UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN, CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.

GARCÍA B., ADRIANA I.
HIDALGO P., ALBERTO J.

VALENCIA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN, CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.

GARCÍA B., ADRIANA I.
HIDALGO P., ALBERTO J.

VALENCIA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN, CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

GARCÍA B., ADRIANA I.
HIDALGO P., ALBERTO J.

VALENCIA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado para evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado ***"Diseño de un sistema automatizado de de extracción, corte y compactación de desperdicio generado en un proceso de troquelado de aluminio"***, realizado por los bachilleres **García Bolívar Adriana Isabel**, cédula de identidad: **17.958.461** e **Hidalgo Pineda Alberto José**, cédula de identidad: **18.061.033**, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

_____

Profesora María de Lourdes Ochoa
Tutor

_____ _____

Profesor Jorge Romero
Jurado

Profesor Luis Escalona
Jurado

VALENCIA, OCTUBRE DE 2008

DEDICATORIA

A Dios por darme todo lo que hoy tengo, vida, salud, fortaleza y amor para compartir con mis seres queridos. Gracias por guiarme en este camino.

A mi madre Camelia Bolívar, por ser la persona más especial e incondicional en mi vida, por educarme con gran convicción y amor, por acompañarme, apoyarme y guiarme para llegar a convertirme en lo que hoy soy, por tener siempre un consejo cuando lo necesite, por ser madre, padre y amiga. Gracias te amo.

A mis seres queridos.

ADRIANA

DEDICATORIA

A Dios que con su gran poder y amor me ayuda
a seguir adelante y vencer todos los obstáculos
que se presenten en mi camino.

A mis Padres, que siempre han estado a mi lado
apoyándome en todos los momentos de mi vida, brindándome
mucho amor y fortaleza para seguir adelante, los Amo.

A mis hermanos, abuela y tías, por apoyarme en todo momento.

A mi novia, quien estuvo a mi lado durante la etapa
final de mi carrera, brindándome cariño
y fuerzas para seguir adelante.

A mi amiga Iliana, por sus consejos, por aguantarme
y comprenderme. Por ser una parte importante
de la persona que soy ahora.

A la Sra. María, por brindarme su ayuda
incondicional siempre que la necesité.

Y a los demás familiares y amigos,
que también forman parte de mi vida.

A Todos Gracias.

ALBERTO

AGRADECIMIENTO

El primer agradecimiento va dirigido a nuestros padres que siempre nos apoyaron desde todos los puntos de vista.

Agradecimiento muy especial a nuestra tutora académica Ing. María de Lourdes Ochoa que con sus consejos y conocimientos impartidos nos permitió llegar hasta aquí.

A nuestro jurado, los profesores: Jorge Romero y Luis Escalona, por sus tutorías, colaboración y apoyo prestado durante el desarrollo del presente trabajo.

Al personal de la planta MOLDEADOS ANDIDOS C.A., en especial al tutor empresarial el Ing. Cesar Obando, al Ing. Miguel Flores y al operador Richard Candelo.

Y en general a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la culminación de nuestra carrera.

γ: Peso especifico del fluido (N/m^3)

σy : Esfuerzo a flexión (Pa)

σ_A : Esfuerzo admisible del acero galvanizado (Mpa)

μ : viscosidad (kg/m.s)

A: Área (m^2)

A_{avance}: Área de avance

B1: Sensor capacitivo

B2: Interruptor de final de carrera

B3: Sensor inductivo férrico

B4: Sensor de proximidad magnético

B5: Sensor de proximidad magnético

Be: Beneficio obtenido (BsF/día)

BHP_{ven}: Potencia del ventilador (W)

C: Cantidad de material (lbs/min)

d: densidad (kg/m^3)

D: Diámetro (m)

D_i: Desperdicio intrínseco

E_V: eficiencia del ventilador

F: Coeficiente de pérdida, que relaciona el radio de curvatura y el diámetro de la tubería

f: factor de fricción del diagrama de Moody (adimensional)

F_{ata}: Fuerza de fricción por rodadura (N)

F_c: Factor de pérdida de carga en la campana

$F_{cilindro}$: Fuerza que ejerce el cilindro (N)

Fm: Peso de las virutas (kg)

Fn: Fuerza normal sobre la rueda (N)

FS: Factor de seguridad

h: Espesor de la lámina (mm)

h: pérdida de carga en el conducto (mmcda)

h_{camp} : Pérdida de la campana (mmcda)

Hf: Constante de la ecuación de las correlaciones

hp: Pérdida de energía sufrida por el arrantre

$h_{succión}$: Pérdidas de succión (mmcda)

$h_{tramos\ rectos}$: Pérdida en tramos rectos (mmcda)

h_{tramos_rectos} : Pérdida en tramos rectos (mmcda)

h_{codos} : Pérdida generada en codos (mmcda)

I: Inercia de la compuerta (m^4)

Kt: Factor de concentración de esfuerzos geométrico

L: longitud del tramo (m)

Ma_{vance}: Material utilizado por avance

mc: masa de la compuerta (kg)

$M_{desperdicio}$: Material de desperdicio por golpe

My : Momento flector (Nm)

mmcda: Milímetros de columna de agua

Nap: Número de veces que se activa el actuador de la prensa

Nap: Número de vecesa activarse el actuador de la prensa

Ny: Reacción normal de las ruedas sobre la compuerta (N)

Pa: Producción actual (envases/hora)

PD: presión dinámica (mmcda).

PE: Presión estática

Pe: Producción estimada (envases / hora)

PEV: Precio de venta de los evases (BsF)

PEV: Presión estática del ventilador (mmcda)

P_{otv}: potencia del ventilador (W)

PP: Presión dinámica

P_{st}: Caída de presión (mmcda)

P_{st}: caída de presión (mmH_2O)

PT: Presión total

PTV: Presión total del ventilador (mmcda)

Q: Flujo volumétrico

Qa: Cantidad de aire necesario para impulsar el materia(pie3/min)

Q_A: caudal de aire total (aire- viruta) m^3/min

Qu: Caudal unitario (pie3/libra)

Re: Número de Reynolds

S1: Sensor de nivel inductivo

S3: Pulsador

$T_{compactación}$: Tiempo empleado para realizar la compactación del aluminio (min/h)

$T_{empleado}$: Tiempo empleado para el manejo del desperdicio (min/h)

$T_{producción}$: Tiempo de producción (min/h)

$T_{recolección}$: Tiempo empleado para recolección y traslado del desperdicio a la compactadora (min/h)

V: velocidad (m/s)

V: velocidad del caudal de aire (pie/s)

V: Velocidad media

V_{avance}: Volumen de avance

V_L: Velocidad lineal de desperdicio a la salida de la troqueladora.

