina, inoxidable				Latón cromado			Latón niquelado			
-			PA	-			-			
-			-	PBT			-			

Conector tipo clavija											
Peso del producto [g]	9	9	4	18	18	30	25	40	40	100	
Información sobre el material del cuerpo	Acero de aleación fina, inoxidable					-		-			

# Detectores de proximidad SIEN, inductivo



Hoja de datos: distancia de detección normalizada, tipo básico

Recepción/emisión							
Tamaño	4 mm	M5	6,5 mm	M8	M12	M18	M30
Temperatura ambiente con cableado móvil [°C]	-		-5 ... +70		-	-	
Clase de protección	-		IP65			-	
	IP67		IP67			IP67	
Clase de resistencia a la corrosión <sup>1)</sup>	-		2			-	

1) Clase de resistencia a la corrosión 2 según norma de Festo 940 070

Válida para piezas expuestas a moderado peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente decorativas.

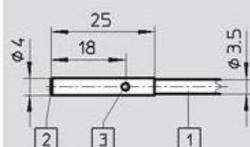
Ocupación de los contactos del conector tipo clavija, según EN 60947-5-2												
M8x1, 3 contactos				M12x1, 3 contactos								
Normalmente abierto/Normalmente cerrado				Contacto normalmente abierto				Contacto normalmente cerrado				
	Pin	Color del hilo	Asignación		Pin	Color del hilo	Asignación		Pin	Color del hilo	Asignación	
	1	Marrón	+		1	Marrón	+		1	Marrón	+	
	3	Azul	-		3	Azul	-		3	Azul	-	
	4	Negro	Salida		4	Negro	Salida		2	Blanco	Salida	

## Dimensiones: 4 mm

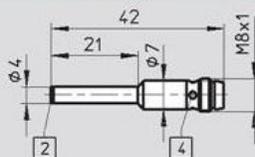
Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado

Cable



Conector tipo clavija



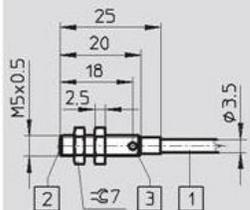
- 1 Cable de conexión
- 2 Superficie activa
- 3 Diodo luminoso
- 4 4 diodos luminosos

## Dimensiones: M5

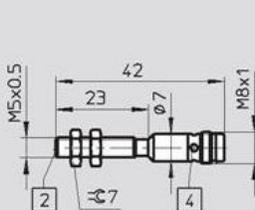
Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado

Cable



Conector tipo clavija



- 1 Cable de conexión
- 2 Superficie activa
- 3 Diodo luminoso
- 4 4 diodos luminosos

# Detectores de proximidad SIEN, inductivo

Hoja de datos: distancia de detección normalizada, tipo básico

FESTO

**Dimensiones: M8** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado		Montaje saliente	
Cable	Conector tipo clavija	Cable	Conector tipo clavija
1 Cable de conexión	2 Superficie activa	3 Diodo luminoso	4 4 diodos luminosos

**Dimensiones: M12** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado		Montaje saliente	
Cable	Conector tipo clavija	Cable	Conector tipo clavija
1 Cable de conexión	2 Superficie activa	3 Diodo luminoso	4 4 diodos luminosos

**Dimensiones: M18** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado		Montaje saliente	
Cable	Conector tipo clavija	Cable	Conector tipo clavija
1 Cable de conexión	2 Superficie activa	3 Diodo luminoso	4 4 diodos luminosos

**Dimensiones: M30** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Montaje enrasado		Montaje saliente	
Cable	Conector tipo clavija	Cable	Conector tipo clavija
1 Cable de conexión	2 Superficie activa	3 Diodo luminoso	4 4 diodos luminosos

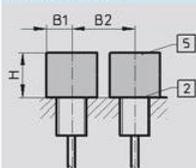
# Detectores de proximidad SIEN, inductivo

Hoja de datos: distancia de detección normalizada, tipo básico

FESTO

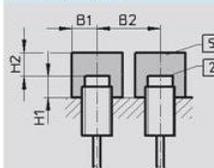
## Instrucciones para el montaje

### Montaje enrasado



- 2 Superficie activa
- 5 Espacio sin metal

### Montaje saliente



- 2 Superficie activa
- 5 Espacio sin metal

Tamaño	B1	B2	H
4 mm	2,5	5	2
M5	3,3	5	2,4
6,5 mm	5	9,5	4,5
M8	5,5	10	4,5
M12	8	18	6
M18	14	32	15
M30	25	60	30

Tamaño	B1	B2	H1	H2
M8	9	16	8	7,5
M12	12	28	6	12
M18	20	50	10	24
M30	30	75	15	45

## Referencias

Tamaño	S <sub>n</sub> <sup>1)</sup> [mm]	Tipo de montaje	Salida conmutada	Funcionamiento del elemento de maniobra	Conexión eléctrica				
					Cable		Conector tipo clavija		
					Nº art.	Tipo	Nº art.	Tipo	
4 mm	0,8	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150362	SIEN-4B-PS-K-L	150363	SIEN-4B-PS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150366	SIEN-4B-PO-K-L	150367	SIEN-4B-PO-S-L	
				NPN	Contacto normalmente abierto	150360	SIEN-4B-NS-K-L	150361	SIEN-4B-NS-S-L
					Contacto normalmente cerrado	150364	SIEN-4B-NO-K-L	150365	SIEN-4B-NO-S-L
M5	0,8	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150370	SIEN-M5B-PS-K-L	150371	SIEN-M5B-PS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150374	SIEN-M5B-PO-K-L	150375	SIEN-M5B-PO-S-L	
				NPN	Contacto normalmente abierto	150368	SIEN-M5B-NS-K-L	150369	SIEN-M5B-NS-S-L
					Contacto normalmente cerrado	150372	SIEN-M5B-NO-K-L	150373	SIEN-M5B-NO-S-L
6,5 mm	1,5	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150378	SIEN-6,5B-PS-K-L	150379	SIEN-6,5B-PS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150382	SIEN-6,5B-PO-K-L	150383	SIEN-6,5B-PO-S-L	
				NPN	Contacto normalmente abierto	150376	SIEN-6,5B-NS-K-L	150377	SIEN-6,5B-NS-S-L
					Contacto normalmente cerrado	150380	SIEN-6,5B-NO-K-L	150381	SIEN-6,5B-NO-S-L
M8	1,5	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150386	SIEN-M8B-PS-K-L	150387	SIEN-M8B-PS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150390	SIEN-M8B-PO-K-L	150391	SIEN-M8B-PO-S-L	
			NPN	Contacto normalmente abierto	150384	SIEN-M8B-NS-K-L	150385	SIEN-M8B-NS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150388	SIEN-M8B-NO-K-L	150389	SIEN-M8B-NO-S-L	
	2,5	Sin enrasar	PNP	Contacto normalmente abierto	150394	SIEN-M8NB-PS-K-L	150395	SIEN-M8NB-PS-S-L	
				Contacto normalmente cerrado	150398	SIEN-M8NB-PO-K-L	150399	SIEN-M8NB-PO-S-L	
NPN	Sin enrasar	Contacto normalmente abierto	150392	SIEN-M8NB-NS-K-L	150393	SIEN-M8NB-NS-S-L			
		Contacto normalmente cerrado	150396	SIEN-M8NB-NO-K-L	150397	SIEN-M8NB-NO-S-L			

1) S<sub>n</sub> Distancia de conmutación de referencia [mm]

# Detectores de proximidad SIEN, inductivo

FESTO

Hoja de datos: distancia de detección normalizada, tipo básico

Referencias								
Tamaño	S <sub>n</sub> <sup>1)</sup> [mm]	Tipo de montaje	Salida conmutada	Funcionamiento del elemento de maniobra	Conexión eléctrica			
					Cable		Conector tipo clavija	
					Nº art.	Tipo	Nº art.	Tipo
<b>M12</b>								
	2,0	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150402	SIEN-M12B-PS-K-L	150403	SIEN-M12B-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150406	SIEN-M12B-PO-K-L	150407	SIEN-M12B-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150400	SIEN-M12B-NS-K-L	150401	SIEN-M12B-NS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150404	SIEN-M12B-NO-K-L	150405	SIEN-M12B-NO-S-L
	4,0	Sin enrasar	PNP	Contacto normalmente abierto	150410	SIEN-M12NB-PS-K-L	150411	SIEN-M12NB-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150414	SIEN-M12NB-PO-K-L	150415	SIEN-M12NB-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150408	SIEN-M12NB-NS-K-L	150409	SIEN-M12NB-NS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150412	SIEN-M12NB-NO-K-L	150413	SIEN-M12NB-NO-S-L
<b>M18</b>								
	5,0	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150418	SIEN-M18B-PS-K-L	150419	SIEN-M18B-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150422	SIEN-M18B-PO-K-L	150423	SIEN-M18B-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150416	SIEN-M18B-NS-K-L	150417	SIEN-M18B-NS-S-L
Contacto normalmente cerrado	150420	SIEN-M18B-NO-K-L		150421	SIEN-M18B-NO-S-L			
	8,0	Sin enrasar	PNP	Contacto normalmente abierto	150426	SIEN-M18NB-PS-K-L	150427	SIEN-M18NB-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150430	SIEN-M18NB-PO-K-L	150431	SIEN-M18NB-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150424	SIEN-M18NB-NS-K-L	150425	SIEN-M18NB-NS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150428	SIEN-M18NB-NO-K-L	150429	SIEN-M18NB-NO-S-L
<b>M30</b>								
	10,0	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	150434	SIEN-M30B-PS-K-L	150435	SIEN-M30B-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150438	SIEN-M30B-PO-K-L	150439	SIEN-M30B-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150432	SIEN-M30B-NS-K-L	150433	SIEN-M30B-NS-S-L
Contacto normalmente cerrado	150436	SIEN-M30B-NO-K-L		150437	SIEN-M30B-NO-S-L			
	15,0	Sin enrasar	PNP	Contacto normalmente abierto	150442	SIEN-M30NB-PS-K-L	150443	SIEN-M30NB-PS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150446	SIEN-M30NB-PO-K-L	150447	SIEN-M30NB-PO-S-L
			NPN	Contacto normalmente abierto	150440	SIEN-M30NB-NS-K-L	150441	SIEN-M30NB-NS-S-L
				Contacto normalmente cerrado	150444	SIEN-M30NB-NO-K-L	150445	SIEN-M30NB-NO-S-L

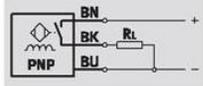
1) S<sub>n</sub> Distancia de conmutación de referencia [mm]

# Detectores de proximidad SIEN-...-PA, inductivo

FESTO

Hoja de datos: distancia de detección normalizada, cuerpo de poliamida

Función<sup>1)</sup>



1) Por ejemplo, contacto normalmente abierto con salida PNP y cable

- Distancia normalizada de conmutación
- Resistentes a la corrosión
- Cuerpo de poliamida
- Para corriente continua
- Forma redonda



Datos técnicos generales							
Forma	Redonda						
Corresponde a la norma	EN 60947-5-2						
Certificación	c UL us - Listed (OL)						
	C-Tick						
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva de máquinas UE CEM						
Características del material	No contiene cobre ni PTFE						
Señal de entrada / elemento de medición							
Temperatura ambiente	[°C]	-25 ... +70					
Salida, general							
Tipo de montaje	Enrasado			Sin enrasar			
Tamaño	M12	M18	M30	M12	M18	M30	
Precisión de repetición	[mm]	0,04	0,1	0,2	0,08	0,16	0,3
Salida conmutada							
Tipo de montaje	Enrasado			Sin enrasar			
Tamaño	M12	M18	M30	M12	M18	M30	
Salida conmutada	PNP			PNP			
	NPN			NPN			
Funcionamiento del elemento de maniobra	Contacto normalmente abierto			Contacto normalmente abierto			
Distancia de conmutación calculada	[mm]	2	5	10	4	8	15
Distancia de detección asegurada	[mm]	1,62	4,05	8,1	3,24	6,48	12,15
Factores de reducción							
Aluminio	0,35 ... 0,5			0,35 ... 0,5			
Acero inoxidable 18/8	0,6 ... 1,0			0,6 ... 1,0			
Cobre	0,25 ... 0,45			0,25 ... 0,45			
Latón	0,35 ... 0,5			0,35 ... 0,5			
Acero 37	1,0			1,0			
Histéresis	[mm]	0,06 ... 0,3	0,15 ... 0,75	0,3 ... 1,5	0,12 ... 0,6	0,24 ... 1,2	0,45 ... 2,25
Frecuencia máxima de maniobra DC	[Hz]	2 000	1 000	500	2 000	1 000	500
Corriente máxima de salida	[mA]	200			200		
Caída de tensión	[V]	≤ 1,8			≤ 1,8		
Salida, más datos							
Resistencia a cortocircuitos	Sincronizado						

# Detectores de proximidad SIEN-...-PA, inductivo

FESTO

Hoja de datos: distancia de detección normalizada, cuerpo de poliamida

Parte electrónica		
Tensión de funcionamiento	[V DC]	10 ... 30
Ondulación residual	[%]	10
Intensidad en reposo	[mA]	≤ 15
Protección contra polarización inversa		En todas las conexiones eléctricas

Electromecánica	
Conexión eléctrica	Cable trifilar
Longitud del cable	[m] 2,5
Material del recubrimiento del cable	PVC
Información sobre el material de la capa aislante	PVC

Parte mecánica						
Tamaño	M12	M18		M30		
Tipo de fijación	Con tuerca					
Tipo de montaje	Enrasado	Sin enrasar	Enrasado	Sin enrasar	Enrasado	Sin enrasar
Par de apriete	[Nm] -	25	-	25	15	15
Peso del producto	[g] 41	38	124	141	48	48
Información sobre el material del cuerpo	PA reforzado					

Indicación / utilización	
Indicación de estado de conmutación	LED amarillo

Recepción/emisión						
Tipo de montaje	Enrasado			Sin enrasar		
Tamaño	M12	M18	M30	M12	M18	M30
Temperatura ambiente con cableado móvil	[°C] 0 ... +70			0 ... +70		
Clase de protección	IP65 IP67			IP67		
Clase de resistencia a la corrosión <sup>1)</sup>	4			4		

1) Clase de resistencia a la corrosión 4 según norma de Festo 940 070  
Piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas expuestas a sustancias agresivas, por ejemplo en la industria alimentaria o química. Si procede, deben realizarse pruebas especiales con las sustancias presentes en estas aplicaciones.

**Dimensiones** Datos CAD disponibles en → [www.festo.com](http://www.festo.com)

M12

M18

1 Cable de conexión     
 2 Superficie activa     
 3 Diodo luminoso

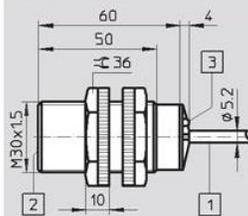
# Detectores de proximidad SIEN-...-PA, inductivo

FESTO

Hoja de datos: distancia de detección normalizada, cuerpo de poliamida

Dimensiones Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

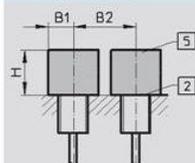
M30



- 1 Cable de conexión
- 2 Superficie activa
- 3 Diodo luminoso

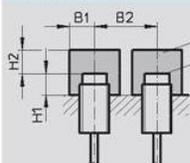
## Instrucciones para el montaje

### Montaje enrasado



- 2 Superficie activa
- 5 Espacio sin metal

### Montaje saliente



- 2 Superficie activa
- 5 Espacio sin metal

Tamaño	B1	B2	H
M12	18	24	6
M18	27	36	15
M30	45	60	30

Tamaño	B1	B2	H1	H2
M12	18	36	8	12
M18	27	54	16	24
M30	45	90	30	45

## Referencias

Tamaño	S <sub>n</sub> <sup>1)</sup> [mm]	Tipo de montaje	Salida conmutada	Funcionamiento del elemento de maniobra	Conexión eléctrica	
					Nº art.	Tipo
	2,0	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	538323	SIEN-M12B-PS-K-L-PA
			NPN		538324	SIEN-M12B-NS-K-L-PA
	4,0	Sin enrasar	PNP		538329	SIEN-M12NB-PS-K-L-PA
			NPN		538330	SIEN-M12NB-NS-K-L-PA
	5,0	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	538325	SIEN-M18B-PS-K-L-PA
			NPN		538326	SIEN-M18B-NS-K-L-PA
	8,0	Sin enrasar	PNP		538331	SIEN-M18NB-PS-K-L-PA
			NPN		538332	SIEN-M18NB-NS-K-L-PA
	10,0	Enrasado	PNP	Contacto normalmente abierto	538327	SIEN-M30B-PS-K-L-PA
			NPN		538328	SIEN-M30B-NS-K-L-PA
	15,0	Sin enrasar	PNP		538333	SIEN-M30NB-PS-K-L-PA
			NPN		538334	SIEN-M30NB-NS-K-L-PA

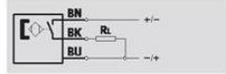
# Detectores SME-8 para ranura en T

Hoja de datos: Reed magnético

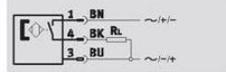
FESTO

## Función

Por ejemplo, contacto n.a., con cable, trifilar



Por ejemplo, contacto n. a., con conector tipo clavija,



- Principio de medición magnético Reed
- Introducción a lo largo de la ranura

## SME-8-SL

- Robustos mediante guías largas
- Conector directamente en el detector



SME-8



SME-8-SL

Datos técnicos generales					
Tipo	SME-8-K	SME-8-S	SME-8-O	SME-8-ZS	SME-8-SL
Forma	Para ranura en T				
Corresponde a la norma	EN 60947-5-2				
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva de máquinas UE CEM				
Características del material	No contiene cobre (exteriormente) ni PTFE				Conformidad con RoHS

Señal de entrada / elemento de medición							
Tipo	SME-8-K	SME-8-K5	SME-8-K-7,5	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Principio de medición	Magnético Reed						
Temperatura ambiente [°C]	-40 ... +60	-40 ... +70	-40 ... +70	-40 ... +70	-20 ... +60	-20 ... +60	-20 ... +60

Salida conmutada					
Tipo	SME-8-K	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Salida conmutada	Con contacto bipolar				
Funcionamiento del elemento de maniobra	Contacto normalmente abierto	Contacto normalmente abierto	Contacto normalmente abierto	Contacto normalmente cerrado	Contacto normalmente abierto
Reproducibilidad del valor de conmutación [mm]	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
Tiempo de conexión [ms]	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 2	≤ 0,6
Tiempo de desconexión [ms]	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,2	≤ 0,05
Frecuencia máxima de maniobra [Hz]	800	-	800	-	500
Corriente máxima de salida [mA]	500	500	80	50	500
Potencia de conmutación máx. AC [VA]	10	10	-	1,5	10
Potencia de conmutación máx. DC [W]	10	10	2,16	1,5	10
Caída de tensión [V]	0	-	≤ 3,5	≤ 2,5	0

Salida, más datos	
Resistencia a cortocircuitos	No
Resistencia a sobrecarga	No

Parte electrónica					
Tipo	SME-8-K	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Tensión de funcionamiento [V AC]	12 ... 30	12 ... 30	-	12 ... 30	10 ... 30
Tensión de funcionamiento [V DC]	12 ... 30	12 ... 30	12 ... 27	12 ... 30	10 ... 30
Protección contra polarización inversa	No				