Wg: Fuerza ejercida por el peso de la compuerta (kg)

Y5: Alarma

Y6: Luz del tablero color ambar

$\Delta P_{ciclón}$: Pérdidas de presión en el ciclón (mmcda)

ε: Rugosidad absoluta

ρ_{aire}: densidad del aire (lb/pie^3)

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN 1
CAPITULO I: EL PROBLEMA 4
1.1. Planteamiento del problema 5
1.2. Objetivos 6
1.2.1. Objetivo General 6
1.2.2. Objetivos Específicos 6
1.3. Justificación 7
1.4. Limitaciones 7
1.5. Delimitación o Alcances 7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 8
2.1. Antecedentes 9
2.2. Descripción del proceso de elaboración de envases de aluminio 10
2.3. Estimación del desperdicio intrínseco (D_i) 13
2.3. Bases Teóricas 19
2.4.1. Aluminio 19
2.4.2. Troquelado de metales 20
2.4.3. Definiciones utilizadas en sistemas de impulsión 21
2.4.4. Flujo del aire 24
2.4.5. Sistema de transporte neumático 26
2.4.6. Ciclones 32
2.4.7. Cálculo de pérdidas de carga en conductos 34
2.4.8. Evaluación de la presión del ventilador 39
2.4.9. Fundamentos del sensado o detección de presencia. 41
2.4.10. Controlador Lógico programable (PLC) 45
2.4.11. Lenguaje de programación en escalera (Ladder) 49
2.5. Definición de términos 52
CAPÍTULO III: MARCO METODÓLOGICO 53
3.1. Nivel de la investigación 54
3.2. Diseño de la investigación 54
CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRASPORTE NEUMÁTICO 56
4.1. Determinación de las características técnicas del ventilador 59
4.2. Diseño del sistema de transporte de desperdicio 63
4.2.1. Diseño del sistema de tuberías y del colector 64
4.2.2. Determinación de las pérdidas del sistema de transporte 70
4.3. Rediseño de la cámara de compactación de la prensa hidráulica 85
CAPÍTULO V: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA 91

5.1. Automatización del Proceso 92
5.1.1. Descripción del sistema automatizado 92
5.1.2. Esquema de conexión neumática e hidráulica del sistema diseñado 98
5.1.3. Descripción secuencial del proceso de automatización 100
5.1.4. Listado de señales de entradas y salidas del sistema diseñado 104
5.1.5. Selección del sistema de control 104
5.1.6. Esquema de control 105
5.1.7. Programación del PLC 105
5.1.8. Selección de los principales componentes del sistema diseñado 108
5.2. Factibilidad Económica 115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 126
APÉNDICES A: PLANOS 128
APÉNDICE B: TABLAS Y FIGURAS 138
APÉNDICE C: COTIZACIONES 144
ANEXOS 154

Figura 2.1. Desperdicio generado en el proceso de producción de los envases de aluminio. 15
Figura 2.2. Vista de un troquel recortador y sus partes..... 20
Figura 2.3. Diagrama de las presiones presentes en la ductería..... 23
Figura 2.4. Balance del flujo volumétrico entre dos puntos de la ductería..... 24
Figura 2.5. Material en corriente de aire por succión 27
Figura 2.6. Sistema aire en material..... 28
Figura 2.7. Mezcla de aire y material..... 28
Figura 2.8. Caudal unitario y velocidad del material en función de la densidad del material transportado..... 29
Figura 2.9. Dimensiones principales de los ciclones. 32
Figura 2.10. Estructura del bus interno del autómata..... 46
Figura 4.1. Distribución de los componentes del sistema diseñado..... 57
Figura 4.2. Molino utilizado para la prueba..... 59
Figura 4.3. Detalles de la campana de succión del ventilador 61
Figura 4.4. Curvas que muestran el comportamiento del ventilador. 62
Figura 4.5. Detalles de la entrada del ciclón. 64
Figura 4.6. Dimensiones en mm del ciclón requerido. 65
Figura 4.7. Dimensiones del colector..... 66
Figura 4.8. Fuerza ejercida sobre la compuerta debido al peso del desperdicio de aluminio 67
Figura 4.9. Ubicación de los puntos de referencia, para el balance de energía. 85
Figura 4.10. Dimensiones principales de la prensa..... 85
Figura 4.11. Dimensiones del pistón..... 86
Figura 4.12. Dimensiones de la paca de aluminio. 86
Figura 4.13. Proceso de compresión actual del aluminio..... 87
Figura 4.14. Dimensiones de las pletinas..... 88
Figura 5.1. Sistema a automatizar. 92
Figura 5.2. Ubicación del sensor de nivel inductivo (B1)..... 93
Figura 5.3. Posiciones del cilindro 2.0..... 94
Figura 5.4. Ubicación del sensor inductivo y el interruptor de final de carrera..... 95
Figura 5.5. Vista en corte de la compactadora, cuando la paca está formada y panel de control. 96
Figura 5.6. Esquema del sistema neumático e hidráulico. 98
Figura 5.7. Vista en corte de la prensa y el colector, cuando se alcanza el nivel de desperdicio..... 99
Figura 5.8. Vista en corte de la prensa y el colector, cuando se retrae el

cilindro 2.0. 100
Figura 5.9. Vista en corte de la prensa y el colector, cuando se extiende el cilindro 1.0. 100
Figura 5.10. Vista isométrica de la prensa con la paca formada y la ubicación del panel de control. 102
Figura 5.11. Sistema de control automático 105
Figura 5.12. Diagrama escalera. 106
Figura 5.13. Simbología empleada en el diagrama escalera. 107
Figura 5.14. Diagrama de cuerpo libre de la compuerta del depósito 108
Figura 5.15. Diagrama de cuerpo libre de la rueda. 109
Figura 5.16. Cilindro neumático 1.0 y sensores de posición. 112
Figura 5.17. Panel de Control del sistema diseñado. 113
Figura 5.18. Secuencia de recorrido realizado por los operarios de las troqueladoras 115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Parámetros de la materia prima 10
Tabla 2.2. Especificaciones de los envases de aluminio 11
Tabla 2.3. Velocidades de las máquinas troqueladoras 11
Tabla 2.4. Producción de los envases por día 12
Tabla 2.5. Peso y espesor de los distintos envases de Aluminio 13
Tabla 2.6. Características de operación y especificaciones de la lámina a emplear .. 13
Tabla 2.7. Características de operación y especificaciones de la lámina a emplear .. 16
Tabla 2.8. Características de operación y especificaciones de la lámina a emplear .. 17
Tabla 2.9. Rugosidad superficial absoluta 34
Tabla 2.10. Constantes de la ecuación de la correlación 36
Tabla 2.11. Coeficiente de pérdida para codos de sección circular 36
Tabla 4.1. Resultados de la prueba realizada con el molino 58
Tabla 4.2. Estimación de la densidad del desperdicio procesado 59
Tabla 4.3. Velocidades obtenidas durante la prueba 60
Tabla 4.4. Especificaciones del sistema de tuberías 63
Tabla 4.5. Dimensiones del ciclón 64
Tabla 4.6. Propiedades del acero galvanizado 67
Tabla 4.7. Longitud de tramos rectos y accesorios de los tramos de tuberías se succión y descarga 71
Tabla 4.8. Dimensiones principales de la prensa 85
Tabla 5.1. Listado de entradas y salidas del sistema de control 103
Tabla 5.2. Estimación del desperdicio generado en el proceso de producción de los envases 115
Tabla 5.3. Tiempos actuales de la jornada de trabajo 117
Tabla 5.4. Inversión inicial del proyecto 118

Actualmente para la fabricación de envases de aluminio en la empresa Moldeados Andinos C.A., se dispone de dos troqueladoras verticales, las cuales generan aproximadamente 53 kg/h de desperdicio intrínseco durante el proceso productivo, el cual es removido y transportado de manera manual por el operador a una prensa hidráulica para su posterior compactación, esto trae como consecuencia, retraso en las actividades restantes y daños físicos a los operarios, puesto que el peso que es manejado, es considerable y existe riesgo de cortaduras por el desperdicio cortante que manipula.

Este trabajo de grado, tiene por objeto el diseño de un sistema automatizado de extracción, corte y compactación del desperdicio generado en el proceso de troquelado, con el propósito de mejorar la eficiencia del proceso de fabricación de los envases, con lo cual, aumentaría la producción y mejoraría la efectividad de los operarios. Se logrará mediante la implementación de este proyecto, resolver el problema de recolección, transporte y compactación del desperdicio que se viene realizando actualmente.

Para el desarrollo del trabajo, primero se determinaron las características y la cantidad del desperdicio a manejar, para así poder evaluar un sistema de transporte adecuado a la necesidad; como segundo punto, se diseñó el sistema para la automatización de la descarga y la compactación del desperdicio, basado en controlador lógico programable (P.L.C.), además, se realizó la selección de los demás componentes del sistema como sensores, actuadores, pulsadores, entre otros.

Por otra parte, se realizó el rediseño de la cámara de compactación de la prensa, debido a que con la implementación de la solución, el desperdicio generado por las dos máquinas quedaría reducido a partículas más pequeñas, por lo que se hace necesario modificar el diseño original de la prensa; por último se realizó un estudio de factibilidad económica de la propuesta en función de la relación beneficio - costo,

donde se observa una disminución de los tiempos de parada no programada de las máquinas troqueladoras en 120 minutos/día y por ende, un aumento en la producción de 1.040 envases/hora, además de mejorar las condiciones del ambiente de trabajo de los operadores.

En fin, este trabajo está estructurado en cinco capítulos, el capítulo I expone la situación problemática, los objetivos, así como también las limitaciones, delimitaciones y justificación. El capítulo II comprende los antecedentes de la investigación, las bases teóricas necesarias para el desarrollo del diseño y la descripción del proceso de producción de los envases de aluminio. En el capítulo III, se hace referencia a la metodología de la investigación, la cual se planteó en cinco fases, para alcanzar los objetivos planteados. El Capítulo IV, presenta el diseño del sistema mecánico de extracción, corte y transporte del desperdicio de aluminio, así como también, el rediseño de la cámara de compactación. En el Capítulo V, se realizó el diseño automatizado de descarga y compactación del desperdicio, se seleccionó el sistema de control a emplear, se elaboró el diagrama en escalera del proceso, y la selección de todos los componentes a emplear, así como también el estudio de factibilidad económica del proyecto.

Como conclusiones más relevantes se tienen que, con la implementación del sistema diseñado se estima un aumento en la producción de los envases de aluminio de la máquina troqueladora II en un 8,33%, lo que produciría un beneficio de 9.684,48 BsF./ día, con lo cual el retorno de la inversión inicial se generaría en seis días, además, se reduciría el tiempo empleado por los operarios en el manejo de material (desperdicio) y amarre de la paca, de 390 min/día, a sólo el tiempo empleado para realizar el proceso de amarre (aprox. 30 min/día).

CAPÍTULO I
EL PROBLEMA

En el presente capítulo, está conformado por el planteamiento del problema, los objetivos propuestos, la justificación, las limitaciones y delimitaciones del trabajo de grado.

1.1. Planteamiento del problema

Moldeados Andinos C.A. "Molanca", es una empresa multinacional que se propone ampliar sus estructuras, su capacidad operativa y su oferta de productos para cubrir un mercado cada vez mayor. Ésta se dedica a la fabricación de empaques para la industria alimenticia, principalmente para el sector avícola.

En Molanca, se fabrican tres productos: Pulpa de papel y cartón, aluminio y plástico, para lo cual la planta se subdivide en dos, una procesa pulpa de papel y cartón, y aluminio y la otra plástico. En la primera se producen estuches y separadores para huevo y envases de aluminio en la gama de 430~980 cm^3. Mientras que en la planta de plástico, se fabrican envases y bandejas de polietileno.

Actualmente para la fabricación de envases de aluminio se dispone de dos máquinas troqueladoras, que son alimentadas con bobinas de 700 Kg. procedentes de tres proveedores, dos (2) internacionales y uno (1) nacional.

En el proceso de troquelado se genera un desperdicio intrínseco, el cual representa el 11% de la materia prima por máquina, el mismo es removido y transportado a una prensa manualmente por el operador, lo que trae como consecuencia, retraso en las actividades restantes y daños físicos, puesto que el peso es considerable y de elevado riesgo a cortaduras por la cantidad de desperdicio que atentan su integridad.

Así que lo anterior, disminuye la productividad y crea una disconformidad en los trabajadores, ya que se ponen en riesgo constantemente.