# Detectores SME-8 para ranura en T

Hoja de datos: Reed magnético

FESTO

Electromecánica							
Tipo	SME-8-K	SME-8-K5	SME-8-K-7,5	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Conexión eléctrica	Cable trifilar			Cable con conector tipo zócalo M8x1, 3 contactos	Cable bifilar	Cable trifilar	Conector tipo clavija M8x1, 3 contactos
Sentido de la salida de la conexión	Longitudinal						
Longitud del cable [m]	2,5	5	7,5	0,3	2,5	7,5	-
Material del recubrimiento del cable	Poliuretano						

Parte mecánica							
Tipo	SME-8-K	SME-8-K5	SME-8-K-7,5	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Tipo de fijación	Fijación en la ranura en T Introducción a lo largo de la ranura						
Información sobre el material del cuerpo	Resina epoxi						
	Policarbonato						
	Polibutilenotereftalato						
	-				Acero de aleación fina, inoxidable	-	

Indicación / utilización	
Indicación de estado de conmutación	LED amarillo

Recepción/emisión							
Tipo	SME-8-K	SME-8-K5	SME-8-K-7,5	SME-8-S	SME-8-ZS	SME-8-O	SME-8-SL
Temperatura ambiente con cableado móvil [°C]	-5 ... +60	-5 ... +70	-5 ... +70	-5 ... +70	-5 ... +60	-5 ... +60	-
Clase de protección	IP65			-	IP65	-	IP65
	IP67			IP67	IP67	IP67	IP67
Tensión de aislamiento [V]	50						
Resistencia a sobretensión [kV]	3	3	3	3	3	3	3
Grado de ensuciamiento	3						

Ocupación de los contactos del conector tipo clavija, según EN 60947-5-2			
S			
Conector de 3 polos			
M8x1	Pin	Color del hilo	Asignación
	1	Marrón	+
	3	Azul	-
	4	Negro	Salida

# Detectores SME-8 para ranura en T

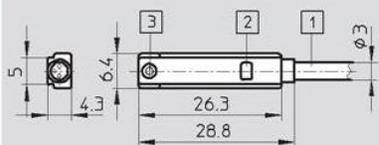
Hoja de datos: Reed magnético

FESTO

## Dimensiones

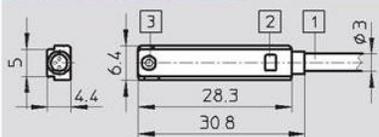
Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

### Contacto abierto en reposo, cable



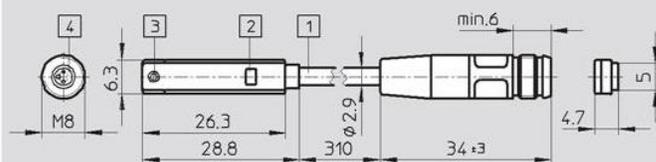
- 1 Cable de conexión
- 2 Diodo luminoso amarillo
- 3 Pieza de fijación

### Contacto cerrado en reposo, cable



- 1 Cable de conexión
- 2 Diodo luminoso amarillo
- 3 Pieza de fijación

### Conector M8x1



- 1 Cable de conexión
- 2 Conector tipo clavija para cable NEBU-M8
- 3 Pieza de fijación
- 4 Diodo luminoso amarillo

## Referencias

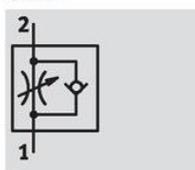
	Salida conmutada	Conexión eléctrica			Longitud del cable [m]	Nº art.	Tipo
		Cable	Cable con conector tipo clavija M8x1	Conector M8x1			
<b>Normalmente abierto, tipo básico</b>							
	Con contacto bipolar	Trifilar	-	-	2,5	150855	SME-8-K-LED-24
			-	-	5,0	175404	SME-8-K5-LED-24
			-	-	7,5	530491	SME-8-K-7,5-LED-24
		-	3 contactos	-	0,3	150857	SME-8-S-LED-24
	Con contacto bipolar	Bifilar	-	-	2,5	171169	SME-8-ZS-KL-LED-24
		-	-	3 contactos	-	526622	SME-8-SL-LED-24
<b>Contacto normalmente cerrado</b>							
	Con contacto bipolar	Trifilar	-	-	7,5	160251	SME-8-O-K-LED-24

# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras

FESTO

Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

Función



Válvula reguladora de caudal, estrangulación del escape  
GRLA/GRXA

- Bajo caudal: Ajuste preciso para velocidades bajas
- Racor QS
- Conexión montada girable en 360°

Variantes:

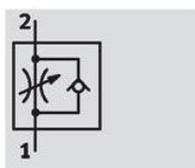
- Regulación mediante tornillo con ranura o tornillo moleteado
- Conexión giratoria, salida en L
- Conexión giratoria, salida paralela



GRL...-QS...-D

GRL...-QS...-RS-D

GRXA...-QS...-D



Válvula reguladora de caudal, estrangulación del aire de alimentación  
GRLZ

Datos técnicos generales		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2
Rosca para atornillar		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2
Función de válvula	GRLA/GRXA	Válvula reguladora de caudal, antirretorno del escape				
	GRLZ	Válvula reguladora de caudal, antirretorno del aire de alimentación				
Elemento de ajuste		Tornillo con ranura o moleteado				
Tipo de fijación		Atornillable				
Posición de montaje		Indistinta				
Características especiales	GRLA/GRLZ	Estando montada, girable indistintamente por el eje de atornillamiento				
	GRXA	Conexión giratoria en sentido indistinto			-	-
Par de apriete máx.	GRL...-D	[Nm] 1,5	5,5	11	20	40

Condiciones de funcionamiento y del entorno		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2
Rosca para atornillar		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2
Fluido		Aire comprimido seco, con o sin lubricación, grado de filtración 40 µm				
Presión de funcionamiento	[bar]	0,2 ... 10				
Temperatura de almacenamiento	[°C]	-10 ... +40				
Temperatura ambiente	[°C]	-10 ... +60				
Temperatura del fluido	[°C]	-10 ... +60				

Pesos [g]		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2
Rosca para atornillar		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2
	GRL...-D	13	22	42	60	106
	GRXA...-D	-	16	26	47	-
	GRLA...-MF-D	-	32	-	-	-
	GRLA...-RS-D	14	23	30	40	-
	GRLA...-RS-QS...D	-	24	50	72	124
	GRLA...-RS-QS...MF-D	-	40	-	-	-

# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras



Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

Caudal nominal normal qnN [l/min] con 6 bar → 5 bar							
Rosca para atornillar		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2	
Válvula reguladora de caudal, antirretorno del escape							
Características del caudal		LF	MF	LF	LF	LF	LF
GRLA-/GRXA- ... -D	QS-3	D <sup>1)</sup>	0 ... 100	–	0 ... 130	–	–
		R <sup>2)</sup>	60 ... 100	–	100 ... 130	–	–
	QS-4	D	0 ... 100	–	0 ... 160	–	–
		R	65 ... 110	–	120 ... 190	–	–
	QS-6	D	0 ... 115	0 ... 400	0 ... 185	0 ... 400	0 ... 495
		R	70 ... 110	290 ... 420	160 ... 240	290 ... 420	320 ... 495
	QS-8	D	–	0 ... 475	0 ... 215	0 ... 475	0 ... 820
		R	–	325 ... 500	175 ... 250	325 ... 500	450 ... 850
	QS-10	D	–	–	–	0 ... 480	0 ... 900
		R	–	–	–	345 ... 500	540 ... 975
	QS-12	D	–	–	–	–	0 ... 1 580
		R	–	–	–	–	925 ... 1 605
Válvula reguladora de caudal, antirretorno del aire de alimentación							
GRLZ-...-D	QS-3	D	0 ... 100	–	0 ... 130	–	–
		R	60 ... 100	–	100 ... 130	–	–
	QS-4	D	0 ... 100	–	0 ... 160	–	–
		R	65 ... 110	–	120 ... 190	–	–
	QS-6	D	0 ... 115	–	0 ... 185	–	–
		R	70 ... 110	–	160 ... 240	–	–
	QS-8	D	–	–	0 ... 215	–	–
		R	–	–	175 ... 250	–	–

- 1) D: Sentido de estrangulación  
2) R: Sentido de bloqueo

Caudal nominal normal qn [l/min] con 6 bar → 0 bar							
Rosca para atornillar		M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2	
Válvula reguladora de caudal, antirretorno del escape							
Características del caudal		LF	MF	LF	LF	LF	LF
GRLA-/GRXA- ... -D	QS-3	D <sup>1)</sup>	0 ... 145	–	0 ... 180	–	–
		R <sup>2)</sup>	150 ... 170	–	200 ... 220	–	–
	QS-4	D	0 ... 165	–	0 ... 250	–	–
		R	140 ... 160	–	270 ... 300	–	–
	QS-6	D	0 ... 185	0 ... 600	0 ... 370	0 ... 600	0 ... 740
		R	145 ... 170	570 ... 680	330 ... 390	570 ... 680	840 ... 890
	QS-8	D	–	0 ... 720	0 ... 400	0 ... 720	0 ... 1 300
		R	–	610 ... 760	330 ... 410	610 ... 760	1 080 ... 1 420
	QS-10	D	–	–	–	0 ... 760	0 ... 1 400
		R	–	–	–	630 ... 790	1 160 ... 1 620
	QS-12	D	–	–	–	–	0 ... 2 220
		R	–	–	–	–	1 910 ... 2 500
Válvula reguladora de caudal, antirretorno del aire de alimentación							
GRLZ-...-D	QS-3	D	0 ... 135	–	0 ... 200	–	–
		R	130 ... 160	–	180 ... 200	–	–
	QS-4	D	0 ... 160	–	0 ... 300	–	–
		R	150 ... 180	–	260 ... 290	–	–
	QS-6	D	0 ... 170	–	0 ... 340	–	–
		R	160 ... 200	–	390 ... 460	–	–
	QS-8	D	–	–	0 ... 370	–	–
		R	–	–	390 ... 470	–	–

- 1) D: Sentido de estrangulación  
2) R: Sentido de bloqueo

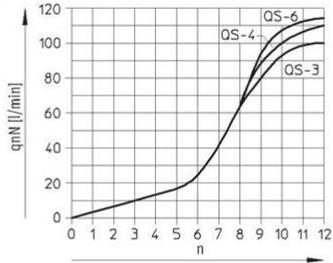
# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras

F

Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

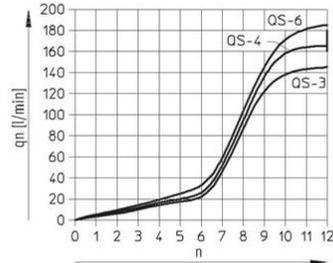
**Caudal nominal normal  $q_{nN}$  [l/min] con 6 bar  $\rightarrow$  5 bar en función de los giros  $n$  del husillo**

Rosca M5

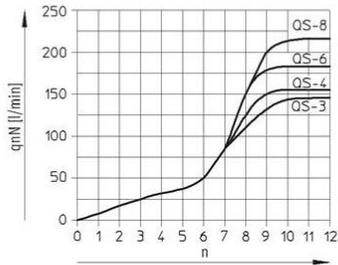


**Caudal nominal normal  $q_n$  con 6 bar  $\rightarrow$  0 bar en función de los giros  $n$  del husillo**

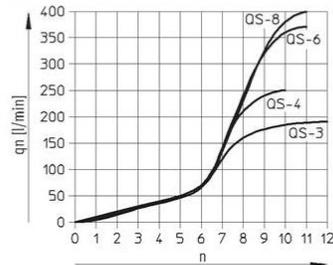
Rosca M5



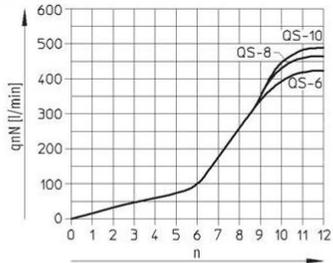
Rosca G1/8



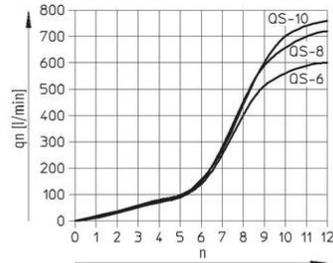
Rosca G1/8



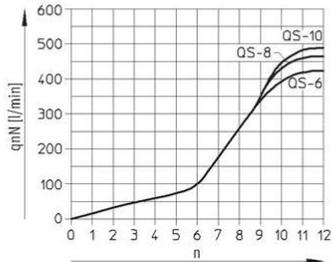
Rosca G1/8 con caudal MF



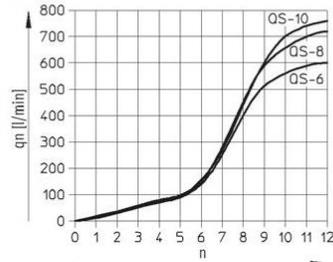
Rosca G1/8 con caudal MF



Rosca G1/4



Rosca G1/4



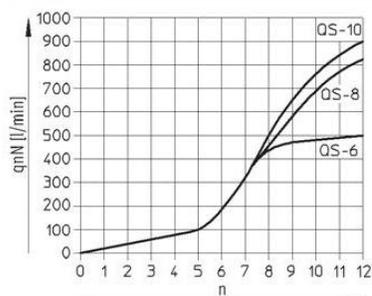
# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras

FESTO

Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

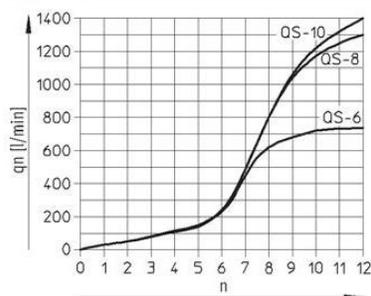
Caudal nominal normal  $q_{nN}$  [l/min] con 6 bar  $\rightarrow$  5 bar  
en función de los giros  $n$  del husillo

Rosca G $\frac{3}{8}$

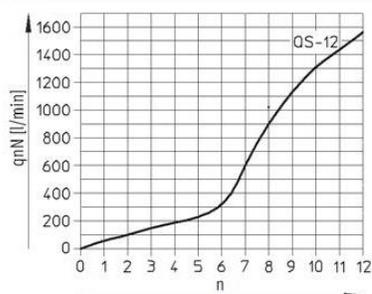


Caudal nominal normal  $q_n$  con 6 bar  $\rightarrow$  0 bar  
en función de los giros  $n$  del husillo

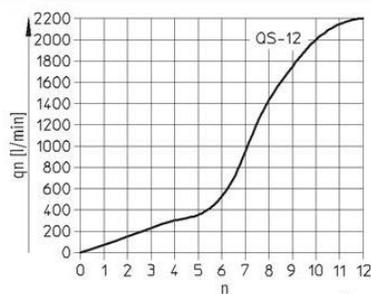
Rosca G $\frac{3}{8}$



Rosca G $\frac{1}{2}$

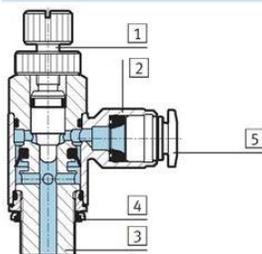


Rosca G $\frac{1}{2}$



## Materiales

Vista en sección



## Válvula reguladora de caudal

1	Tornillo de regulación	tornillo de ranura: latón tornillo moleteado: Acero inoxidable
2	Conexión orientable	Fundición inyectada de zinc
3	Parte roscada	Aleación de aluminio (M5: latón niquelado)
4	Junta	Caucho nitrílico
5	Anillo para soltar	Poliacetal
Materiales		Ejecuciones sin cobre ni PTFE ni silicona $\rightarrow$ Referencias

# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras

FESTO

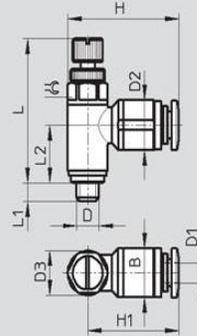
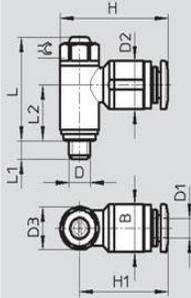
Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

## Dimensiones

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Conexión giratoria, salida en L, tornillo de ranura

Conexión giratoria, salida en L, tornillo moleteado



Rosca para atornillar D	Diámetro exterior del tubo flexible D1	B	D2 ∅	D3 ∅	H	H1	L máx.	L1	L2	⊕
Conexión giratoria, salida en L, tornillo de ranura										
M5	3	8,9	8,2 ±0,15	8,9 ±0,07	22,4	18	21,4	3,7 ±0,17/-0,25	11,65	8
	4	9,9	10,0 ±0,2		24,7	20,3			11,65	
	6	12	12,0 ±0,2		26,5	22			10,65	
G1/8	3	13,8	10,2 ±0,2	13,8 ±0,07	31,9	25	26,9	5,1 ±0,17/-0,25	14,4	12
	4		29,4		22,5	14,4				
	6		32,6		25,7	13,7				
	8		35,6		28,7	17,2				
G1/8 (MF)	6	17,8	12,5 ±0,2	17,8 ±0,15	36,6	27,7	31,5	5,9 ±0,17/-0,25	16,1	15
	8		14,5 ±0,2		39,6	30,7				
G1/4	6	17,8	12,5 ±0,2	17,8 ±0,15	36,6	27,7	31,5	5,9 ±0,17/-0,25	16,1	15
	8		14,5 ±0,2		30,7					
	10		17,5 ±0,2		42,0	33,1				
G3/8	6	22,4	12,5 ±0,2	22,4 ±0,15	39,8	28,6	36,0	6,95 ±0,15/-0,3	20,3	19
	8		14,5 ±0,2		44,1	32,9			19,3	
	10		17,5 ±0,2		46,7	35,5				
G1/2	12	27,8	20,5 ±0,15	27,8 ±0,15	55,3	41,4	42,3	8,15 ±0,15/-0,3	23,0	24
Conexión giratoria, salida en L, tornillo moleteado										
M5	3	8,9	8,2 ±0,15	8,9 ±0,07	22,4	18	31,3	3,7 ±0,17/-0,25	11,65	8
	4	9,9	10,0 ±0,2		24,7	20,3			11,65	
	6	12	12,0 ±0,2		26,5	22			10,65	
G1/8	3	13,8	10,2 ±0,2	13,8 ±0,07	31,9	25	40,4	5,1 ±0,17/-0,25	14,4	12
	4		29,4		22,5	14,4				
	6		32,6		25,7	13,7				
G1/8 (MF)	6	13,8	12,5 ±0,2	17,8 ±0,15	36,6	27,7	48	5,1 ±0,17/-0,25	17,2	15
	8		14,5 ±0,2		39,6	30,7				
G1/4	6	17,8	12,5 ±0,2	17,8 ±0,15	36,6	27,7	48,3	5,9 ±0,17/-0,25	16,1	15
	8		14,5 ±0,2		30,7					
	10		17,5 ±0,2		42,0	33,1				
G3/8	6	22,4	12,5 ±0,2	22,4 ±0,15	39,8	28,6	55,3	6,95 ±0,15/-0,3	20,3	19
	8		14,5 ±0,2		44,1	32,9			19,3	
	10		17,5 ±0,2		46,7	35,5				
G1/2	12	27,8	20,5 ±0,15	27,8 ±0,15	55,3	41,4	65,7	8,15 ±0,15/-0,3	23,0	24