Por todo ello, la empresa requiere de un sistema para automatizar el proceso de extracción y transporte del desperdicio, de las máquinas troqueladoras a la compactadora de chatarra, con la finalidad de mejorar la productividad y las condiciones de trabajo de los operarios.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar un sistema automatizado de extracción, corte y compactación de desperdicio generado en un proceso de troquelado de aluminio, con el propósito de mejorar la productividad y facilitar el reciclaje de la chatarra.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las variables involucradas en el proceso de producción de envases de aluminio.
- Determinar las características y la cantidad de desperdicio a manejar por máquina, durante el proceso y la puesta punto de la misma.
- Diseñar el sistema automatizado de extracción, corte y transporte del desperdicio para ambas máquinas a la cámara de compactación.
- Rediseñar la cámara de compactación automática de la prensa.
- Realizar el estudio de factibilidad económica del proyecto.

1.3. Justificación

Este proyecto se considera necesario de implementar, ya que, aumentaría de manera significativa la eficiencia del proceso de fabricación de envases, debido a que habría mayor control de calidad del producto y por ende mayor productividad y efectividad de los operarios. Por otra parte, durante el proceso de compactación del material, el volumen de la paca de material compacto es menor que la actual obtenida en el proceso, debido a que se eliminarían los espacios vacíos (producto de las bolsas de aire) que quedan al compactar el material sin ser cortado, lo que facilita el manejo y disposición final de la chatarra por los operarios.

1.4. Limitaciones

- El espacio físico disponible para el sistema a implementar es de 20 m^2, y además cuenta con una altura máxima de 4m para el diseño.
- La realización del proyecto esta restringida a los materiales y equipos existentes en la empresa.
- Sólo se contará para la realización de este proyecto con dos semestres.

1.5. Delimitación o Alcances

- Sólo se hará el diseño del sistema automatizado de extracción, corte y compactación de desperdicio generado en un proceso de troquelado de aluminio.
- Se trabajara sólo con el desperdicio generado por las dos máquinas troqueladoras.
- El desperdicio de aluminio será de 500 micras de espesor como máximo y 800 milímetros de ancho.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se exponen los antecedentes de la investigación, las bases teóricas que servirán de apoyo para el desarrollo del diseño del sistema planteado, se presenta la descripción del proceso de elaboración de los envases de aluminio y la estimación de la cantidad de desperdicio generado en dicho proceso.

2.1. Antecedentes

Aracas y Ortiz (2005) diseñaron un sistema de extracción y transporte de viruta de aluminio de un proceso de laminación y corte, se basaron en la evaluación técnica de posibles soluciones en cuanto a economía, mantenibilidad e instalación, que permitiera solventar el problema de sobrelaminado y paradas de planta no programadas debido a la obstrucción de los ductos del sistema de transporte de viruta. El diseño consistió, en un sistema neumático a baja presión desde la máquina de laminación y corte, hasta un colector común. El material se moverá por la acción de ventiladores centrífugos conectados en serie a lo largo de la tubería aérea. Como resultado se prevé un método limpio para el transporte de materiales, de menor costo de mantenimiento e instalación y que ocupará menos espacio en la planta y se logrará un aumento en la productividad, evitando el sobrelaminado, reduciendo gastos y paradas de planta no programadas.

Alvarado, Díaz y Gómez (1992) realizaron un estudio de factibilidad económica y técnica para la construcción de un equipo de reciclaje de viruta de aluminio. El cual consistió, en una la prensa hidráulica exclusivamente para la compactación de viruta de aluminio precalentada a 400 ºC. El diseño estuvo dirigido hacia la obtención de un proceso totalmente automatizado, limpio y seguro, lo que implicó una mayor rapidez en el proceso de compactación. Dicha prensa tenía una capacidad de 37.000 kg de viruta/mes, lo que cubría totalmente las necesidades de la empresa, logrando así un aprovechamiento óptimo del desperdicio generado en los procesos productivos.

Rebonatto (1994) realizó un diseño para mejorar el sistema operativo para carga y descarga de dos máquinas troqueladoras de cartón, con el fin de minimizar las paradas no planificadas, ocasionadas por efecto de los lotes de carga apilados incorrectamente y lotes troquelados que requieren transporte, también se pretendió movilizar los desperdicios de manera automatizada. Para los procesos de alimentación y descarga de la máquina troqueladora, se diseñó un sistema de manejo de materiales, basado en camas de rodillos motorizados, manejados automáticamente a través de un controlador lógico programable (P.L.C.) y para el proceso de movimiento de desperdicios, se diseñó una cama de rodillos motorizados controlados automáticamente, detectando el nivel de desperdicio en el baúl. Con este diseño se planteaba un incremento en la producción de 2.160 a 5.280 m^2 de cartón corrugado troquelado, que representaría un 70% de aumento en la producción.

2.2. Descripción del proceso de elaboración de envases de aluminio

La planta de aluminio, cuenta inicialmente con dos áreas: la de materia prima y la de producción.

Área de materia prima

Ésta es la primera etapa del proceso y es donde se reciben las bobinas de aluminio, procedentes de tres proveedores, uno nacional y dos internacionales. Estas bobinas son inspeccionadas por el departamento de control de calidad, donde son evaluados los parámetros exigidos por producción, tales como: peso de la bobina, ancho y espesor de la lámina y lubricación, los cuales se especifican en la tabla 2.1.

Las bobinas luego de la inspección, son ubicadas en el área de almacenaje adyacente a la planta de aluminio.

Tabla 2.1. Parámetros de la materia prima.

Envase Tipo	Peso de La Bobina (kg)	Ancho de Lámina (mm)	Espesor de Lámina (micras)	Lubricación (mg/m^2)
420	Entre 690 y 990	680	55	50 – 70
747		680	50	
990		730	50	

Fuente: Moldeados Andinos C.A. (2007)

Área de producción

Esta área se divide en cuatro zonas: la de troqueladora, de selladora, de paletas y de compactación. La distribución del área se observa en el plano A-02, del apéndice A.

Zona de troqueladora

En esta zona están ubicadas dos troqueladoras verticales marca Quality Tools S.R.L., de accionamiento neumático, las cuales cuentan cada una con su panel de control, en el cual se manipulan las variables del proceso, tales como, la velocidad de la máquina (golpes/min), velocidad de avance y separación entre cortes.

La producción se basa en la elaboración de tres tipos de envases de los cuales se muestran las especificaciones en la tabla 2.2.

La velocidad de las troqueladoras se puede ajustar de acuerdo al tipo de envase que se desee elaborar, estas velocidades y la cantidad de envases por golpe se especifican en la tabla 2.3.

Tabla 2.2. Especificaciones de los envases de aluminio.

ENVASE ALUMINIO 420/45		
	COLOR	Plateado
	PESO DEL ENVASE	5,3 gr
	ANCHO	15,00 cm / 5,91 pulg
	LARGO	12,50 cm / 4,92 pulg
	PROFUNDIDAD	3,80 cm / 1,50 pulg
	CAPACIDAD	430 cm^3 / 15,19 $(Pies)^3$
	UNIDADES	500
	PESO DEL EMPAQUE	**NETO:** 3,75 Kg / 8,27 lb **BRUTO:** 4,20 Kg / 9,26 lb
	USO RECOMENDADO	Comida Rápida
ENVASE ALUMINIO 747/45		
	COLOR	Plateado
	PESO DEL ENVASE	6,7 gr
	ANCHO	19 cm / 7,48 pulg
	LARGO	13,70 cm / 5,39 pulg
	PROFUNDIDAD	3,80 cm / 1,50 pulg
	CAPACIDAD	690 cm^3 / 24,37 $(Pies)^3$
	UNIDADES	500
	PESO DEL EMPAQUE	**NETO:** 4,75 Kg / 10,47 lb **BRUTO:** 5,30 Kg / 11,68 lb
	USO RECOMENDADO	Comida Rápida
ENVASE ALUMINIO 990/4		
	COLOR	Plateado
	PESO DEL ENVASE	9 gr
	ANCHO	22,50 cm / 8,86 pulg
	LARGO	16,10 cm / 6,34 pulg
	PROFUNDIDAD	3,80 cm / 1,50 pulg
	CAPACIDAD	980 cm^3 / 34,61 $(Pies)^3$
	UNIDADES	500
	PESO DEL EMPAQUE	**NETO:** 6,10 Kg / 13,45 lb **BRUTO:** 6,70 Kg / 14,77 lb
	USO RECOMENDADO	Comida Rápida

Fuente: Moldeados Andinos C.A. (2007)

Tabla 2.3. Velocidades de las máquinas troqueladoras.

Envase Tipo	**Velocidad de la máquina (Golpes/min)**	**Número de envases por golpe (Und/golpe)**
420	65	4
747	77	3
990	75	3

Fuente: Moldeados Andinos C.A. (2007)

Zona de embalaje

El producto terminado es colocado manualmente dentro de cajas con una proporción de 500 envases/caja, las cuales, son posteriormente selladas y colocadas en paletas, con una distribución que se muestra en la tabla 2.4. Dichas paletas son transportadas a la zona de almacenaje final, las cuales posteriormente son despachadas.

Tabla 2.4. Producción de los envases por día.

Producción / Tipo de envase	Envases/Caja	Cajas/Paleta	Paletas/Día
420	500	70	6
747	500	35	15
990	500	35	15

Fuente: Moldeados Andinos C.A. (2007)

Zona de compactación

En esta zona está ubicada una prensa hidráulica, marca Milano Hendley-Machines Cos Pack, con una capacidad máxima de compresión de 20 Ton. El desperdicio generado en el proceso de producción de los envases, es trasladado, cargado y colocado dentro de la prensa manualmente, donde posteriormente es compactado, formando de esta manera pacas de aluminio con un peso promedio de 350 kg, cuyas dimensiones son 50 x 50 x 112 cm. Dichas pacas son reubicadas a un área de disposición final donde son acumuladas, para luego ser vendidas como material de reciclaje.

2.3. Estimación del desperdicio intrínseco (D_i)

En este punto se determinará la cantidad de desperdicio que se genera durante el proceso de troquelado, tomando para este cálculo los parámetros críticos, para de esta manera estimar cual será el máximo desperdicio generado de acuerdo al envase a

realizar. Para el cálculo del D_i, es necesario determinar primeramente el peso y el espesor de los distintos envases de aluminio. Estos parámetros fueron suministrados por el departamento de control de calidad y se muestran en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Peso y espesor de los distintos envases de aluminio.

Producto	Peso Mínimo (g)	Peso Ideal (g)	Peso Máximo (g)	Espesor (µm)
420	5	5,3	5,6	55
747	6,5	6,7	6,9	50
990	8,4	9	9,6	50

Fuente: Moldeados Andinos C.A. (2007)

Estimación del desperdicio intrínseco para el envase 990

Para realizar la estimación del desperdicio, los cálculos se basarán en las características de operación y especificaciones de la lámina a utilizar. Dichas características fueron suministradas por el departamento de producción y se reflejan en la tabla 2.6.

Tabla 2.6. Características de operación y especificaciones de la lámina a emplear.

Características	mm	cm
Ancho de lámina	730	73
Espesor de lámina	0,05	0,005
Distancia entre cortes	10	1
Avance	310	31
Velocidad de la máquina	75 golpes/min	
Número de envases por golpe	3 env/golpe	
Densidad del alumínio	2,71 g /cm^3	

Fuente: Moldeados Andinos C.A. (2007)

Velocidad lineal del desperdicio a la salida de la troqueladora

Será determinada mediante la ecuación 2.1, obteniéndose que:

$$v_L = Velocidad_máquina * Avance \qquad (2.1)$$

$$v_L = 75 golpes/\min * 0{,}31 m/golpe = 23{,}25 m/\min$$

Material utilizado por cada avance de la troqueladora

La cantidad de materia prima utilizada por cada avance de la troqueladora, se determinó de la manera siguiente, teniendo en cuenta el ancho y el espesor, así que:

$$V_{avance} = Area * espesor = 73cm * 31cm * 0{,}005cm = 11{,}32cm^3$$
$$A_{avance} = Ancho * avance = 73cm * 31cm = 2.263cm^2$$

Cantidad de material utilizado por avance (M_{avance})

Mediante la ecuación 2.2, se obtiene:

$$M_{avance} = Volumen * densidad = 11{,}315cm^3 * 2{,}71gr/cm^3 = 30{,}55g/golpe \quad (2.2)$$

Material aprovechado por unidades producidas (M_{aprov})

Se referirá a la cantidad de materia prima (aluminio), aprovechada durante el proceso de producción por cada accionamiento de la troqueladora. Con la ecuación 2.3, se tiene que:

M_{aprov} = Nº envases por golpe * Peso del envase = $3 * 8{,}4g = 25{,}2g$ (2.3)

Material de desperdicio por golpe ($M_{desperdicio}$)

Se refiere a la cantidad de desperdicio generado en el proceso de producción por cada accionamiento de la troqueladora. En la figura 2.1, se observa las características del desperdicio generado.