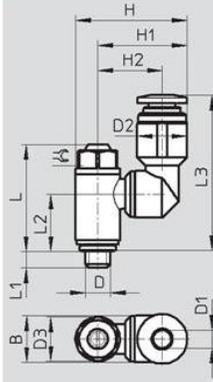
# Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras



Datos técnicos: regulador estándar con conexión QS, serie D

**Dimensiones** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Conexión giratoria, salida paralela y giratoria, tornillo de ranura



Rosca para atornillar D	Diámetro exterior del tubo flexible D1	B	D2 Ø +0,15/-0,1	D3 Ø	H	H1	H2	L	L1	L2	L3	⊕
M5	3	8,9	8,2	8,9 ±0,07	20,7	16,25	12,15	21,4	3,6	11,5	29,6	8
	4		10		22,4	17,95	12,95	21,4	3,6	11,5	31,3	8
	6		12,2		24,7	20,25	14,15	21,4	3,6	11,5	33	8
G3/8	3	13,8	10,2	13,8 ±0,07	27,6	20,7	15,6	26,9	4,9	14,1	37	12
	4		10,2		27,6	20,7	15,6	26,9	4,9	14,1	34,5	12
	6		12,2		29,6	22,7	16,6	26,9	4,9	14,1	36,7	12
	8		14,2		31,6	24,7	17,6	26,9	4,9	14,1	38,9	12
G1/4	6	17,8	12,2	17,8 ±0,15	33,6	24,7	18,6	31,5	5,7	17,5	40,1	15
	8		14,2		35,6	26,7	19,6	31,5	5,7	17,5	42,3	15
	10		17,5		38,9	30	21,25	31,5	5,7	17,5	44,3	15

# Electroválvulas MFH-B, Tiger 2000

Hoja de datos: válvulas de 5/3 vías

FESTO

-  - Caudal  
1 000 ... 2 600 l/min

-  - Tensión  
12, 24, 42, 48 V DC  
24, 42, 48, 110, 230,  
240 V AC



Datos técnicos generales				
Conexión neumática		G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$
Función de válvula		Válvula de 5/3 vías		
Construcción		Válvula de corredera		
Principio de estanqueidad		Juntas de material sintético		
Tipo de accionamiento		Eléctrico		
Forma de reposición		Muelle mecánico		
Tipo de mando		Servopilotaje		
Alimentación del aire de pilotaje		Interna o externa		
Sentido del flujo		Irreversible		
Función de escape		Con estrangulación		
Accionamiento manual auxiliar		Con accesorio, enclavado		
Tipo de fijación		Mediante taladros		
Posición de montaje		Indistinta		
Diámetro nominal [mm]		5	7	12
Caudal nominal	Cerrada [l/min]	1 000	1 600	2 000
	A escape [l/min]			
	A presión [l/min]			
Patrón [mm]		27	33	41
Peso del producto [g]		400	500	780

Condiciones de funcionamiento y del entorno				
Conexión neumática		G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$
Fluido		Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar Vacío		
Presión de funcionamiento	Alimentación interna del aire de pilotaje [bar]	3 ... 10	3 ... 10	3 ... 10
	Alimentación externa del aire de pilotaje [bar]	-0,9 ... +10	-0,9 ... +10	-0,9 ... +10
Presión de pilotaje [bar]		3 ... 10	3 ... 10	3 ... 10
Temperatura ambiente [°C]		-5 ... +40		
Temperatura del fluido [°C]		-10 ... +60		

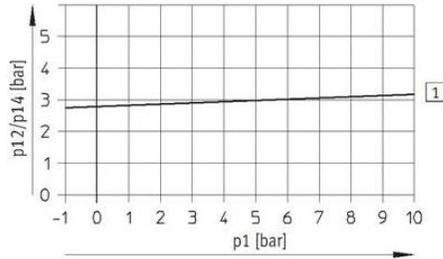
# Electroválvulas MFH-B, Tiger 2000

Hoja de datos: válvulas de 5/3 vías



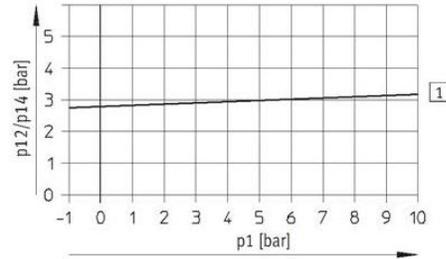
## Presión de mando mínima $p_{12}/p_{14}$ en función de la presión de funcionamiento $p_1$ (con alimentación externa del aire de pilotaje)

MFH-5/3...-1/8-S-B



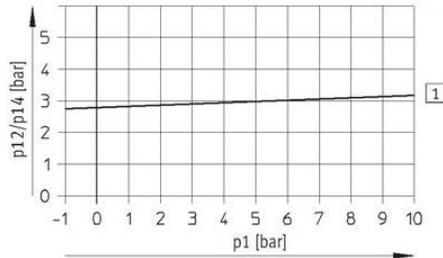
1 Conexión

MFH-5/3...-1/4-S-B



1 Conexión

MFH-5/3...-3/8-S-B



1 Conexión

## Tiempos de respuesta de la válvula [ms]

Conexión neumática	G1/8		G1/4		G3/8	
	Conexión	Desconexión	Conexión	Desconexión	Conexión	Desconexión
Cerrada	18	20	20	22	24	80
A escape	20	20	24	36	36	85
A presión	24	24	34	30	30	82

# Electroválvulas MFH-B, Tiger 2000

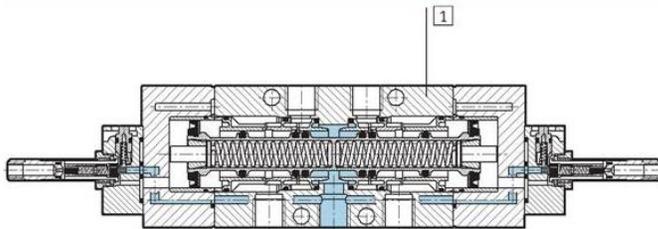
FESTO

Hoja de datos: válvulas de 5/3 vías

Datos eléctricos			
Bobinas F			
Conexión eléctrica		Lengüetas de conectores tipo zócalo MSSD-F, KMF	
Tensión de funcionamiento	Tensión continua	[V DC]	12, 24, 42, 48
	Tensión alterna	[V AC]	24, 42, 48, 110, 230, 240 (50 ... 60 Hz)
Valores característicos de las bobinas	Tensión continua	[W]	4,5
	Tensión alterna	[VA]	Atracción: 7,5 Mantenimiento: 6
Clase de protección según NE 60 529		IP65 (con conector tipo zócalo)	

## Materiales

Vista en sección



1	Cuerpo	Fundición inyectada de aluminio
-	Juntas	Caucho nitrílico

# Tapas de protección

Hoja de datos: tapón



Los tapones se colocan/atornillan en conexiones/aberturas no utilizadas para taponarlas. De esta manera se consiguen los siguientes resultados:

- Funcionamiento correcto del componente
- Obtención de una determinada clase de protección
- Prevención de riesgos (por ejemplo, tapando partes conductoras de corriente)



Referencias								
Figura	Peso del producto [g]	Material	Accionamiento	Rosca	Longitud [mm]	Características especiales	Nº art.	Tipo
	0,8	Aleación de aluminio	Hexágono exterior, llave 7	M5	8	IP65 (montada)	<b>3 843</b>	<b>B-M5</b>
	1,2	Acero	Hexágono interior, llave 2,5	M5	6,5	IP65 (montada)	<b>174 308</b>	<b>B-M5-B</b>
	2,6		Hexágono interior, llave 3	M7	8	IP65 (montada)	<b>174 309</b>	<b>B-M7</b>
	6,8	Acero cincado	Hexágono interior, llave 5	G1/8	11	IP65 (montada)	<b>3 568</b>	<b>B-1/8</b>
	15,3		Hexágono interior, llave 6	G1/4	15	IP65 (montada)	<b>3 569</b>	<b>B-1/4</b>
	24		Hexágono interior, llave 8	G3/8	15	IP65 (montada)	<b>3 570</b>	<b>B-3/8</b>
	42		Hexágono interior, llave 10	G1/2	18	IP65 (montada)	<b>3 571</b>	<b>B-1/2</b>
		Aleación de aluminio	Hexágono exterior, llave 8	M6	14,4	KBK4 <sup>1)</sup> IP65/IP67 (montada)	<b>532 476</b>	<b>CDVI-5.0-B-M6</b>
	9,9		Hexágono exterior, llave 10	G1/8	14		<b>196 720</b>	<b>CDVI-5.0-B-G1/8</b>
	35,1		Hexágono exterior, llave 15	G3/8	21,5		<b>196 712</b>	<b>CDVI-5.0-B-G3/8</b>
	6,9	Poliámid 6, (Wellamid)	Hexágono exterior, llave 11 / destornillador en cruz H3	M8	10,5	IP65 (montada)	<b>177 672</b>	<b>ISK-M8</b>
	1,5		Hexágono exterior, llave 14 / destornillador en cruz H3	M12	13,5	IP65 (montada)	<b>165 592</b>	<b>ISK-M12</b>

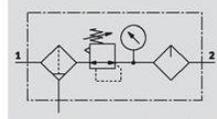
<sup>1)</sup> Clase de resistencia a la corrosión 4 según norma de Festo 940 070  
Piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas expuestas a sustancias agresivas, por ejemplo en la industria alimentaria o química. Si procede, deben realizarse pruebas especiales con las sustancias presentes en estas aplicaciones.

# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica

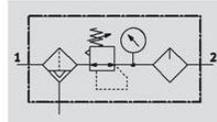
FESTO

Hoja de datos

FRC/FRCS...-MICRO/MINI/MIDI  
Purga de condensado manual,  
con giro; con manómetro

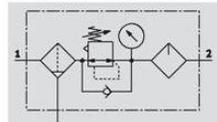


Purga de condensado semiautomática  
o automática, con manómetro

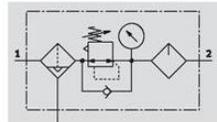


FRC/FRCS...-MAXI

Purga de condensado manual,  
con giro; con manómetro



Purga de condensado automática, con  
manómetro



- - Caudal  
90 ... 8 700 l/min
- - Temperatura  
-10 ... +60 °C
- - Presión de entrada  
1 ... 16 bar



- Filtro, regulador y lubricador en una unidad
- Gran caudal y eficiencia de retención de partículas de suciedad
- Buenas características de regulación con baja histéresis
- Cabezal bloqueable para asegurar los valores ajustados
- Botón giratorio con cerradura integrada
- Dos márgenes de regulación de la presión: 0,5 ... 7 bar y 0,5 ... 12 bar
- Dos conexiones para manómetros para una instalación más versátil
- Con purga manual, semiautomática o automática del condensado
- Cartuchos de 5 µm o 40 µm
- Nuevos cartuchos filtrantes → 30
- Festo recomienda los siguientes aceites:  
Viscosidad según ISO 3448 clase VG 32  
32 mm<sup>2</sup>/s (cSt) con 40 °C
- Aceite especial Festo → 31
- ARAL Vitam GF 32
- BP Energol HLP 32
- Esso Nuto H 32
- Mobil DTE 24
- Shell Tellus Oil DO 32

Datos técnicos generales																
Tamaño	Micro				Mini			Midi				Maxi				
Conexión neumática	M5	M7	G1/8	QS4	QS6	G1/8	G1/4	G3/8	G1/4	G3/8	G1/2	G3/4	G1/2	G3/4	G1	
Fluido	Aire comprimido															
Construcción	Unidad de filtro y regulador, con o sin manómetro Lubricador proporcional estándar															
Tipo de fijación	Con accesorios Montaje en línea															
Posición de montaje	Vertical ± 5°															
Seguridad contra accionamiento involuntario	Botón giratorio con enclavamiento - Botón giratorio con cerradura integrada															
Grado de filtración [µm]	5				5 ó 40											
Histéresis máxima de la presión [bar]	0,3				0,2											0,4
Margen de regulación de la presión [bar]	0,5 ... 7				0,5 ... 7 0,5 ... 12											
Indicación de presión	Con manómetro															
Cantidad máx. de condensado [cm <sup>3</sup> ]	M5 en preparación				G1/8 en preparación			G1/4 en preparación				G3/4 en preparación				
	3				22			43				80 <sup>1)</sup>				
Presión de entrada [bar]																
Purga de condensado	Manual con giro	1 ... 10				1 ... 16										
	Semiautomática	1 ... 10				-										
	Automática	-				2 ... 12										

1) En FRC...-DI-MAXI, la cantidad máxima de condensado es de 43 cm<sup>3</sup>.

# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica

FESTO

Hoja de datos

Caudal nominal normal <sup>1)</sup> qnN [l/min]					
Conexión	Rosca interior		Placa base		
	M5	M7	G1/8	QS4	QS6
Micro					
FRC/FRCS	90	170	140	100	140

- 1) Medición con p1 = 10 bar, p2 = 6 bar y Δp = 1 bar  
Para un funcionamiento correcto es necesario disponer como mínimo de un caudal de 125 l/min.

Caudal nominal normal <sup>1)</sup> qnN [l/min]						
Conexión	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2	G3/4	G1
Mini						
FRC/FRCS-...-D-...(-A)	700	1 000	1 200	-	-	-
FRC/FRCS-...-D-7-...(-A)	800	1 300	1 500	-	-	-
FRC/FRCS-...-D-5M-...(-A)	600	850	1 050	-	-	-
Midi						
FRC/FRCS-...-D-...(-A)	-	1 500	2 000	2 600	2 600	-
FRC/FRCS-...-D-7-...(-A)	-	1 700	2 000	2 800	2 800	-
FRC/FRCS-...-D-5M-...(-A)	-	1 300	1 700	1 800	2 100	-
Maxi						
FRC/FRCS-...-D-...(-A)	-	-	-	7 600	8 300	8 500
FRC/FRCS-...-D-7-...(-A)	-	-	-	7 700	8 500	8 700
FRC/FRCS-...-D-5M-...(-A)	-	-	-	6 800	7 000	7 200
Maxi: regulador de presión de accionamiento directo, con función integrada de flujo inverso						
FRC-...-D-...(-A)	-	-	-	3 300	3 800	4 000
FRC-...-D-7-...(-A)	-	-	-	4 500	5 000	5 200
FRC-...-D-5M-...(-A)	-	-	-	3 000	3 600	3 800

- 1) Medición con p1 = 10 bar, p2 = 6 bar y Δp = 1 bar  
Para un funcionamiento correcto es necesario disponer como mínimo de un caudal de 125 l/min.

Profundidad de las roscas [mm]					
Conexión	M5	M7	G1/8	QS4	QS6
Micro					
En el cuerpo	5	6	-	-	-
En las placas base	-	-	8	-	-

Condiciones del entorno				
Tamaño	Micro	Mini	Midi	Maxi
Temperatura ambiente [°C]	-10 ... +60			
Temperatura del fluido [°C]	-10 ... +60			
Resistencia a la corrosión CRC <sup>1)</sup>	2			

- 1) Clase de resistencia a la corrosión 2 según norma de Festo 940 070  
Válida para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente decorativas.

## Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica

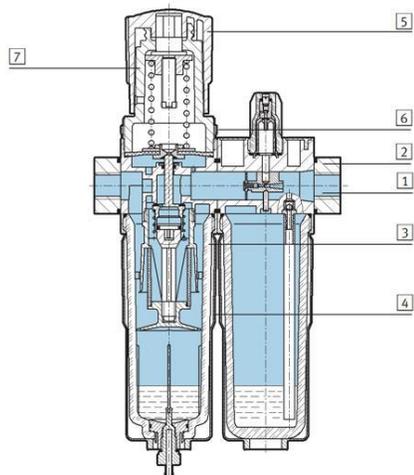
FESTO

Hoja de datos

Tamaño	Micro		Mini	Midi	Maxi	
	Rosca interior	Placa base			Conexión G1/2, G3/4	Conexión G1
Con manómetro						
FRC-...	113	133	660	1 440	2 390	2 520
FRC-...-DI	-	-	-	-	2 670	2 670
FRCS-...	-	-	760	1 680	2 490	2 620
Sin manómetro						
FRC-...	103	123	600	1 350	2 280	2 460
FRC-...-DI	-	-	-	-	2 600	2 600
FRCS-...	-	-	700	1 590	2 380	2 560

### Materiales

Vista en sección



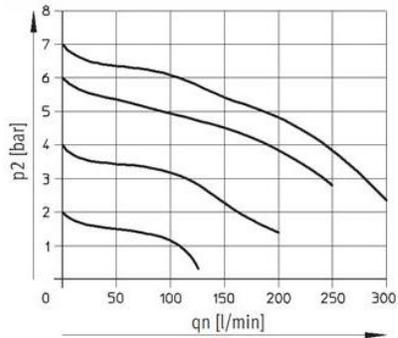
Unidades de mantenimiento	Micro	Mini/Midi/Maxi
1 Cuerpo	Aleación de aluminio	Fundición inyectada de zinc
2 Placas base	Aleación de aluminio	Fundición inyectada de zinc / Aluminio
3 Depósito	Polycarbonato	Polycarbonato
4 Funda metálica de protección	-	Aluminio
5 Botón de regulación	Poliacetal	Poliacetal
6 Tuerca moleteada	Aleación de aluminio	Aluminio
7 Soporte	Polycarbonato	-
- Juntas	Caucho nitrílico	Caucho nitrílico

# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica

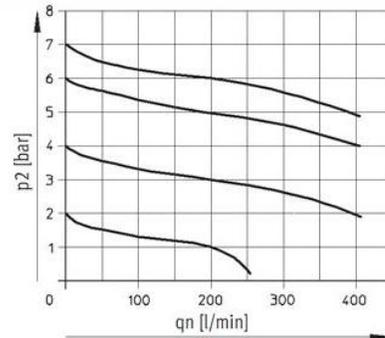
Hoja de datos

## Caudal normal $q_n$ en función de la presión secundaria $p_2$

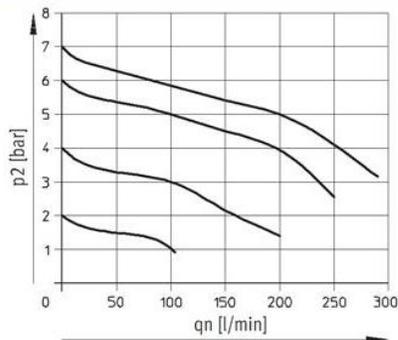
FRC-M5-...-MICRO



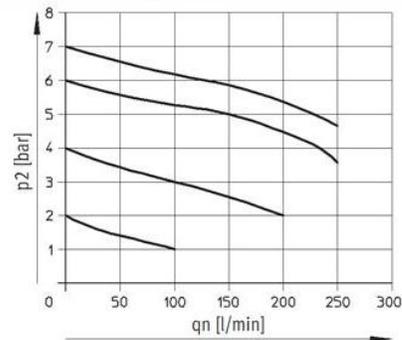
FRC-M7-...-MICRO B



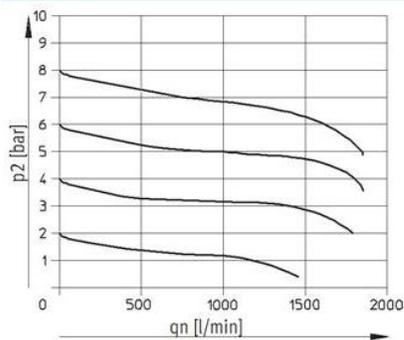
FRC-QS4-...-MICRO



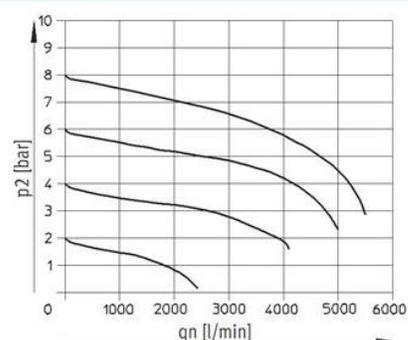
FRC-QS6-...-MICRO y FRC-1/8-...-MICRO



FRC/FRCS-1/4-D-MINI



FRC/FRCS-1/2-D-MIDI



Presión primaria  $p_1 = 10$  bar

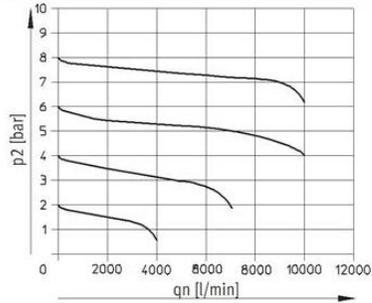
# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica



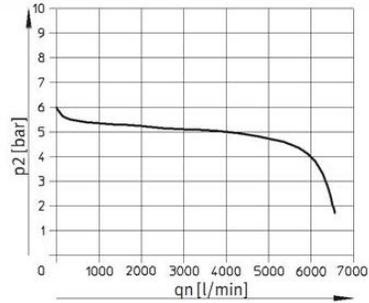
Hoja de datos

## Caudal normal qn en función de la presión secundaria p2

FRC/FRCS-1-D-MAXI



FRC-1-D-DI-MAXI



Presión primaria p1 = 10 bar

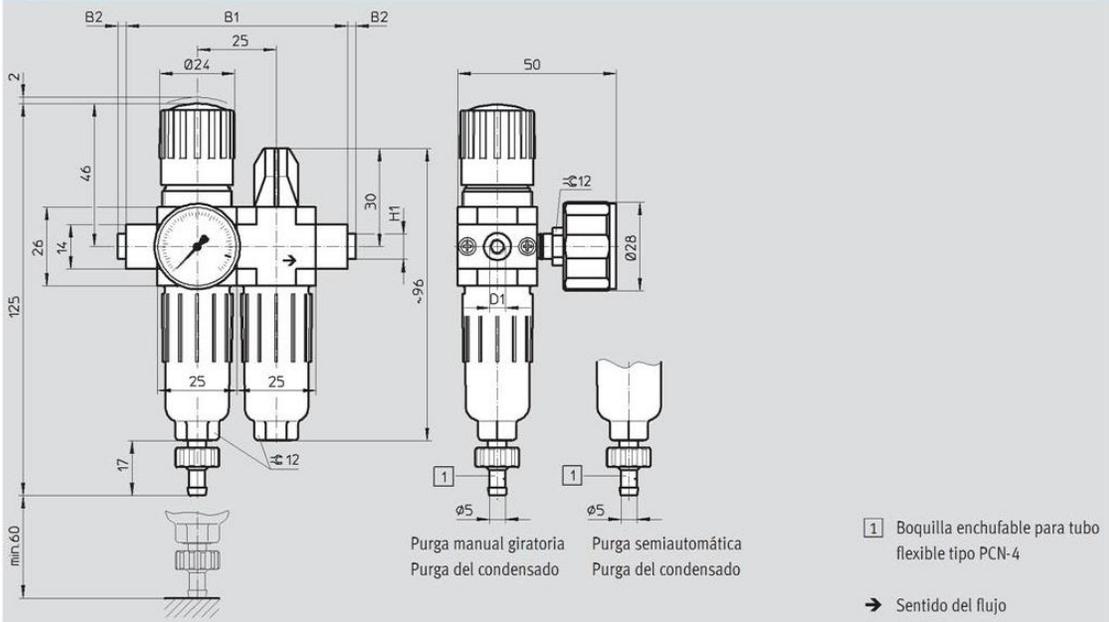
Importante

Para mejorar el comportamiento de regulación, la construcción del FRC/FRCS-...-MAXI prevé un consumo interno de aire en función de la presión primaria.

## Dimensiones

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Micro



Tipo	B1	B2	D1	H1
FRC-M5-D-7-5M-MICRO (H)	50	-	M5	-
FRC-M7-D-7-5M-MICRO (H) B			M7	
FRC-3/8-D-7-5M-MICRO (H)	70	~2,5	G1/8	~8
FRC-QS4-D-7-5M-MICRO (H)			QS4	
FRC-QS6-D-7-5M-MICRO (H)			QS6	

# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica

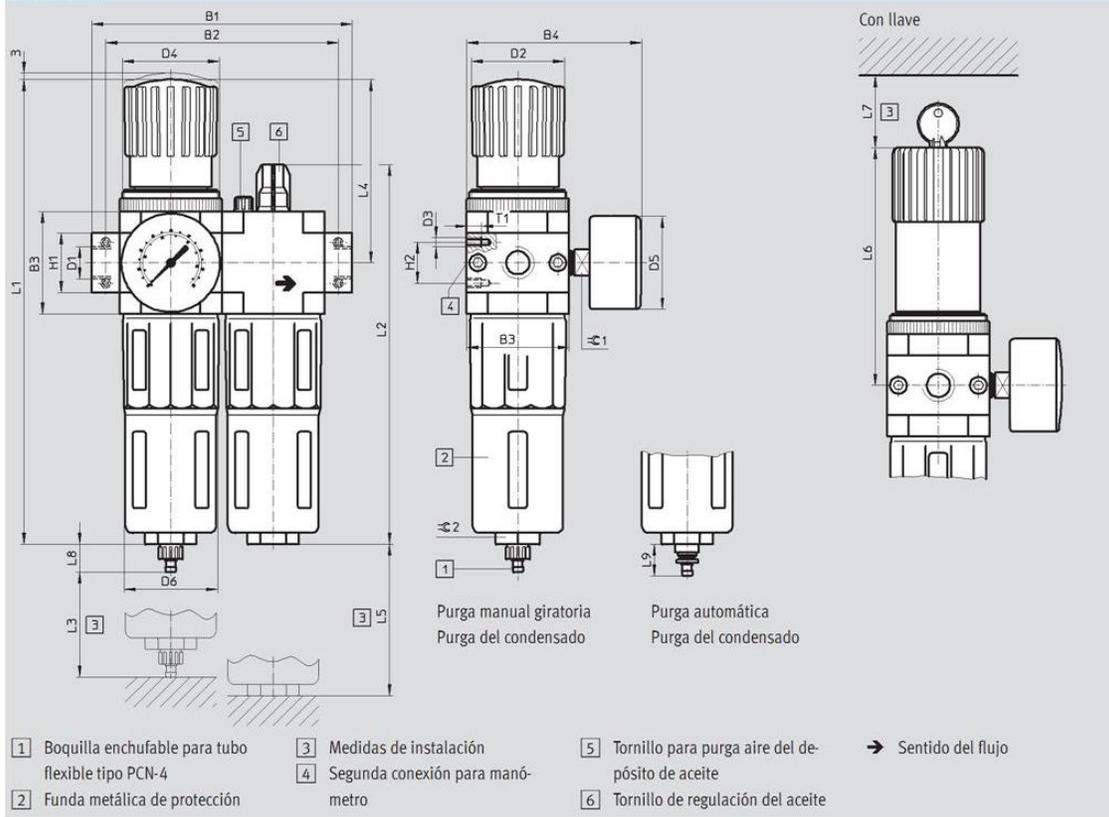
Hoja de datos

FESTO

## Dimensiones

Mini/Midi/Maxi

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)



Tipo	B1	B2	B3	B4	D1	D2	D3	D4	D5	D6
<b>Mini</b>										
FRC/FRCS-1/8-D-MINI	104	92	40	76	G1/8	31	M4	M36x1.5	41	38
FRC/FRCS-1/4-D-MINI					G1/4					
FRC/FRCS-3/8-D-MINI	110				G3/8					
<b>Midi</b>										
FRC/FRCS-1/4-D-MIDI	140	125	55	95	G1/4	50	M5	M52x1.5	50	52
FRC/FRCS-3/8-D-MIDI					G3/8					
FRC/FRCS-1/2-D-MIDI					G1/2					
FRC/FRCS-3/4-D-MIDI					G3/4					
<b>Maxi</b>										
FRC/FRCS-1/2-D-MAXI	162	146	66	107	G1/2	31	M5	M36x1.5	50	65
FRC-1/2-D-DI-MAXI						49		M52x1.5		
FRC/FRCS-3/4-D-MAXI					G3/4	31		M36x1.5		
FRC-3/4-D-DI-MAXI						49		M52x1.5		
FRC/FRCS-1-D-MAXI	182	157			G1	31		M36x1.5		
FRC-1-D-DI-MAXI						49		M52x1.5		

⚠ Importante: Este producto cumple con los estándares ISO 1179-1 e ISO 228-1.

# Unidades de mantenimiento FRC/FRCS, serie D, ejecución metálica



Hoja de datos

Tipo	H1	H2	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	T1	≈C 1	≈C 2
<b>Mini</b>														
FRC/FRCS-1/8-D-MINI	20	11	193	169	60	69	100	98	60	15	19	7	14	22
FRC/FRCS-1/4-D-MINI														
FRC/FRCS-3/8-D-MINI														
<b>Midi</b>														
FRC/FRCS-1/4-D-MIDI	32	22	250	204	80	99	120	130	60	15	19	8	14	24
FRC/FRCS-3/8-D-MIDI														
FRC/FRCS-1/2-D-MIDI														
FRC/FRCS-3/4-D-MIDI														
<b>Maxi</b>														
FRC/FRCS-1/2-D-MAXI	32	22	252	228	90	82	150	111	60	15	19	8	14	24
FRC-1/2-D-DI-MAXI			275			105		135						
FRC/FRCS-3/4-D-MAXI	252		82			111								
FRC-3/4-D-DI-MAXI	275		105			135								
FRC/FRCS-1-D-MAXI	40		252			82		111						
FRC-1-D-DI-MAXI			275			105		135						

# Tubos PUN-CM, calibración del diámetro exterior, antiestáticos



Hoja de datos

## Tubo de material sintético PUN-CM

Tubo de material sintético altamente flexible, conductor eléctrico.  
Resistencia de la superficie  
 $10^4 \dots 10^7$  ohmios

Temperatura ambiente  
-35 ... +60 °C

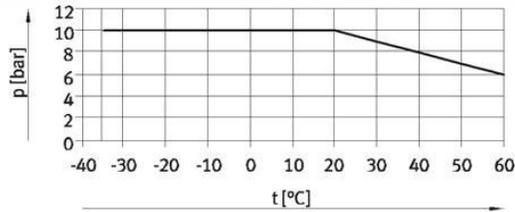
Presión de funcionamiento en función de la temperatura  
-0,95 ... +10 bar

Material:  
Poliuretano

Nota sobre los materiales:  
Sin cobre ni PTFE



### Presión de funcionamiento p en función de la temperatura t



### Racores admisibles



Racores rápidos roscados  
Quick Star QS-F, metálicos  
→ Internet: qs-f

### Dimensiones y referencias

Diámetro exterior [mm]	Diámetro interior [mm]	Radio de curvatura mín. [mm]	Radio de curvatura relevante para el caudal [mm]	Peso [kg/m]	Color	Nº de artículo	Tipo	PE <sup>1)</sup> [m]
4	2,5	5	17	0,0089	Negro	188882	PUN-CM-4-SW	50
6	4	13	26,5	0,0192		188883	PUN-CM-6-SW	50
8	5,5	14	37	0,0320		130816	PUN-CM-8-SW	50
10	7	19	54	0,0480		130817	PUN-CM-10-SW	50
12	8	22	70	0,0754		130818	PUN-CM-12-SW	50

1) Unidad de embalaje

# Tubos PUN-H, calibración del diámetro exterior, resistentes a la hidrólisis



Hoja de datos

Tubo de material sintético PUN-H

Temperatura ambiente  
-35 ... +60 °C

Material:  
Poliuretano

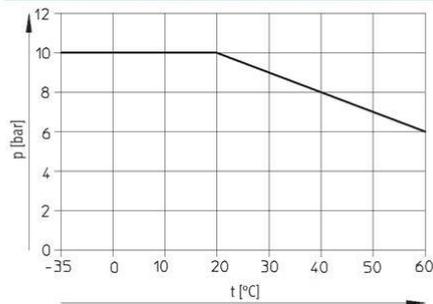
Homologado para la industria alimentaria.

Presión de funcionamiento en función de la temperatura  
-0,95 ... +10 bar

Nota sobre los materiales:  
Sin cobre ni PTFE



## Presión de funcionamiento p en función de la temperatura t



## Racores admisibles



Racores rápidos roscados  
Quick Star QS  
→ Internet: qs



Racores rápidos roscados  
Quick Star QS-F, metálicos<sup>1)</sup>  
→ Internet: qs-f

<sup>1)</sup> Racores recomendados

## Dimensiones y referencias

Diámetro exterior	Diámetro interior	Radio de curvatura mín.	Radio de curvatura relevante para el caudal	Peso	Color	Nº de artículo	Tipo	PE <sup>1)</sup>
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]				[m]
3	2,1	6	12	0,0042	Natural	197375	PUN-H-3x0,5-NT	50
					Natural	558263	PUN-H-3x0,5-NT-500	500
					Azul	197382	PUN-H-3x0,5-BL	50
					Azul	558256	PUN-H-3x0,5-BL-500	500
					Negro	197389	PUN-H-3x0,5-SW	50
					Negro	558249	PUN-H-3x0,5-SW-500	500
					Plateado	558277	PUN-H-3x0,5-SI	50
					Plateado	558270	PUN-H-3x0,5-SI-500	500
					Rojo	558284	PUN-H-3x0,5-RT	50
					Verde	558291	PUN-H-3x0,5-GN	50
4	2,6	6	16	0,0085	Amarillo	558298	PUN-H-3x0,5-GE	50
					Natural	197376	PUN-H-4x0,75-NT	50
					Natural	558264	PUN-H-4x0,75-NT-500	500
					Azul	197383	PUN-H-4x0,75-BL	50
					Azul	558257	PUN-H-4x0,75-BL-500	50
					Negro	197390	PUN-H-4x0,75-SW	500
					Negro	558250	PUN-H-4x0,75-SW-500	500
					Plateado	558278	PUN-H-4x0,75-SI	50
					Plateado	558271	PUN-H-4x0,75-SI-500	500
					Rojo	558285	PUN-H-4x0,75-RT	50
Verde	558292	PUN-H-4x0,75-GN	50					
Amarillo	558299	PUN-H-4x0,75-GE	50					

<sup>1)</sup> Unidad de embalaje

# Bobinas tipo MSF

Hoja de datos

FESTO

 Tensión  
 12 ... 42 V DC  
 24 ... 240 V AC

 Temperatura  
 -5 ... +40 °C

- Según norma VDE 0580 con clase de aislamiento F
- Sustitución sin interrumpir el circuito neumático
- Bajo consumo y poco calentamiento



Datos técnicos generales	
Tipo de fijación	Con tuerca moleteada
Posición de montaje	Indistinta (sobre el núcleo de la bobina, girable en 360°)
Par de apriete admisible en el conector tipo zócalo [Nm]	0,4
Peso del producto [g]	55

Materiales	
Bobina	Plástico termoendurecido, cobre, acero
Calidad del material	Conformidad con RoHS

Datos eléctricos								
Tipo	MSFG-12	MSFG-42	MSFG-24/42	MSFW-24	MSFW-48	MSFW-110	MSFW-230	MSFW-240
Conexión eléctrica	3 contactos Lengüetas del enchufe con distribución según estándar de Festo para MSSD-F							
Tiempo de llamada mínimo [ms]	10							
Oscilaciones admisibles de la tensión [%]	±10							
Oscilaciones de frecuencia admisibles [%]	-		±5					
Tiempo de utilización [%]	100							
Factor de potencia cosφ	-		0,7					
Indicación de la posición de conmutación	No							
Clase de protección según EN 60529	IP65 con conector tipo zócalo							

Valores característicos de las bobinas								
Tipo	MSFG-12	MSFG-42	MSFG-24/42	MSFW-24	MSFW-48	MSFW-110	MSFW-230	MSFW-240
Potencia	12 V DC, 4,1 W	42 V DC, 5,5 W	24 V DC, 4,5 W	-	-	-	-	-
Potencia de arranque 50/60 Hz	-	-	42 V AC, 9 VA	24 V AC, 9 VA	48 V AC, 9 VA	110 V AC, 9 VA	230 V AC, 9 VA	240 V AC, 9 VA
Potencia de retención 50/60 Hz	-	-	42 V AC, 7 VA	24 V AC, 7 VA	48 V AC, 7 VA	110 V AC, 7 VA	230 V AC, 7 VA	240 V AC, 7 VA

Condiciones de funcionamiento y del entorno								
Tipo	MSFG-12	MSFG-42	MSFG-24/42	MSFW-24	MSFW-48	MSFW-110	MSFW-230	MSFW-240

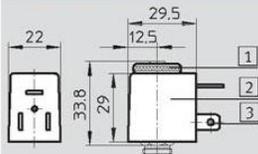
# Bobinas tipo MSF

Hoja de datos

FESTO

## Dimensiones

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)



- 1 Tuerca de fijación
- 2 Bobina  
(sobre el núcleo de la bobina,  
girable en 360°)
- 3 Lengüetas para conectores tipo  
zócalo MSSD-F, KMF

Importante

Puesta en funcionamiento sólo con válvulas de aluminio con cuerpos de las siguientes dimensiones  $\geq 26 \times 16 \times 14$  mm

## Referencias

	Descripción	Nº art.	Tipo
<b>Bobina</b>			
	Sin conector tipo zócalo, con arandela elástica y tuerca moleteada	12 V DC	34410 MSFG-12DC-OD
		24 V DC, 42 V AC	34411 MSFG-24/42-50/60-OD
		42 V DC	34413 MSFG-42DC-OD
		24 V AC	34415 MSFW-24AC-OD
		48 V AC	34418 MSFW-48AC-OD
		110 V AC	34420 MSFW-110AC-OD
		230 V AC	34422 MSFW-230AC-OD
		240 V AC	34424 MSFW-240AC-OD
<b>Conector tipo zócalo</b>			
	Conexión de cables con tornillos prisioneros	34431	MSSD-F
	Conexión de cables con conectores autocortantes y autoaislantes	192746	MSSD-F-S-M16
<b>Cable con conector tipo zócalo</b>			
	Tensión de funcionamiento de 24 V DC, indicación de estado con LED	Cable de 2,5 m	30935 KMF-1-24DC-2,5-LED
		Cable de 5 m	30937 KMF-1-24DC-5-LED
		Cable de 10 m	193458 KMF-1-24DC-10-LED
	Tensión de funcionamiento de hasta 240 V	Cable de 2,5 m	30936 KMF-1-230AC-2,5
		Cable de 5 m	30938 KMF-1-230AC-5
		<b>Junta iluminada</b>	
	Tensión de funcionamiento: 12 ... 24 V DC	19143	MF-LD-12-24DC
	Tensión de funcionamiento: 230 V DC/V AC	19144	MF-LD-230AC
<b>Placa de identificación</b>			
	Dotación del suministro: 35 unidades enmarcadas	33362	KMC/F/V-BZ-35X