Figura 2.1. Desperdicio generado en el proceso de producción de los envases de aluminio. Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

$$M_{desperdicio} = M_{avance} - M_{aprov} = 30{,}5505 - 25{,}2 = 5{,}35 g / golpe$$

Desperdicio intrínseco generado (Di)

Se define por medio de la ecuación 2.4, quedando:

$Di = M_{desperdicio} * \text{Velocidad de la máquina}$ (2.4)

Para este tipo de desperdicio será:

$$Di = 5.3505 g / golpe * 75 golpes / \min = 401{,}2875 g / \min = 24{,}07725 kg / h$$

Estimación del desperdicio intrínseco para el envase 747

Para la estimación del desperdicio de los envases restantes, se utilizara la metodología anterior.

Tabla 2.7. Características de operación y especificaciones de la lámina a emplear.

Características	mm	cm
Ancho de lámina	680	68
Espesor de lamina	0,05	0,005
Distancia entre cortes	10	1
Avance	273	27,3
Velocidad de la maquina	77 golpes/min	
Numero de envases por golpe	3 env/golpe	
Densidad del alumínio	2,71 gr/cm^3	

Fuente: Moldeados Andinos C.A. (2007)

Velocidad lineal del desperdicio a la salida de la troqueladora

$$v_L = 77 golpes/\min * 0{,}273 m/golpe = 21{,}021 m/\min$$

Material utilizado por cada avance de la troqueladora

$$A_{avance} = 68cm * 27{,}3cm = 1856{,}4cm^2$$
$$V_{avance} = 68cm * 27{,}3cm * 0{,}005cm = 9{,}282cm^3$$

Cantidad de material utilizado por avance (M_{avance})

$$M_{avance} = 9{,}282cm^3 * 2{,}71g/cm^3 = 25{,}15422g/golpe$$

Material aprovechado por unidades producidas (M_{aprov})

$$M_{aprov.} = 3 * 6,5 = 19,5g$$

Material de desperdicio por golpe ($M_{desperdicio}$)

$$M_{desperdicio} = 25,15422 - 19,5 = 5,65422\,g / golpe$$

Desperdicio intrínseco generado (Di)

$$Di = 5,65422g / golpe * 77 golpes / \min = 435,37\,g / \min = 26,1222kg / h$$

Estimación del desperdicio intrínseco para el envase 420

Tabla 2.8. Características de operación y especificaciones de la lámina a emplear.

Características	mm	cm
Ancho de lámina	680	68
Espesor de lamina	0,055	0,0055
Distancia entre cortes	10	1
Avance	242	24,2
Velocidad de la maquina	65 golpes/min	
Numero de envases por golpe	4 env /golpe	
Densidad del alumínio	2,71 g /cm^3	

Fuente: Moldeados Andinos C.A. (2007)

Velocidad lineal del desperdicio a la salida de la troqueladora

$$v_L = 65 golpes / \min * 0,2420 m / golpe = 15,73 m / \min$$

Material utilizado por cada avance de la troqueladora

$$A_{avance} = 68cm * 24,2cm = 1645,6cm^2$$
$$V_{avance} = 68cm * 24,2cm * 0,0055cm = 9,05008cm^3$$

Cantidad de material utilizado por avance (M_{avance})

$$M_{avance} = 9,05008cm^3 * 2,71g/cm^3 = 24,5276g/golpe$$

Material aprovechado por unidades producidas (M_{aprov})

$$M_{aprov.} = 4 * 5 = 20g$$

Material de desperdicio por golpe ($M_{desperdicio}$)

$$M_{desperdicio} = 24,5276 - 20 = 4,5276g/golpe$$

Desperdicio intrínseco generado (Di)

$$Di = 4,5276g/golpe * 65golpes/\min = 294,8g/\min = 17,6576kg/h$$

2.3. Bases Teóricas

2.4.1. Aluminio

Es el metal no ferroso de más amplio uso, debido a sus características mecánicas, como por ejemplo, su gran maleabilidad que le permite producir láminas

muy delgadas y trabajarse de muy diversas maneras. Cristaliza en una red cúbica centrada en las caras, su peso específico es de 2,699 kg/dm^3, casi tres veces más pequeño que el del hierro (7,87 kg/dm^3) y ligeramente mayor que el de manganeso (1,74 kg/dm^3). Su conductividad eléctrica es un 60% superior a la del cobre y 3,5 veces la del hierro. Su punto de fusión es de 660 °C, con una temperatura de ebullición de 2.450 °C. Este punto es relativamente bajo, facilita su conformación mediante fusión y moldeo. (García J. M. 2006)

2.4.2. Troquelado de metales

El troquelado es un método para trabajar láminas metálicas en frío, en forma y tamaño predeterminados, por medio de un troquel y una prensa. El troquel determina el tamaño y forma de la pieza terminada y la prensa suministra la fuerza necesaria para efectuar el cambio. Cada troquel está especialmente construido para la operación que va ha efectuar y no es adecuado para otras operaciones. El troquel tiene dos mitades, entre las cuales se coloca la lámina metálica, cuando las dos mitades del troquel se juntan se lleva a cabo la operación. Normalmente, la mitad superior del troquel es el punzón es la parte más pequeña y la mitad inferior es la matriz que es la parte más grande del punzón corresponde a la abertura de la matriz pero es ligeramente más pequeño, en una cantidad igual a la determinada por el “Juego entre matriz y punzón” requerida. El tipo y espesor del material y la operación que se va a llevar a cabo establecen dicho juego (Montaño Francisco, 1996). A continuación, en la figura 2.2, se muestran los detalles de un troquel y sus partes principales.

El troquelado de láminas metálicas incluye el corte o cizallado, el doblado o formado y las operaciones de embutido superficial o profundo. Los troquelados se llevan a cabo en espesores que varían desde 0.025mm hasta 9 mm de espesor. El tamaño de las piezas troqueladas va desde la más pequeña usada en los relojes de pulsera, hasta los grandes tableros empleados en camiones o aviones.

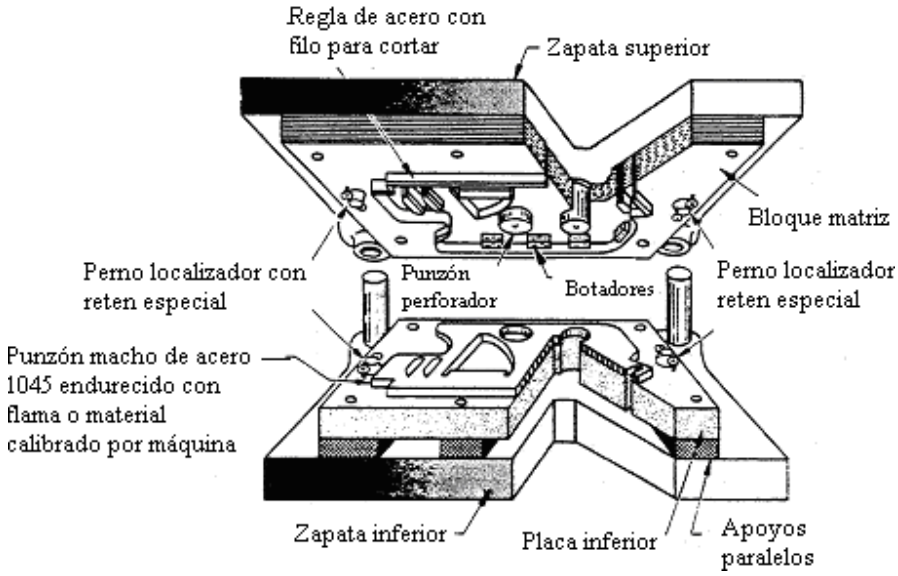


Figura 2.2. Vista de un troquel recortador y sus partes. Fuente: Montaño Francisco (1996).

El proceso de troquelado de piezas metálicas se puede realizar de dos formas básicas: la primera, es utilizando el proceso de troquelado convencional, que es un proceso de alta producción, donde por lo general, son necesarias operaciones secundarias de acabado, como rectificado, escariado, pulido, entre otras, para terminar la pieza; en la segunda, se utiliza el proceso de troquelado fino, que consiste en una técnica de prensado que utiliza una prensa especial, herramientas y troqueles de precisión para la producción de piezas terminadas y listas para usar cuando salen de la prensa.

2.4.3. **Definiciones utilizadas en sistemas de impulsión** (Goodfellow y Tähti, 1992)

Para describir el flujo de aire, se emplean las siguientes definiciones básicas:

a) Flujo volumétrico (Q)

El flujo volumétrico, habitualmente llamado caudal, se define como el volumen o cantidad de aire que atraviesa una sección determinada por unidad de tiempo. Está relacionado con la velocidad media y el área de la sección atravesada, determinado por la expresión:

$$Q = V * A \qquad (2.5)$$

Donde:

Q: caudal, (m^3/s)

V: velocidad media, (m/s)

A: área de la sección, (m^2)

b) Presión

Una masa de aire en movimiento tiene asociada tres presiones distintas, pero matemáticamente relacionadas. Las cuales son:

Presión estática (PE)

Se define como la presión que tiende a hinchar o colapsar el conducto y se expresa en milímetros de columna de agua (mmcda). La PE puede ser positiva o negativa con respecto a la presión atmosférica local, pero debe medirse perpendicularmente a la dirección del flujo de aire.

Presión dinámica (PD)

Se define como la presión requerida para acelerar el aire desde la velocidad cero, hasta una cierta velocidad (V) y es proporcional a la energía cinética de la

corriente de aire. Si se supone que el aire se encuentra en condiciones estándar, la relación entre la velocidad y la PD viene dada por:

$$PD = \left(\frac{V}{4{,}403} \right)^2 \tag{2.6}$$

Donde:

PD: presión dinámica (mmcda). Y se ejerce únicamente en la dirección del flujo de aire y siempre es positiva.

Presión total (PT)

Se define como la suma algébrica de las presiones estática y dinámica. La dirección de la presión total, coincide con la dirección del flujo de aire y su expresión matemática es:

$$PT = PE + PD \tag{2.7}$$

En la figura 2.3, se observa la dirección de las presiones en la ductería.

La presión total puede ser positiva o negativa con respecto a la presión atmosférica y es una medida del contenido energético del aire, por lo que va siempre descendiendo a medida que se produce el avance del aire por el interior del conducto, únicamente aumenta al pasar a través del ventilador.

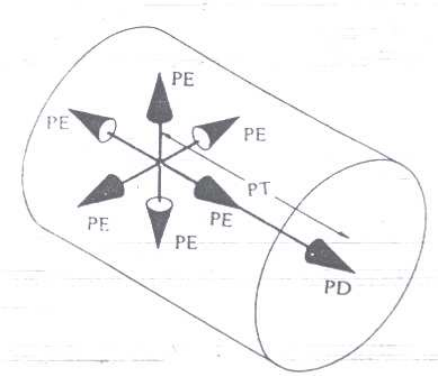


Figura 2.3. Diagrama de las presiones presentes en la ductería.
Fuente: Goodfellow y Tähti (1992).

2.4.4. Flujo del aire

El flujo de aire en los sistemas de ventilación industrial es gobernado por dos principios básicos de la mecánica de los fluidos: la conservación de la masa y la conservación de la energía. Son leyes contables que, básicamente, establecen que la masa y la energía no desaparecen y han de ser tenidas en cuenta en su totalidad (Goodfellow y Tähti, 1992).

A continuación se exponen unas hipótesis simplificadoras que se incluyen en los principios de flujo de aire y estas son:

1. Se desprecian los efectos de cambio térmico. Si la temperatura en el interior del conducto es significativamente distinta de la del aire en los alrededores del mismo, se producirá un intercambio de calor. En consecuencia, tendrá lugar un cambio en la temperatura del aire en el interior del conducto y por tanto, se modificará el caudal.
2. Se considera que el aire es incompresible. Si la pérdida global de presión en el sistema supera los 500 milímetros de columna de agua

(mmcda) aproximadamente, la densidad cambiará un 5% y el caudal también se modificará.

3. Se supone que el aire es seco. La presencia de vapor de agua en el aire reduce la densidad de éste, por lo que debe efectuarse una corrección para tener en cuenta este efecto.
4. Se ignora el peso y el volumen del contaminante presente en la corriente de aire. Si existen altas concentraciones de sólidos, o cantidades significativas de gases distintos del aire, deben efectuarse correcciones para tener en cuenta su efecto.

Si se desprecian los efectos antes descritos, la densidad permanecerá constante y el balance neto del flujo volumétrico (caudal) deberá ser cero, es decir, que el caudal que entra en una campana debe ser el mismo que el que atraviesa el conducto que sale de ella. En la figura 2.4, se observa el balance de caudal entre dos puntos en la ductería.