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552



Cuadro general de productos

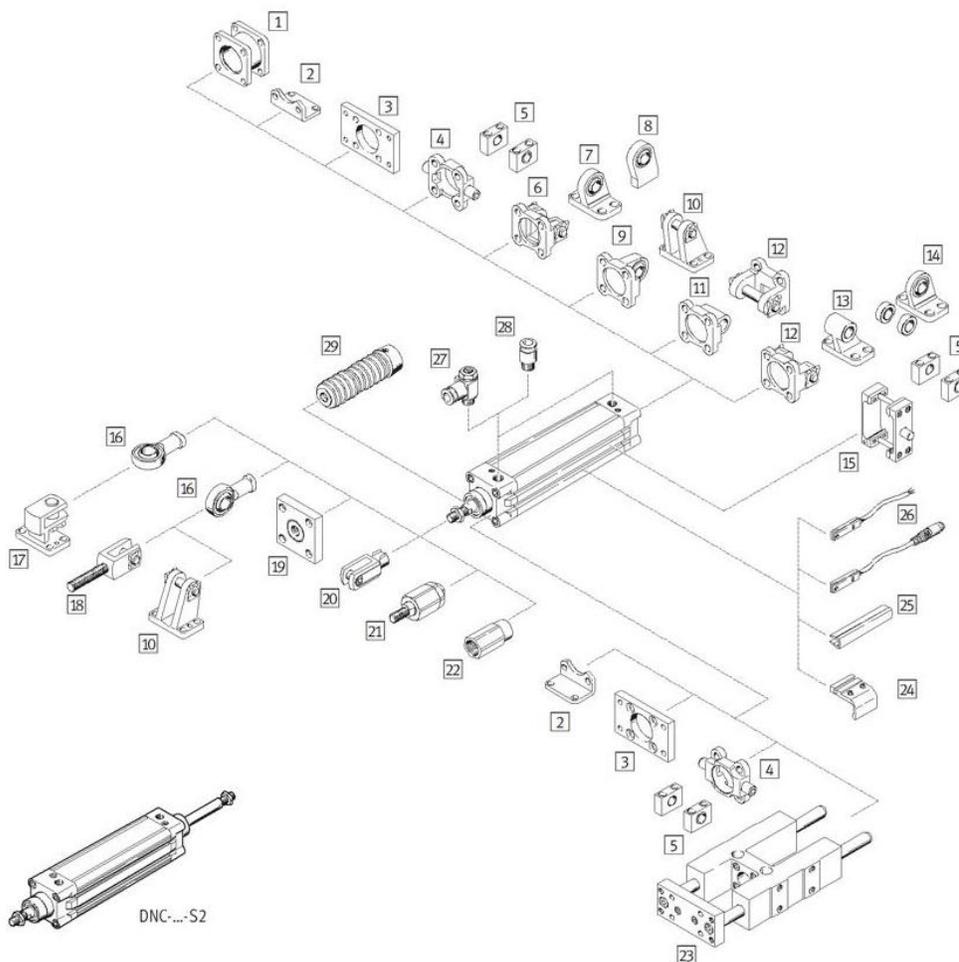
Funcionamiento	Ejecución	Tipo	Diámetro del émbolo	Carrera	Detección de posiciones	Antigiro	Doble vástago hueco	Rosca de vástago prolongada	Rosca interior en el vástago	Rosca especial en el vástago	
			[mm]	[mm]							A
Doble efecto	<b>Tipo básico</b>										
		DNC	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125	25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500	10 ... 2 000	■	■	■	■	■	■
	<b>Patrón de taladros normalizado, con unidad de bloqueo</b>										
		DNC-KP	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125	–	10 ... 2 000	■	■	■ S2	■	■	■
		DNCKE	40, 63, 100	–	10 ... 2 000	■	–	–	–	–	–
	<b>Patrón de taladros normalizado, con bloqueo en el final de carrera</b>										
		DNC-...-EL	32, 40, 50, 63, 80, 100	–	10 ... 2 000	■	–	■ S2	■	■	■
	<b>Distribución de conexiones normalizada, combinaciones de cilindros y válvulas</b>										
		DNC-V1 ... V6	32, 40, 50, 63, 80, 100	–	100 ... 2 000	■	■	■	■	■	■
	<b>Patrón de taladros normalizado, cilindro tándem</b>										
	DNCT	32, 40, 50	–	2 ... 500	■	–	–	–	–	–	
		63, 80, 100, 125		3 ... 500							



# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Cuadro general de periféricos

FESTO



Elementos para el montaje y accesorios							
	Descripción resumida	DNC				→ Página/ Internet	
		Tipo básico	KP	EL	V1 ... V6		
1	Conjunto de varias posiciones DPNC	Para unir dos cilindros de émbolos de igual diámetro para formar un cilindro de varias posiciones	■ <sup>1)</sup>	■	■	■ <sup>1)</sup>	47
2	Pies de fijación HNC/CRHNC	Para culata anterior o posterior	■	■	■	■	48
3	Fijación por brida FNC/CRFNG	- Para culata anterior o posterior - En la culata anterior, no en combinación con el fuelle DADB	■	■	■	■	49
4	Brida basculante con pivotes ZNCF/CRZNG	- Para culata anterior o posterior - En la culata anterior, no en combinación con el fuelle DADB	■	■	■	■	50
5	Apoyo LNZG/CRLNZG	-	■	■	■	■	52
6	Brida basculante SNC	Para culata posterior	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	53
7	Caballote LSNG	Con cojinete esférico	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	56
8	Caballote LSNSG	Para soldar, con cojinete esférico	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	56

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552



Cuadro general de periféricos

Elementos para el montaje y accesorios							
	Descripción resumida	DNC				→ Página/ Internet	
		Tipo básico	KP	EL	V1 ... V6		
9]	Brida basculante SNCS	Con cojinete esférico para la culata posterior	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	55
10]	Caballote LBG	–	■ <sup>1)</sup>	■	■	■ <sup>1)</sup>	56
11]	Brida basculante SNCL	Para culata posterior	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	55
12]	Brida basculante SNCB/SNCB-...-R3	Para culata posterior	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	54
13]	Caballote LNG/CRLNG	–	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	56
14]	Caballote LSN	Con cojinete esférico	■ <sup>1)</sup>	■ <sup>1)</sup>	■	■ <sup>1)</sup>	56
15]	Conjunto de brida basculante central ZNCM	Para el montaje indistinto en la camisa perfilada del cilindro	■	■	■	■	51
16]	Cabeza de rótula SGS/CRSGS	Con cojinete esférico	■	■	■	■	57
17]	Caballote transversal LQG	–	■	■	■	■	56
18]	Horquilla SGA	Con rosca exterior	■	■	■	■	57
19]	Placa de acoplamiento KSG	Para compensar desviaciones radiales	■	■	■	■	57
	Placa de acoplamiento KSZ	Para cilindros con vástago antigiro para compensar desviaciones radiales	■	■	■	■	57
20]	Horquilla SG/CRSG	Permite gros del cilindro en un plano	■	■	■	■	57
21]	Rótula FK	Para compensación de desviaciones radiales y angulares	■	■	■	■	57
22]	Adaptadores AD	Para la fijación de una ventosa al vástago hueco	■	–	–	■	57
23]	Unidad de guía FENG	Para antigiro de cilindros normalizados al aplicar grandes momentos	■	■ A partir de Ø 50	–	–	62
24]	Piezas de fijación SMB-8-FENG	Para detectores SMT-8 montados en un cilindro en combinación con la unidad de guía FENG	■ <sup>2)</sup>	■ A partir de Ø 50	■	–	62
25]	Tapa para ranuras ABP-5-S	Para proteger los cables de los detectores y las ranuras frente a la suciedad	■	■	■	■	63
26]	Detectores de posición SME/SMT-8	Integrables en la camisa perfilada del cilindro	■	■	■	■	63
27]	Válvula reguladora de caudal GRLA	Para regular la velocidad	■	■	■	■	64
28]	Racor rápido roscado QS	Para la conexión de tubos flexibles con tolerancias en su diámetro exterior	■	■	■	■	quick star
29]	Fuelle DADB	– Protege al cilindro (vástago, junta y culata) frente a fluidos de diversa índole y, por lo tanto, previene un desgaste prematuro – Únicamente puede utilizarse en combinación con un vástago prolongado (K8)	■	–	■	■	58

1) No con variantes S2 o S20

2) Con diámetro de émbolo de 32, 40 mm, sólo con variante R3

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

FESTO

Hoja de datos

Pesos [g]							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
<b>Tipo básico</b>							
Peso con carrera de 0 mm	517	800	1 260	1 709	2 790	4 653	6 771
Peso adicional por 10 mm de carrera	30	45	64	73	106	115	168
Masa móvil con carrera de 0 mm	162	307	538	663	1 131	1 544	2 809
Masa adicional por 10 mm de carrera	9	16	25	25	38	38	63
<b>Q: Vástago cuadrado</b>							
Peso con carrera de 0 mm	504	738	1 187	1 632	2 652	4 508	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	29	41	60	68	99	108	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	149	244	465	587	994	1 399	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	8	11	20	20	31	31	–
<b>S2: Doble vástago</b>							
Peso con carrera de 0 mm	576	895	1 390	1 917	3 114	5 297	7 529
Peso adicional por 10 mm de carrera	39	61	89	98	144	153	231
Masa móvil con carrera de 0 mm	170	330	560	711	1 200	1 660	2 925
Masa adicional por 10 mm de carrera	18	32	50	50	76	76	126
<b>K10: Vástago galvanizado y pulido</b>							
Peso con carrera de 0 mm	443	655	1 001	1 437	2 302	4 138	5 719
Peso adicional por 10 mm de carrera	24	35	47	57	81	90	127
Masa móvil con carrera de 0 mm	88	162	279	391	643	1 029	1 757
Masa adicional por 10 mm de carrera	3	6	8	9	13	13	22
<b>S2-K10: Doble vástago anodizado y pulido</b>							
Peso con carrera de 0 mm	514	766	1 181	1 676	2 701	4 821	6 674
Peso adicional por 10 mm de carrera	27	40	56	65	94	103	148
Masa móvil con carrera de 0 mm	108	201	351	470	787	1 184	2 070
Masa adicional por 10 mm de carrera	6	11	17	17	26	26	43
<b>TI: Bajas temperaturas</b>							
Peso con carrera de 0 mm	520	876	1 279	2 112	2 972	5 039	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	31	46	65	73	108	116	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	108	204	363	460	802	1 045	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	9	16	25	25	39	39	–
<b>TI-S2: Bajas temperaturas con doble vástago</b>							
Peso con carrera de 0 mm	606	1 020	1 546	2 401	3 453	5 617	–
Peso adicional por 10 mm de carrera	40	62	89	98	147	154	–
Masa móvil con carrera de 0 mm	169	326	573	687	1 199	1 473	–
Masa adicional por 10 mm de carrera	18	32	49	49	77	77	–

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

FESTO

Hoja de datos

Referencias						
Tipo	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Sin detección de posiciones		Con detección de posiciones.	
			Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>	Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>
	32	25	163 319	DNC-32-25-PPV	163 305	DNC-32-25-PPV-A
		40	163 320	DNC-32-40-PPV	163 306	DNC-32-40-PPV-A
		50	163 321	DNC-32-50-PPV	163 307	DNC-32-50-PPV-A
		80	163 322	DNC-32-80-PPV	163 308	DNC-32-80-PPV-A
		100	163 323	DNC-32-100-PPV	163 309	DNC-32-100-PPV-A
		125	163 324	DNC-32-125-PPV	163 310	DNC-32-125-PPV-A
		160	163 325	DNC-32-160-PPV	163 311	DNC-32-160-PPV-A
		200	163 326	DNC-32-200-PPV	163 312	DNC-32-200-PPV-A
		250	163 327	DNC-32-250-PPV	163 313	DNC-32-250-PPV-A
		320	163 328	DNC-32-320-PPV	163 314	DNC-32-320-PPV-A
		400	163 329	DNC-32-400-PPV	163 315	DNC-32-400-PPV-A
		500	163 330	DNC-32-500-PPV	163 316	DNC-32-500-PPV-A
	40	25	163 351	DNC-40-25-PPV	163 337	DNC-40-25-PPV-A
		40	163 352	DNC-40-40-PPV	163 338	DNC-40-40-PPV-A
		50	163 353	DNC-40-50-PPV	163 339	DNC-40-50-PPV-A
		80	163 354	DNC-40-80-PPV	163 340	DNC-40-80-PPV-A
		100	163 355	DNC-40-100-PPV	163 341	DNC-40-100-PPV-A
		125	163 356	DNC-40-125-PPV	163 342	DNC-40-125-PPV-A
		160	163 357	DNC-40-160-PPV	163 343	DNC-40-160-PPV-A
		200	163 358	DNC-40-200-PPV	163 344	DNC-40-200-PPV-A
		250	163 359	DNC-40-250-PPV	163 345	DNC-40-250-PPV-A
		320	163 360	DNC-40-320-PPV	163 346	DNC-40-320-PPV-A
		400	163 361	DNC-40-400-PPV	163 347	DNC-40-400-PPV-A
		500	163 362	DNC-40-500-PPV	163 348	DNC-40-500-PPV-A
	50	25	163 383	DNC-50-25-PPV	163 369	DNC-50-25-PPV-A
		40	163 384	DNC-50-40-PPV	163 370	DNC-50-40-PPV-A
		50	163 385	DNC-50-50-PPV	163 371	DNC-50-50-PPV-A
		80	163 386	DNC-50-80-PPV	163 372	DNC-50-80-PPV-A
		100	163 387	DNC-50-100-PPV	163 373	DNC-50-100-PPV-A
		125	163 388	DNC-50-125-PPV	163 374	DNC-50-125-PPV-A
		160	163 389	DNC-50-160-PPV	163 375	DNC-50-160-PPV-A
		200	163 390	DNC-50-200-PPV	163 376	DNC-50-200-PPV-A
		250	163 391	DNC-50-250-PPV	163 377	DNC-50-250-PPV-A
		320	163 392	DNC-50-320-PPV	163 378	DNC-50-320-PPV-A
		400	163 393	DNC-50-400-PPV	163 379	DNC-50-400-PPV-A
		500	163 394	DNC-50-500-PPV	163 380	DNC-50-500-PPV-A
63	25	163 415	DNC-63-25-PPV	163 401	DNC-63-25-PPV-A	
	40	163 416	DNC-63-40-PPV	163 402	DNC-63-40-PPV-A	
	50	163 417	DNC-63-50-PPV	163 403	DNC-63-50-PPV-A	
	80	163 418	DNC-63-80-PPV	163 404	DNC-63-80-PPV-A	
	100	163 419	DNC-63-100-PPV	163 405	DNC-63-100-PPV-A	
	125	163 420	DNC-63-125-PPV	163 406	DNC-63-125-PPV-A	
	160	163 421	DNC-63-160-PPV	163 407	DNC-63-160-PPV-A	
	200	163 422	DNC-63-200-PPV	163 408	DNC-63-200-PPV-A	
	250	163 423	DNC-63-250-PPV	163 409	DNC-63-250-PPV-A	
	320	163 424	DNC-63-320-PPV	163 410	DNC-63-320-PPV-A	
	400	163 425	DNC-63-400-PPV	163 411	DNC-63-400-PPV-A	
	500	163 426	DNC-63-500-PPV	163 412	DNC-63-500-PPV-A	

1) El suministro incluye la tuerca para el vástago roscado.

# Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

FESTO

Hoja de datos

Referencias						
Tipo	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Sin detección de posiciones		Con detección de posiciones.	
			Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>	Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>
	80	25	163 447	DNC-80-25-PPV	163 433	DNC-80-25-PPV-A
		40	163 448	DNC-80-40-PPV	163 434	DNC-80-40-PPV-A
		50	163 449	DNC-80-50-PPV	163 435	DNC-80-50-PPV-A
		80	163 450	DNC-80-80-PPV	163 436	DNC-80-80-PPV-A
		100	163 451	DNC-80-100-PPV	163 437	DNC-80-100-PPV-A
		125	163 452	DNC-80-125-PPV	163 438	DNC-80-125-PPV-A
		160	163 453	DNC-80-160-PPV	163 439	DNC-80-160-PPV-A
		200	163 454	DNC-80-200-PPV	163 440	DNC-80-200-PPV-A
		250	163 455	DNC-80-250-PPV	163 441	DNC-80-250-PPV-A
		320	163 456	DNC-80-320-PPV	163 442	DNC-80-320-PPV-A
		400	163 457	DNC-80-400-PPV	163 443	DNC-80-400-PPV-A
		500	163 458	DNC-80-500-PPV	163 444	DNC-80-500-PPV-A
		100	25	163 479	DNC-100-25-PPV	163 465
	40		163 480	DNC-100-40-PPV	163 466	DNC-100-40-PPV-A
	50		163 481	DNC-100-50-PPV	163 467	DNC-100-50-PPV-A
	80		163 482	DNC-100-80-PPV	163 468	DNC-100-80-PPV-A
	100		163 483	DNC-100-100-PPV	163 469	DNC-100-100-PPV-A
	125		163 484	DNC-100-125-PPV	163 470	DNC-100-125-PPV-A
	160		163 485	DNC-100-160-PPV	163 471	DNC-100-160-PPV-A
	200		163 486	DNC-100-200-PPV	163 472	DNC-100-200-PPV-A
	250		163 487	DNC-100-250-PPV	163 473	DNC-100-250-PPV-A
	320		163 488	DNC-100-320-PPV	163 474	DNC-100-320-PPV-A
	400		163 489	DNC-100-400-PPV	163 475	DNC-100-400-PPV-A
	500		163 490	DNC-100-500-PPV	163 476	DNC-100-500-PPV-A
	125		25	163 511	DNC-125-25-PPV	163 497
		40	163 512	DNC-125-40-PPV	163 498	DNC-125-40-PPV-A
		50	163 513	DNC-125-50-PPV	163 499	DNC-125-50-PPV-A
		80	163 514	DNC-125-80-PPV	163 500	DNC-125-80-PPV-A
		100	163 515	DNC-125-100-PPV	163 501	DNC-125-100-PPV-A
		125	163 516	DNC-125-125-PPV	163 502	DNC-125-125-PPV-A
		160	163 517	DNC-125-160-PPV	163 503	DNC-125-160-PPV-A
		200	163 518	DNC-125-200-PPV	163 504	DNC-125-200-PPV-A
		250	163 519	DNC-125-250-PPV	163 505	DNC-125-250-PPV-A
320		163 520	DNC-125-320-PPV	163 506	DNC-125-320-PPV-A	
400		163 521	DNC-125-400-PPV	163 507	DNC-125-400-PPV-A	
500		163 522	DNC-125-500-PPV	163 508	DNC-125-500-PPV-A	

Referencias: carreras específicas						
Tipo	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Sin detección de posiciones		Con detección de posiciones.	
			Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>	Nº art.	Tipo <sup>1)</sup>
	32	10 ... 2 000	163 318	DNC-32-...-PPV	163 304	DNC-32-...-PPV-A
	40	10 ... 2 000	163 350	DNC-40-...-PPV	163 336	DNC-40-...-PPV-A
	50	10 ... 2 000	163 382	DNC-50-...-PPV	163 368	DNC-50-...-PPV-A
	63	10 ... 2 000	163 414	DNC-63-...-PPV	163 400	DNC-63-...-PPV-A
	80	10 ... 2 000	163 446	DNC-80-...-PPV	163 432	DNC-80-...-PPV-A
	100	10 ... 2 000	163 478	DNC-100-...-PPV	163 464	DNC-100-...-PPV-A
	125	10 ... 2 000	163 510	DNC-125-...-PPV	163 496	DNC-125-...-PPV-A

1) El suministro incluye la tuerca para el vástago roscado.

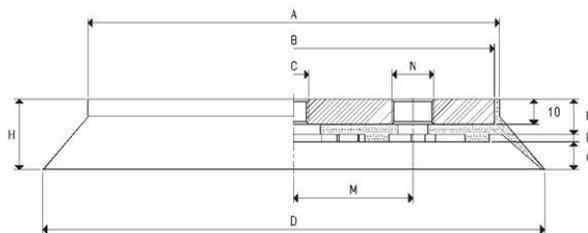
## VENTOSAS REDONDAS PLANAS CON SOPORTE VULCANIZADO



Esta línea de ventosas ha sido concebida para la elevación y la manipulación horizontal y vertical de grandes cargas. Vulcanizadas en un soporte de acero, tienen un orificio roscado central para su fijación al automatismo y uno lateral para la conexión de vacío.

Disponen de un plano de apoyo, con relieves dispuestos con forma de laberinto, realizado con la mezcla de la ventosa, y que permite el agarre de cristales y mármol, incluso tratándose de placas finas y frágiles, sin crear flexiones en la zona de agarre. La forma del labio y las varias mezclas de composición disponibles permiten el agarre de superficies irregulares y onduladas.

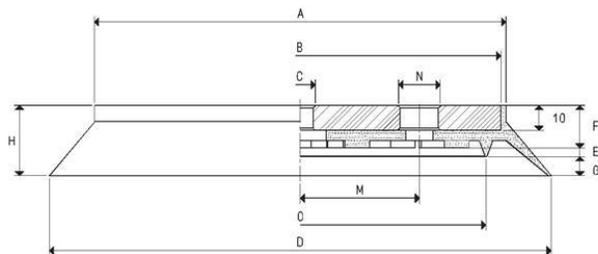
La línea 08...40, además de las características descritas arriba, tiene un labio vertical interno que permite su agarre a superficies particularmente rugosas, como chapa gofrada u ondulada, mármol y granito cortado, tableros de madera bastos, prefabricados de cemento, etc.



VENTOSAS CON SOPORTE VULCANIZADO

Art.	Fuerza Kg	A Ø	B Ø	C Ø	D Ø	E	F	G	H	M	N Ø	Material del soporte	Peso Kg
08 110 15 M8 *	23.7	74	70	M8	110	2	14	10	26	26.0	G1/4"	acero	0.35
08 110 15 *	23.7	74	70	M12	110	2	14	10	26	26.0	G1/4"	acero	0.33
08 150 15 *	45.0	115	110	M12	150	2	14	10	26	40.0	G3/8"	acero	0.83
08 200 10 *	78.5	164	160	M12	200	3	14	11	28	47.5	G3/8"	acero	1.75
08 250 10 *	122.6	214	210	M12	250	3	14	11	28	72.5	G3/8"	acero	3.00
08 300 10 *	176.6	266	260	M16	300	5	15	11	31	89.0	G1/2"	acero	4.70
08 350 10 *	240.4	316	310	M16	350	5	15	11	31	89.0	G1/2"	acero	6.60

\* Completar el código indicando la mezcla: A= goma antiaceite; N= goma natural; S= silicona



VENTOSAS CON SOPORTE VULCANIZADO

Art.	Fuerza Kg	A Ø	B Ø	C Ø	D Ø	E	F	G	H	M	N Ø	O Ø	Material del soporte	Peso Kg
08 110 40 M8*	15.5	74	70	M8	110	3	16	7	26	26.0	G1/4"	68	acero	0.36
08 110 40 *	15.5	74	70	M12	110	3	16	7	26	26.0	G1/4"	68	acero	0.34
08 150 40 *	22.8	115	110	M12	150	3	16	7	26	40.0	G3/8"	105	acero	0.85
08 200 40 *	45.0	164	160	M12	200	3	17	8	28	47.5	G3/8"	148	acero	1.70
08 250 40 *	78.5	214	210	M12	250	3	17	8	28	72.5	G3/8"	196	acero	3.00
08 300 40 *	122.6	266	260	M16	300	3	18	10	31	89.0	G1/2"	248	acero	4.60
08 350 40 *	176.6	316	310	M16	350	3	18	10	31	89.0	G1/2"	298	acero	6.50

\* Completar el código indicando la mezcla: A= goma antiaceite; N= goma natural; S= silicona

Factores de conversión: inch =  $\frac{mm}{25.4}$ ; pounds =  $\frac{g}{453.6}$  =  $\frac{Kg}{0.4536}$  Adaptadores para roscas GAS - NPT disponibles en pág. 1.117

1.29

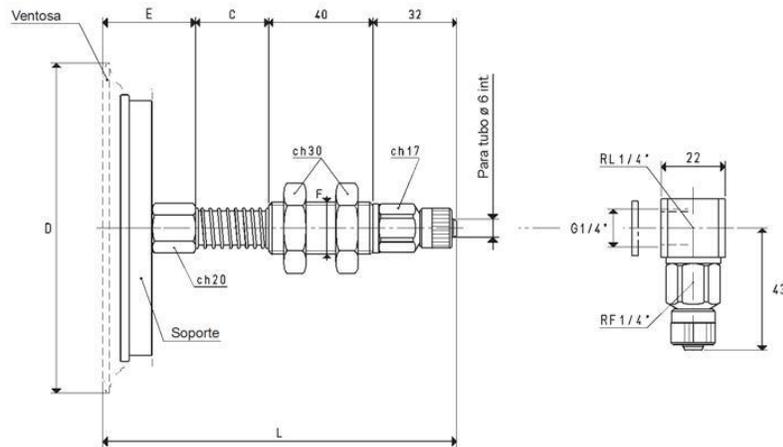
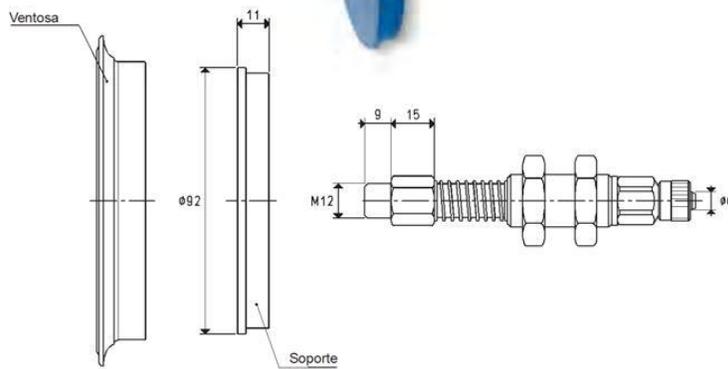
Dibujos 3D disponibles en la página [www.vuototecnica.net](http://www.vuototecnica.net)



## PORTAVENTOSAS BÁSICOS

Los recorridos de la suspensión son:

- Para la longitud C= 28 mm      16 mm
- Para la longitud C= 65 mm      49 mm
- Para la longitud C= 95 mm      74 mm



VERSIÓN 02 110 10

VERSIÓN 02 110 10 L

### PORTAVENTOSAS CON RACOR RÁPIDO RECTO PARA TUBO DE PLÁSTICO Ø 6 X 8

Art.	Fuerza Kg	*C	D Ø	E	F Ø	L	Para ventosa art.	Soporte incluido art.	C = 65 mm      C = 95 mm		
									Peso g	Peso g	Peso g
02 110 10	23.74	28	114	32	M20	132	01 110 10	00 08 33	456	494	521

**Nota:** los portaventosas no incluyen las ventosas, por lo tanto estas deben ser solicitadas por separado.

Para los portaventosas con racor en L, añadir al código la letra L.

\* También disponibles con C igual a 65 mm y 95 mm

2.60

Factores de conversión: inch =  $\frac{\text{mm}}{25.4}$ ; pounds =  $\frac{\text{g}}{453.6} = 0.4536$



## GENERADORES DE VACÍO MULTITAPA PVP 40 ÷ 300 M

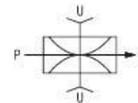
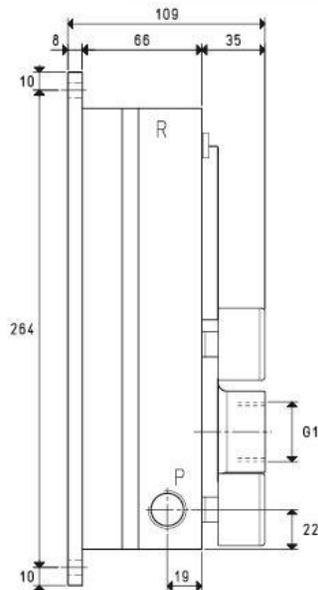
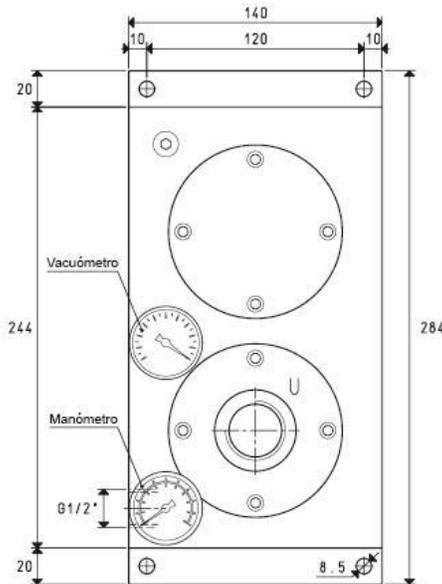
Creados para el ensamblaje en sistemas de agarre por vacío OCTOPUS, esta nueva línea de generadores de vacío multitapa, capaces de aspirar en función de las necesidades reales, suponen una verdadera evolución de las bombas de vacío con álabes giratorios. Se caracterizan por sus eyectores de última generación, y ofrecen una relación extraordinaria entre la cantidad de aire consumido y el aspirado, mejorando así el consumo. Además permiten regular el grado de vacío y el caudal en función de la presión del aire de alimentación.

En estos generadores de vacío se ha prestado mucha atención al nivel de ruido: no contienen partes en movimiento sujetas a vibraciones y a desgaste, y están perfectamente insonorizados, por lo que su funcionamiento es especialmente silencioso.

Además, como su funcionamiento está fundamentado en el principio Venturi, no producen calor.

Al estar compuestos de aleaciones ligeras su peso es muy reducido.

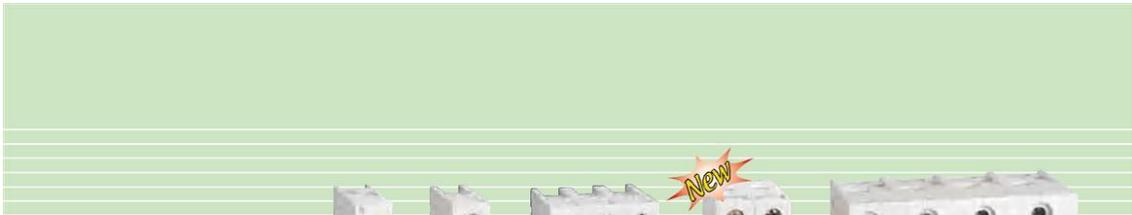
Si se cuenta con una buena filtración del aire comprimido de alimentación y del aire aspirado, el aire descargado en el ambiente de trabajo no contiene vapores de aceite ni condensados de agua o impurezas, y además el mantenimiento se limita a la limpieza periódica de los filtros.



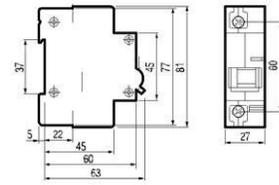
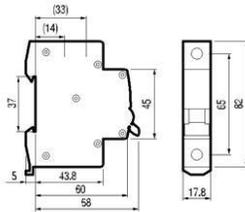
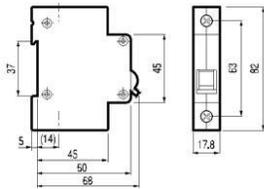
Art.		P=CONEXIÓN AIRE COMPRIMIDO		R=SALIDA DE AIRE		U=CONEXIÓN DE VACÍO				
						PVP 40 M		PVP 70 M		PVP 100 M
<b>Cantidad de aire aspirado</b>	m <sup>3</sup> /h	36	39	42	65	73	80	88	98	108
<b>Grado de vacío máximo</b>	-kPa	65	82	90	65	82	90	65	82	90
<b>Presión final</b>	mbar abs.	350	180	100	350	180	100	350	180	100
<b>Presión de alimentación</b>	bar	4	5	6	4	5	6	4	5	6
<b>Consumo de aire</b>	lit/s	2.3	2.7	3.2	4.9	5.7	6.6	7.2	8.5	9.8
<b>Temperatura de empleo</b>	°C			-20 / +80			-20 / +80			-20 / +80
<b>Nivel de ruido</b>	dB(A)			67			68			70
<b>Peso</b>	Kg			4.2			4.2			4.2
<b>Repuestos</b>										
<b>Kit de juntas y válvulas de disco</b>	art.			00 KIT PVP 40 M			00 KIT PVP 70 M			00 KIT PVP 100 M
<b>Vacuómetro</b>	art.			09 03 15			09 03 15			09 03 15
<b>Manómetro</b>	art.			09 03 25			09 03 25			09 03 25

**Nota:** Todos los valores de vacío indicados en la tabla son válidos para una presión atmosférica normal igual a 1013 mbar y una presión de alimentación constante.

Añadiendo al código del artículo la letra R, el generador se suministra con la válvula de retención incorporada (Ejemplo: PVP 40 MR).



<b>BKN</b>		<b>BKN-b</b>		<b>BKH</b>	
Overload and short circuit		Overload and short circuit		Overload and short circuit	
BKN: 1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A		1, 2, 3, 4, 6, 10, 20, 25, 32, 40, 50, 63A		63, 80, 100A, 125A	
B, C, D curve		B, C, D curve		C, D curve	
1p, 1p+N, 2p, 3p, 3p+N, 4p		1p, 1p+N, 2p, 3p, 3p+N, 4p		1p, 2p, 3p, 3p+N, 4p	
1pole	2~4pole	1pole	2~4pole	1pole	2~4pole
6kA at 230/400VAC		10kA at 230/400VAC		10kA at 230/400VAC	
6kA at 400VAC		10kA at 400VAC		10kA at 400VAC	
				10kA at 230/400VAC	
				10kA at 400VAC	
IEC 60898		IEC 60898		IEC 60947-2	
Thermal magnetic release		Thermal magnetic release		Thermal magnetic release	
6000 operations		8000 operations		6000 operations	
On 35mm DIN rail		On 35mm DIN rail		On 35mm DIN rail	
17.8mm per pole		17.8mm per pole		27mm per pole	
Lug type(cable up to 25mm <sup>2</sup> )		Lug type(cable up to 25mm <sup>2</sup> )		Lug type(cable up to 50mm <sup>2</sup> )	
 <p><b>1 changeover contact</b> 6A at 240VAC, 3A at 415VAC 2A at 48VDC, 1A at 125VDC <b>Lug terminal</b> Cable capacity 2.5mm<sup>2</sup> <b>9mm wide</b></p>					





## Botonería Serie XB2

MODELO	DESCRIPCIÓN
XB2-BA21	Pulsador rasante 1 contacto NA color Negro
XB2-BA31	Pulsador rasante 1 contacto NA color Verde
XB2-BA51	Pulsador rasante 1 contacto NA color Amarillo
XB2-BA61	Pulsador rasante 1 contacto NA color Azul
XB2-BA42	Pulsador rasante 1 contacto NC color Rojo
XB2-BL21	Pulsador sobresaliente 1 contacto NA color Negro
XB2-BL31	Pulsador sobresaliente 1 contacto NA color Verde
XB2-BL51	Pulsador sobresaliente 1 contacto NA color Amarillo
XB2-BL61	Pulsador sobresaliente 1 contacto NA color Azul
XB2-BL42	Pulsador sobresaliente 1 contacto NC color Rojo
XB2-BP21	Pulsador con capuchón de goma 1 contacto NA color Negro
XB2-BP31	Pulsador con capuchón de goma 1 contacto NA color Verde
XB2-BP51	Pulsador con capuchón de goma 1 contacto NA color Amarillo
XB2-BP61	Pulsador con capuchón de goma 1 contacto NA color Azul
XB2-BP42	Pulsador con capuchón de goma 1 contacto NC color Rojo
XB2-BC42	Pulsador Tipo Hongo $\Phi$ 40mm Sin retención 1 Contacto NC
XB2-BS542	Pulsador Tipo Hongo $\Phi$ 40mm Con retención 1 Contacto NC
XB2-BR42	Pulsador Tipo Hongo $\Phi$ 60mm Sin retención 1 Contacto NC
XB2-BS642	Pulsador Tipo Hongo $\Phi$ 60mm Con retención 1 Contacto NC
XB2-BW3361	Pulsador Luminoso Rasante 1 Contacto NA color Verde
XB2-BW3462	Pulsador Luminoso Rasante 1 Contacto NC color Rojo
XB2-BW3561	Pulsador Luminoso Rasante 1 Contacto NA color Amarillo
XB2-BL8325	Pulsador doble sin señalización 1 Contacto NA + 1 NC
XB2-BL8425	Pulsador doble con señalización I/O 1 Contacto NA + 1 NC
XB2-BW8465	Pulsador doble con piloto luminoso 1 Contacto NA + 1 NC



1  
**Cot 10-Polipasto 1 TON**  
**/07/2010**



Señores: **Jesus Acosta**  
 Dirección: Valencia

Muy Estimados Señores:

De acuerdo a su amable solicitud, favor revisar a continuación nuestra oferta correspondiente al siguiente equipo:

**Referencia: Cot. Nro. 10-Polipasto 1 TON, Polipasto eléctrico de cadena con trolley motorizado, capacidad 1.000 KG., 6 metros de izaje.**

**1.- Polipasto eléctrico de cadena con trolley motorizado Cap. 1.000 KG**

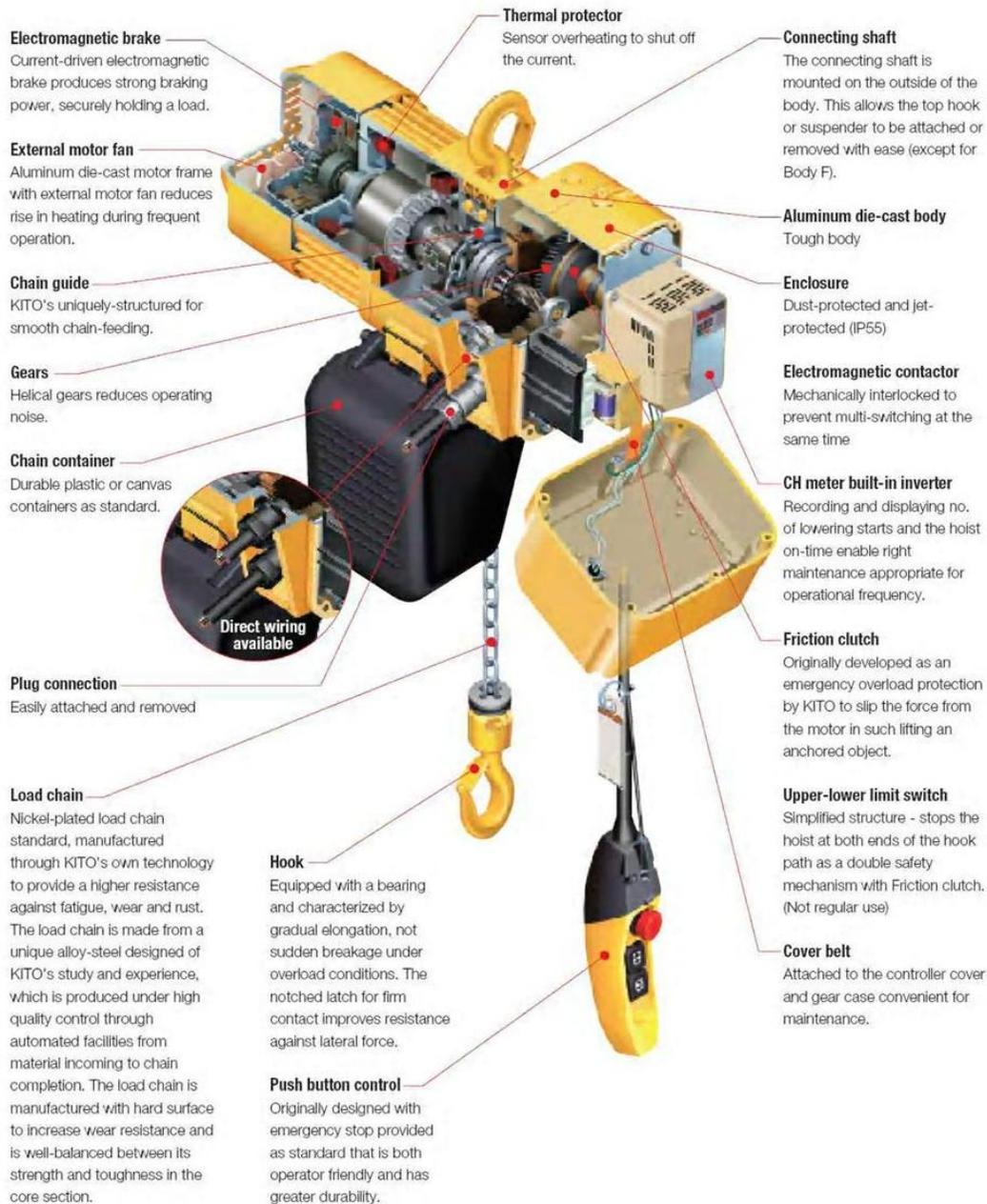
**Marca: Kito**

**Fabricante: Kito - Japón**

CARACTERISTICAS TECNICAS		
Polipasto Eléctrico	Kito	
Modelo	ER2M010ILIS	
Capacidad	1.000 Kg.	
Tablero de Control	Un tablero para el polipasto y el trolley	
Velocidades de Izaje (Por Variador de Velocidad)	0,3 a 4,2 mts/min	
Potencia Motor de Izaje	0,9 Kw.	
Velocidades de Traslación (Por Variador de Velocidad)	2,4 a 24 mts/min	
Potencia Motor de Traslación	0,60 Kw.	
Tipo	Eléctrico de cadena con Trolley motorizado	
Altura máx. de izaje	6 mts.	
Peso del equipo (incluyendo Trolley)	86 Kg.	
Control	Botonera 4 Botones + parada de emergencia	
ED (porcentaje de tiempo operativo por ciclo)	60% (ver Anexo Técnico 1)	
<b>Dispositivos de Seguridad</b>		
Bloqueo por sobrecarga	Clutch de Fricción	Clutch de Fricción
Limit Switch	Límites de carrera superior e inferior	Límites de carrera superior e inferior
Protección Térmica	En el motor del polipasto	En el motor del polipasto
Freno electromagnético	No se libera a menos que el motor de izaje esté energizado	No se libera a menos que el motor de izaje esté energizado
Cuenta horas	Incluido	Incluido



## ER2 Electric Chain Hoist

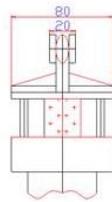
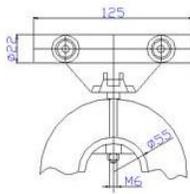


**DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA POR FESTÓN DE CABLE PLANO**

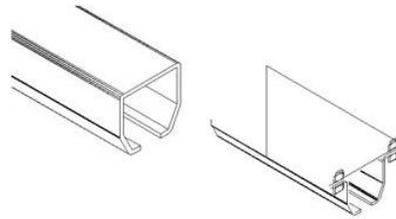
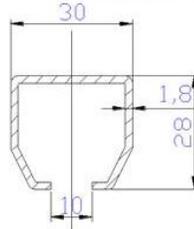
**ESQUEMAS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES**

(Dimensiones en mm)

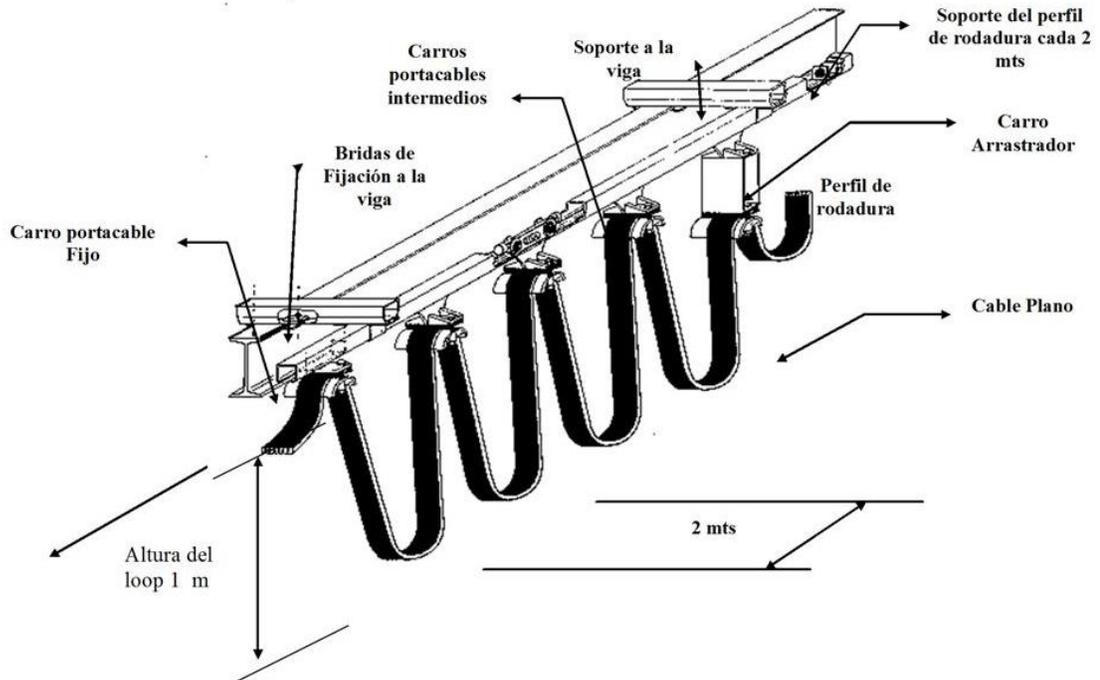
**CARROS PORTACABLES**



**PERFIL DE RODADURA EMPALME**



**ESQUEMA GENERAL DEL MONTAJE**



# ***Anexo 4***

Cotizaciones.

# FESTO

C.A. DANAVEN  
AV. IRIBARREN BORGES ZONA INDUST.  
SUR II VALENCIA (DIV. SOLUCIONES  
ESTRUCTURALES)  
VALENCIA - Carabobo  
RIF: J-07505173-4

Orden de Compra: <b>SOLICITUD DE COTIZAC</b>	Contacto: <b>ESTEFANIA ARAUJO</b>
---	--------------------------------------

Asesor <b>RAFAEL ENRIQUE PENA FEO</b>	Teléfono <b>0241-88396400 AL</b>	Fax: <b>0241-8396308</b>
--	-------------------------------------	-----------------------------

Forma de entrega: <b>Condición general</b>	Condición de pago: <b>CREDITO A 30 DIAS</b>
---	--

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 1 CILINDRO DOBLE DNC-100-500-PPV-A Plazo de Entrega: 5 Días hábiles	163464	2.835,95	1 PZ	2.835,95
Item 2 UNIDAD GUIA FENG-100-500- Plazo de Entrega:60 Días hábiles	34486	7.769,33	1 PZ	7.769,33
Item 3 FIJ. OSCILANTE SNCB-100 Plazo de Entrega: 4 Días hábiles	174395	383,70	1 PZ	383,70
Item 4 CILINDRO DOBLE DNC-63-1230-PPV-A Plazo de Entrega: 5 Días hábiles	163398	2.753,68	1 PZ	2.753,68
Item 5 FIJ. MONT. P/ P HNC-63 Plazo de Entrega: 4 Días hábiles	174372	95,97	1 PZ	95,97

**Cotización**  
12351571

Fecha:  
12/07/2010

Validez:  
19/07/2010

Página:  
1 de 2

No. de cliente:  
27001518

**Festo VE-Maracaibo**

Avenida 23 con calle 71 No. 22-62  
Maracaibo  
Venezuela  
Tel.: 0058 (0261) 7594120  
Fax.: 0058 (0261) 7590455  
RIF.: J302892104  
[www.festo.com](http://www.festo.com)



C.A. DANAVEN  
AV. IRIBARREN BORGES ZONA INDUST.  
SUR II VALENCIA (DIV. SOLUCIONES  
ESTRUCTURALES)  
VALENCIA - Carabobo  
RIF: J-07505173-4

Sub Total	13.838,63
IVA 12,00 %	1.660,64
Total	15.499,27
QUINCE MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y NUEVE BOLIVARES FUERTES (Bs.F.) CON VEINTISIETE CENTIMOS	

**Términos:**

- 1.- El tiempo de entrega ofrecido puede verse afectado por las regulaciones vigentes adoptadas por el ejecutivo nacional a las importaciones.
- 2.- Los precios de esta cotización están sujetos a cambios sin previo aviso en caso de agotarse las existencias en nuestro inventario, o por efectos en el cambio de la moneda, ya que son productos importados.
- 3.- Favor emitir cheques a nombre de FESTO C.A.

**Cotización**  
12351571

Fecha:  
12/07/2010

Validez:  
19/07/2010

Página:  
2 de 2

No. de cliente:  
27001518

**Festo VE-Maracaibo**

Avenida 23 con calle 71 No. 22-62  
Maracaibo  
Venezuela  
Tel.: 0058 (0261) 7594120  
Fax.: 0058 (0261) 7590455  
RIF.: J302892104  
[www.festo.com](http://www.festo.com)

C.A. DANA VEN

**FESTO**

**ESTAFANIA VIGAS**  
AV. IRIBARREN BORGES ZONA

2003 VALENCIA

Información de precio  
**PROYECTO TESIS**

su referencia

Pos.	Nro. mat.	Descripción	Cant.	Precio unit	Total
1	6843	SILEN. C/ROSCA U -3/8 B	2	109,75	219,50
		Entrega 4 días Habiles			
2	150418	SENSOR INDUCTIV SIEN-M18B-PS-K-L	5	409,58	2.047,90
		Entrega 4 días Habiles			
3	152820	SENSOR ELECTRIC SME-8-K-LED-230	6	222,19	1.333,14
		Entrega 4 días Habiles			
4	151178	REGULADOR DE CA GRLA-3/8-B	4	101,19	404,76
		Entrega 4 días Habiles			
5	193152	REGULADOR FLUJO GRLA-1/2-QS-12-D	2	221,54	443,08
		Entrega 4 días Habiles			
6	153009	RACOR RAPIDO QS -3/8-12	4	26,98	107,92
		Entrega 4 días Habiles			
7	164980	CONECTOR POR EN QS -1/4-12	4	23,87	95,48
		Entrega 4 días Habiles			
8	3570	TAPON CIEGO B -3/8	3	15,01	45,03
		Entrega 4 días Habiles			
9	159588	UNID.MANT.C/MAN FRC-3/8-D-MIDI	1	1.048,33	1.048,33
		Entrega 4 días Habiles			
10	153132	CONECTOR POR EN QST-12	2	60,60	121,20
		Entrega 4 días Habiles			
11	197394	TUBO FLEXIBLE PUN-H-12X2 SW	35	29,44	1.030,40
		Entrega 4 días Habiles			
12	150982	ELECTROVALVULA MFH-5/3G-D-1 C	3	876,27	2.628,81
		Entrega 4 días Habiles			
13	152789	PLACA BASE NAVW-1/4-1-ISO	2	170,43	340,86
		Entrega 4 días Habiles			
14	10174	CONJ.DE PLACA F NEV-1 DA/DB-ISO	1	173,11	173,11
		Entrega 4 días Habiles			
15	4527	BOB. MAGNÉTICA MSFG-24DC/42AC	4	101,68	406,72
		Entrega 4 días Habiles			
			<b>Precio Total</b>	<b>VEF</b>	<b>10.446,24</b>

su recado

nuestro referencia

fecha

30/07/2010  
Validez  
05/08/2010

PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Atentamente;  
Rafael Peña  
[Rafael.pena@ve.festo.com](mailto:Rafael.pena@ve.festo.com)  
+58 416 5410027  
+58 414 0410093

**Términos:**

- 1.- El tiempo de entrega ofrecido puede verse afectado por las regulaciones vigentes adoptadas por el ejecutivo nacional a las importaciones.
- 2.- Los precios de esta cotización están sujetos a cambios sin previo aviso en caso de agotarse las existencias en nuestro inventario, o por efectos en el cambio de la moneda, ya que son productos importados.
- 3.- Favor emitir cheques a nombre de FESTO C.A

**PRESUPUESTO**  
**3409/10**

Caracas, Julio 22, 2010

Señores  
**DANA**  
Presente.-

**Att. Sra. Estefania Vigas**

Estimados Señores:

De acuerdo a su solicitud, a continuación nuestra oferta:

**UNA MESA A GRAVEDAD DE RODILLOS (MESA 2).**

Longitud:	1230 mm.
Ancho total:	1700 mm.
Ancho útil:	1624 mm.
Altura:	1220 mm.
Estructura:	Lámina de acero plegada 1 1/2" x 3" x 1 1/2" x 2.5 mm. de espesor, con perforaciones hexagonales 7/16".
Rodillos:	En tubo de acero 1 7/8" de diámetro externo, 2 mm. de espesor, eje hexagonal 7/16", montado en rodamientos importados con sistema de resorte. Separados 6" centro a centro.
Soportes:	En tubo de acero cuadrado 2", 2 mm. de espesor.
Acabado:	Estructura: Fondo anticorrosivo más color esmalte sintético Sintolite color azul mar. Rodillos: Acero natural.

**PRECIO TOTAL EN VALENCIA:**

**BsF. 6.330,00**

**UNA MESA A GRAVEDAD DE RODILLOS (MESA 3).**

Longitud:	1230 mm.
Ancho total:	1070 mm.

**PRESUPUESTO**

**3409/10**

**- 2 -**

Ancho útil:	994 mm.
Altura:	1160 mm.
Estructura:	Lámina de acero plegada 1 ½" x 3" x 1 ½" x 2.5 mm. de espesor, con perforaciones hexagonales 7/16".
Rodillos:	En tubo de acero 1 7/8" de diámetro externo, 2 mm. de espesor, eje hexagonal 7/16", montado en rodamientos importados con sistema de resorte. Separados 6" centro a centro.
Soportes:	En tubo de acero cuadrado 2", 2 mm. de espesor.
Acabado:	Estructura: Fondo anticorrosivo más color esmalte sintético Sintolite color azul mar. Rodillos: Acero natural.

**PRECIO TOTAL EN VALENCIA: BsF. 4.880,00**

<b>Tiempo de entrega:</b>	De tres (3) a cuatro (4) semanas.
<b>Forma de pago:</b>	50% Inicial - 50% Contado para la entrega.
<b>Vigencia de la oferta:</b>	Diez (10) días hábiles.
<b>Garantía:</b>	Seis (6) meses contra defectos de fabricación.

**NOTAS IMPORTANTES:**

A) NUESTROS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

Agradecemos la oportunidad que nos han dado de cotizarles y quedamos a sus gratas órdenes.

Atentamente,

**CAROLINA RIVERO G.**  
**Director**

**SUMIMSE, C.A.**

Zona Industrial Municipal Norte, Av. Este-Oeste Nro.6, Galpon Nro4, Valencia  
TELEFONO: (0241)3167196 TELEFAX: (0241)8340344

**COTIZACION # 000001876**

**J-29394881-9**

SEÑORES...:JESUS ACOSTA  
DIRECCION:.....:  
RIF:  
ATENCION....:

FECHA:.....: 07/07/2010  
CONDICIONES DE PAGO: CONTADO  
MONEDA:.....: BOLIVARES  
VENDEDOR.: LUIS

Codigo	Descripcion de Producto	Cantidad	Peso	Precio	Importe BsF.
	VIGAS IPN 180 X 12m	2		4.100,00	8.200,00
	TUBO ESTR 25 X 25 X 6	1		125,00	125,00
	TUBO ESTR 40 X 40 X 6	1		158,00	158,00
	PLETINA 75 X 6 X 6m	1		128,62	128,62
TOTAL					8.611,62
IVA 12 %					1.033,39
TOTAL					9.645,01

Ustedes pueden cancelar mediante depositos bancarios o cheques a depositar. Solo se despachara material una vez disponible el deposito. \*Confirmar existencia de material\*

\*Banco Banesco : 0134-00-67950-671028201  
\*Banco B.O.D. : 0116-1502-50000-6496814  
\*Banco mercantil : 0105-0721941-721024778  
\*Banco Provincial : 0108-0992-46-0100022480



SEQUIN VALENCIA, C.A.  
R.I.F.: J-30527156-9  
TELF: 0241-8389466 / 8388171 / 8388635  
FAX: 0241-8385672

Cotización: 19137  
Página: 1  
Fecha Emisión: 14/07/2010  
Fecha Entrega: 14/07/2010

Cliente: JESUS ACOSTA  
.I.F.: 18083899  
Dirección:

N.I.T.:

Teléfonos:  
Tiempo de entrega:  
Atención:

FAX:

Condic. Pago:  
CONTADO

ASESOR:  
VENTAS DE CONTADO  
Validez de la oferta:

Código	Descripción	Cant.	Precio Unit	Neto
3S-40MAU	PLCFATEK	1.00	2,300.00	2,300.00

Sub-Total Bs:		2,300.00
% Desc.:	%	0.00
Recargo:	%	0.00
I.V.A. 12 %:		276.00
Otros:		0.00
Neto:		2,576.00

VENTAS DE CONTADO

1  
 Cot 10-Polipasto 1 TON  
 /07/2010



Señores: **Jesus Acosta**  
 Dirección: Valencia

Muy Estimados Señores:

De acuerdo a su amable solicitud, favor revisar a continuación nuestra oferta correspondiente al siguiente equipo:

**Referencia: Cot. Nro. 10-Polipasto 1 TON, Polipasto eléctrico de cadena con trolley motorizado, capacidad 1.000 KG., 6 metros de izaje.**

**1.- Polipasto eléctrico de cadena con trolley motorizado Cap. 1.000 KG**

**Marca: Kito**

**Fabricante: Kito - Japón**

CARACTERISTICAS TECNICAS		
Polipasto Eléctrico	Kito	
Modelo	ER2M010ILIS	
Capacidad	1.000 Kg.	
Tablero de Control	Un tablero para el polipasto y el trolley	
Velocidades de Izaje (Por Variador de Velocidad)	0,3 a 4,2 mts/min	
Potencia Motor de Izaje	0,9 Kw.	
Velocidades de Traslación (Por Variador de Velocidad)	2,4 a 24 mts/min	
Potencia Motor de Traslación	0,60 Kw.	
Tipo	Eléctrico de cadena con Trolley motorizado	
Altura máx. de izaje	6 mts.	
Peso del equipo (incluyendo Trolley)	86 Kg.	
Control	Botonera 4 Botones + parada de emergencia	
ED (porcentaje de tiempo operativo por ciclo)	60% (ver Anexo Tecnico 1)	
<b>Dispositivos de Seguridad</b>		
Bloqueo por sobrecarga	Clutch de Fricción	Clutch de Fricción
Limit Switch	Límites de carrera superior e inferior	Límites de carrera superior e inferior
Protección Térmica	En el motor del polipasto	En el motor del polipasto
Freno electromagnético	No se libera a menos que el motor de izaje esté energizado	No se libera a menos que el motor de izaje esté energizado
Cuenta horas	Incluido	Incluido



2  
Cot 10-Polipasto 1 TON  
/07/2010



2. Condiciones comerciales  
2.1. Componentes electromecánicos

DESCRIPCIÓN	
1) Trolley motorizado, marca KITO, Cáp. 1 TON, 6 metros de izaje y botonera de control de 2 pulsadores.	
	Bs. 18.142,88
<b>Total General :</b>	<b>18.142,88 BsF.</b>

**3.- Condiciones Comerciales.**

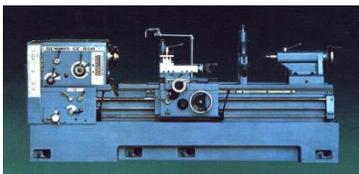
- 1.- Tiempo de entrega: Inmediata, salvo venta previa, en nuestras instalaciones de Imocom en Valencia.
- 2.- Precio ofertado no incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA)
- 3.- Forma de pago: Contado, previo a la entrega.
- 4.- Garantía: Doce meses contra defectos de fabricación y ensamble contados a partir de la fecha de despacho del equipo. La garantía no cubre defectos derivados de instalación u operación incorrecta (sobrecarga, maltrato, golpes, etc.), así como por problemas en el suministro eléctrico.
- 5.- Validez de la oferta: 10 días.

Quedando a su entera disposición para cualquier consulta adicional, aprovechamos para extenderle nuestros cordiales saludos.

IMOCOM de Venezuela, c.a.

**Raxel Pérez**  
**Cel. 0416 647.76.61**

# MULTISERVICIOS ESCALAND C.A.



Todo lo relacionado con Metalmecánica Industrial, Torno, Fresa,  
Soldadura en General  
RIF. J: 29481146-9

## PRESUPUESTO

Nº  
0248

Lugar:	La Victoria Edo. Aragua	Fecha: 18 de Julio de 2010	
Cliente:	ESTEFANIA VIGAS	Nit.	
Rif.			
Dirección:			
Teléfonos:		Elaborado por: Jairo Escalona	
Can t.	Descripción	Precio Unit.	Precio Total
01	*Fabricar caja generador de vacio y placa de apoyo para generador, según planos adjuntos	950,00	950,00
02	*Fabgricar uniones para vigas	150,00	300,00
06	*Fabricar uniones de ventosas, según planos	220,00	1.320,00
08	*Fabricar pasadores roscados y moleteados en la perilla de sujeción.	180,00	1.440,00
<b>Nota:</b> todas la piezas están fabricadas en acero SAE 1020			
Condiciones de Pago: Conforme		Recibí	
		Sub-Total	4.010,00
		IVA 12%	481,20
		Total	4.491,20

Cliente: 1000410 <b>UNIVERSIDAD DE CARABOBO</b> RIF: G-20000041-4 Dirección: AVENIDA BOLIVAR NORTE N° 159-39 SECTOR RECTORADO, VALENCIA, EDO. CARABOBO Teléfonos: 8216104 - 8239413 - 8210137 FAX: Transporte: EL CLIENTE RETIRA Dir. Ent.: Origen: 0 Moneda: Bs F	<b>Cotización: 1024250</b> Página: 1/1 Fecha Emisión: 30/07/2010 Validez de la Oferta: 7 DIAS Condición de Pago: CONTADO Atención a: Asesor de Ventas: <b>MOSTRADOR</b>
--	--

Reng	Código	Modelo	Descripción	Cantidad	Unid.	Precio U.	% Desc.	Neto
1	7020020200 5C	SOV 33 SOS NC	S70 ELECTROVALVULA 3/2 1/4" NC 220 VAC	1.00	PZ	890.10	0.00	890.10
2	2001019	RL1 12-1/4	RACOR RECTO AUTOMATICO	2.00	PZ	24.30	0.00	48.60
3	W0970530003	MWSC 1/4	SILENCIADOR ESTANDAR 1/4"	1.00	PZ	22.05	0.00	22.05
4	PVP 75 MD	PVP 75 MD	GENERADOR DE VACIO MULTI ETAPAS MD 75mch X 1	1.00	PZ	11,271.26	0.00	11,271.26
5	2001014	RL1 12-3/8	RACOR RECTO AUTOMATICO	2.00	PZ	26.26	0.00	52.52
6	FC 20	FC 20-1/2	FILTRO DE ASPIRACION CON CARTUCHO 1/2	1.00	PZ	463.54	0.00	463.54
7	14 01 10	VALAUTOEX 1/4H-3/8M	VALVULA AUTOEXCLUYENTE DE VACIO	6.00	PZ	262.42	0.00	1,574.52
8	PU9X12A100	MPU12LL	MANGUERA POLIURETANO 12X9 AZUL	1.00	MTS	25.90	0.00	25.90

Precios Calculados a un Cambio de: 2,60 BsF/USD\$

FAX: Observaciones:	Sub-Total: 14,348.49 I.V.A.: 1,721.82 Desc.: % 0.00 Total: 16,070.31
------------------------	---

**OFICINA PRINCIPAL VALENCIA**  
 Prolongación Av. Michelena, Centro Comercial Atlas, Local B-10 y B-11  
 Valencia, Edo. Carabobo, Venezuela.  
 Telfs: (58-241)832.64.64 / 832.32.50 / 838.88.19 / 814.22.02 Fax: 832.62.83

**SUCURSAL ARAGUA**  
 C.C. Paseo Los Laureles, planta Alta, Local 82  
 La Encrucijada, Cagua, Edo. Aragua, Venezuela.  
 Telf: (0244)395.79.08 Fax 395.90.58

# ***Anexo 5***

Planos del sistema diseñado

# ***Anexo 6***

Alternativa de Solución

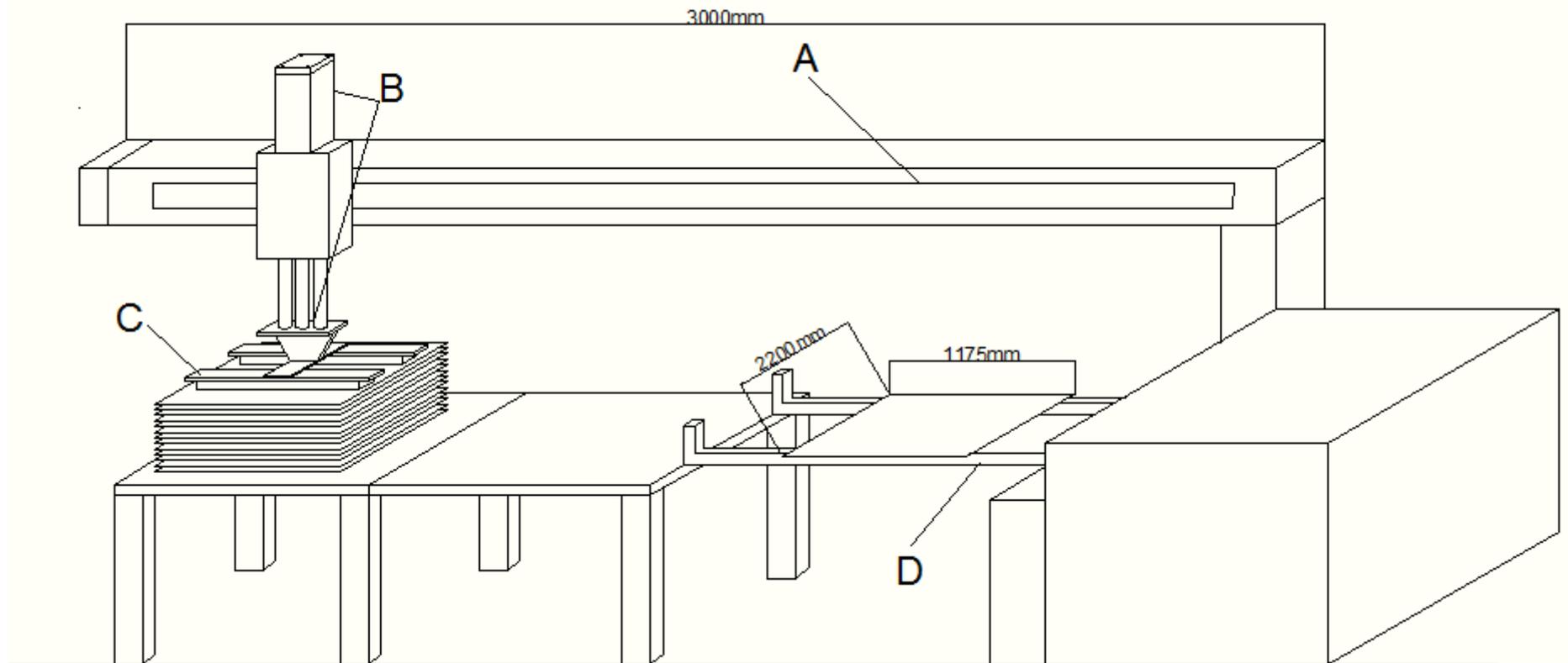
## **Alternativa de Solución**

Para dar solución al problema planteado salieron a relucir dos alternativas principales, la primera con el conjunto de vacío como elemento principal para el levantamiento y la sujeción de las láminas para su posterior desplazamiento; y la segunda alternativa dependía de un conjunto de electroimanes o electropermante, que mediante un campo magnético regulado, estaría encargado de atraer la lamina hacia él para luego ser desplazada hasta la entrada de la máquina.

Las dos soluciones eran viables pero al momento de realizar la selección de la mejor alternativa nos encontramos con un criterio que tendría mucho peso y sería decisivo para la selección de nuestra solución, dicho criterio fue el de menor costo.

A nivel nacional, no se conseguía empresas fabricantes y/o distribuidores de electroimanes y mucho menos con las especificaciones requeridas para el trabajo de grado, esto generó a consultar al exterior del país, hasta lograr encontrar en España fabricantes de estos imanes pero a un costo muy elevado, a esto se le suma otro inconveniente y no es más que, la variedad de dimensiones y pesos de las laminas con las que se iban a trabajar; esto nos llevo a una nueva necesidad que era lograr encontrar unos imanes más complejos a los que se les pudiera regular la intensidad de la corriente para poder lograr nuestros requerimientos que era levantar las variedad de láminas con sus respectivos pesos una por una, esto por supuesto elevó el costo de los imanes muchísimo más, lo que trajo como consecuencia el descarte de esta alternativa, ya que el proyecto es planteado para llevarse a cabo a nivel industrial y requiere de unos costos permisibles y limitados para el desarrollo del mismo.

El siguiente bosquejo representa el sistema con imanes que se tenía pensado utilizar; muy similar al seleccionado de ventosas, a diferencia que en lugar de ventosas se utilizarían los electroimanes.



ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN
A: Riel de desplazamiento.	El cilindro extiende su vástago hasta llegar a la lamina, las ventosas sostienen la lamina, el vástago se retrae y luego se desplaza por el riel, vuelve a extender su vástago nuevamente para soltar la lámina y por último los brazos mecánicos llevan la lámina hasta la boca de la máquina cortadora
B: Cilindro pistón.	
C: Caja magnética.	
D: Brazos mecánicos.	



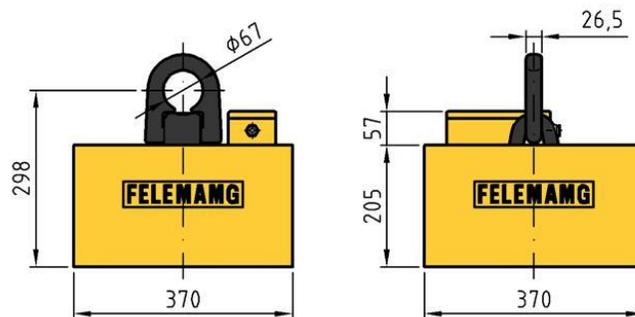
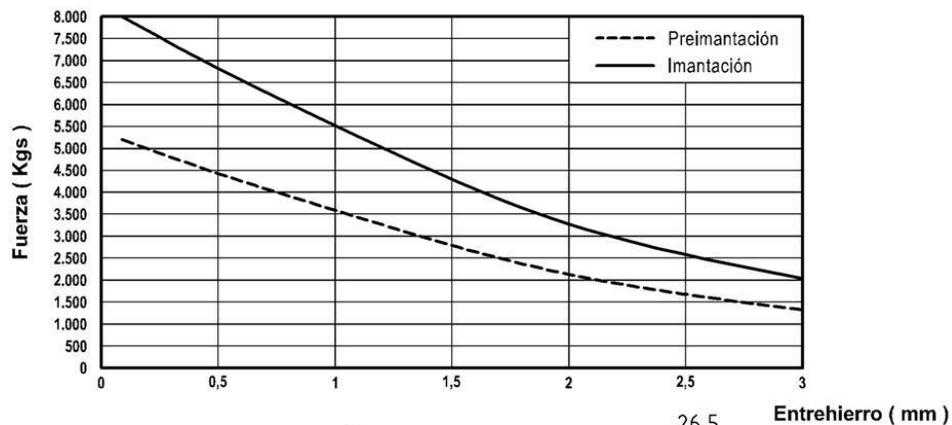
## ELECTROPERMANENTE DE CONMUTACIÓN EPC-37



El electropermanente EPC-37 permite manejar todo tipo de piezas con la única acción de sus imanes permanentes. Su maniobra de imantar-desimantar se realiza por la acción de un breve impulso de corriente. El transporte de la carga se realiza sin ningún aporte de energía eléctrica.

La calidad de los imanes y el perfecto control de los pulsos de imantación garantizan el mantenimiento de las condiciones originales sin desviaciones ni pérdidas.

El siguiente gráfico indica la fuerza de atracción que realiza sobre chapa plana, de espesor igual o mayor de 30 mm en función del entrehierro o separación entre la chapa y el imán.

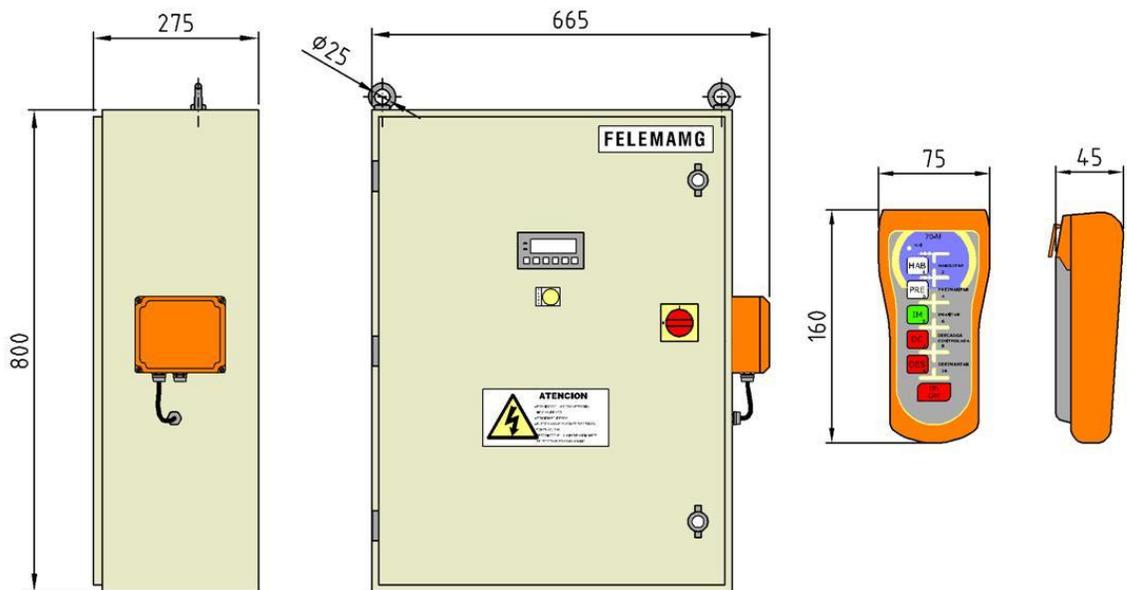


Peso propio = 165 Kgs



Un pequeño equipo electrónico maniobra el EPC-37 y todo el sistema está controlado y automatizado. Dispone de los siguientes sistemas:

- RST - La toma de la carga se realiza al 65% de la fuerza del EPC-37. El transporte al 100% de su fuerza.
- CIM - El equipo se autochequea en cada maniobra de imantación. Si no se alcanza el umbral de la imantación se enciende la lámpara roja y obligará a una comprobación y siguiente RESET.
- SC - Permite realizar una suelta controlada de la carga, en el supuesto de haber izado varias piezas.
- Sistema de señalización - Columna de lámparas roja - amarilla - verde que indican todos los procesos y estado del EPC-37.
- Mando por radio.



FÁBRICA - Dpto. TÉCNICO - VENTAS  
C/ Agricultura, 15 - Pol. Bankuni3n, 2  
33211 GIJ3N (ASTURIAS) - E  
Tel3fono +34 985 324 408  
Fax +34 985 324 226  
E-mail: felemamg@felemamg.com

**FELEMAMG**  
*m a g n e t i s m o*  
[www.felemamg.com](http://www.felemamg.com)

ADMINISTRACI3N  
C/ Demetría Su3rez, 20  
33400 AVIL3S (ASTURIAS) - E  
Tel3fono +34 985 561 918  
Fax +34 985 520 437  
E-mail: administracion@felemamg.com



## OFERTA Nº 210520

- 1 Electropermanente de conmutación FELEMAMG tipo EPC-37, cuadrado, de 370mm. de lado, con su equipo eléctrico de alimentación y control tipo MD-1, incluyendo:
- Armario metálico IP-54, con todo el aparellaje necesario para el correcto funcionamiento del imán.
  - Mando por radio con pulsadores de PREIMANTACIÓN, IMANTACIÓN, DESIMANTACIÓN (doble) y SELECTOR DE CHAPAS.
  - Señalización luminosa que indica el estado del imán
  - Sistema de seguridad en el transporte RST con preimantación al 65% e imantación al 100%

**PRECIO: 8.910€**

PRECIO: En Euros, para material en condición Ex - Works.

PLAZO DE ENTREGA: 7 semanas

FORMA DE PAGO: 30% con el pedido, resto antes de la entrega mediante transferencia bancaria.

GARANTÍA: 12 meses contra todo defecto de fabricación a partir de la fecha de entrega.