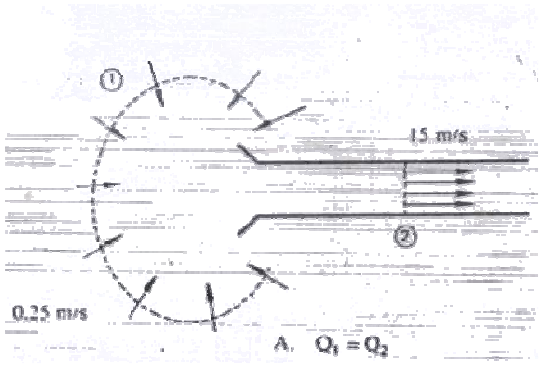


Figura 2.4. Balance del flujo volumétrico entre dos puntos de la ductería. Fuente: Goodfellow y Tähti (1992).

La conservación de la energía exige tener en cuenta todos los cambios de energía que se producen a medida que el aire fluye de un punto a otro. En términos de las presiones, este principio puede expresarse de la siguiente forma:

$$PT_1 = PT_2 + h_p \quad (2.8)$$

$$PE_1 + PD_1 = PE_2 + PD_2 + h_p \quad (2.9)$$

Donde:

Subíndice 1 = un punto cualquiera aguas arriba.

Subíndice 2 = un punto cualquiera aguas abajo.

hp = pérdida de energía sufrida por el aire, mientras fluye desde un punto al otro.

2.4.5. Sistema de transporte neumático

Estos sistemas consisten básicamente en una corriente de aire (u otro gas) a alta velocidad, que se hace pasar a través de una tubería, de modo que cuando un material es alimentado a la misma, éste es transportado por la fuerza impulsora del aire.

Así que la velocidad del aire debe ser lo suficientemente alta, para garantizar que el material se mantenga en suspensión y sea efectivamente arrastrado a lo largo del sistema. Si la velocidad es baja, una parte del material se depositará en el fondo de la tubería produciendo el efecto “duna”. (Gómez y Rachadell, 2001)

Ventajas:

- Muestran gran flexibilidad para su instalación, ya que el sistema puede presentar diversos cambios de dirección tanto horizontal como verticalmente.
- Las dimensiones de la tubería permiten pasar a través de espacios muy reducidos.
- Los costos de mantenimiento son relativamente bajos debido a que, poseen muy pocos componentes mecánicos.

Desventajas:

- La inversión inicial es alta.
- Transporta en una sola dirección.

Consideraciones para el diseño

En estos sistemas de transporte, las propiedades del material a manejarse tienen mayor incidencia en el diseño, que en cualquier otro tipo de sistema. Así por ejemplo, el material determina el tipo de sistema a emplear, los detalles del diseño y construcción de los equipos auxiliares, las velocidades de transporte y los caudales requeridos.

Para ser manejados, efectiva y eficientemente, los materiales deben pasar a través de las tuberías y equipos auxiliares sin atorarse, segregarse o degradarse. Algunos materiales tienen tendencia a acumularse en los codos, pudiendo llegar a obstruir totalmente la línea. Otros se separan debido a que alguno de sus ingredientes absorbe humedad y se adhiere a las paredes de la tubería, mientras que el resto es transportado.

Tipos de sistemas neumáticos

Material en corriente de aire

En estos sistemas, el material es alimentado dentro de una corriente de aire creada por una fuente de presión positiva o inducida por una fuente de vacío. Es la clase más versátil, ya que permite manejar una amplia variedad de materiales con un amplio rango de velocidades. La baja relación material/aire permite el traslado de materiales de formas diversas: terrones, astillas, escamas y granos, así como sólidos

granulares o en polvo, con un mínimo de roce entre las partículas. En la figura 2.5, se muestra un ejemplo para el sistema descrito.

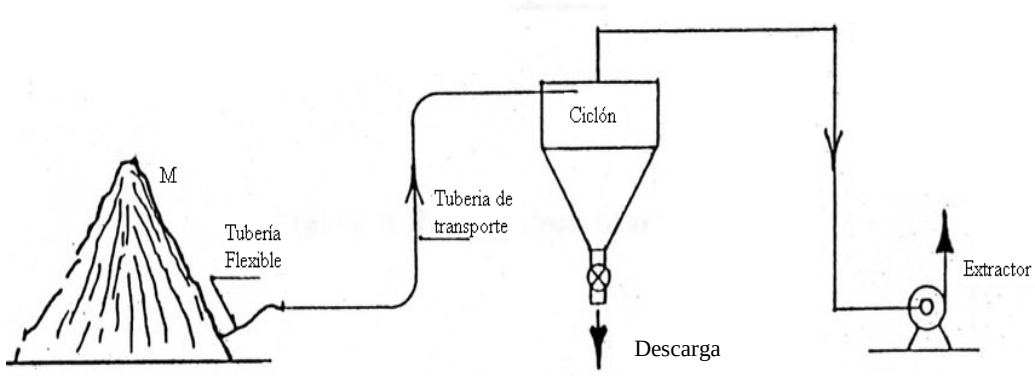


Figura 2.5. Material en corriente de aire por succión. Fuente: Gómez y Rachadell (2002).

Aire en material

El material es alimentado dentro de un recipiente (tanque de presión), hasta un volumen específico, luego se cierra la entrada de material. Seguidamente, se admite aire a presión, se abre la válvula de descarga y el material fluye a través de la tubería. Una vez que el material es descargado, se cierra la válvula de descarga, se despresuriza el tanque y se repite nuevamente el ciclo. Estos sistemas son esencialmente de presión positiva y su uso esta limitado a materiales pulverizados, granulares o mixtos que se fluidizan y que emergen como una corriente densa de baja velocidad en presencia del aire, es ideal para transportar materiales abrasivos o desmenuzables. En la figura 2.6, se observa un ejemplo de un sistema aire en material.

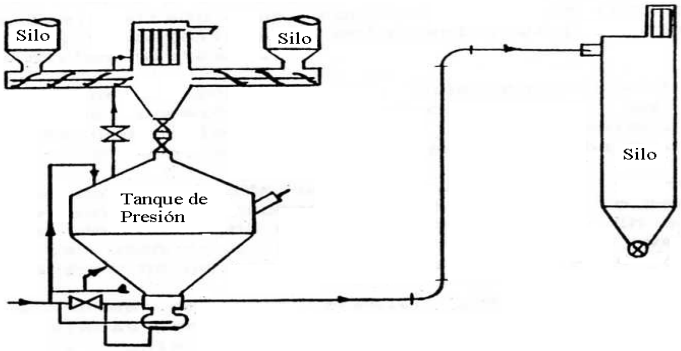


Figura 2.6. Sistema aire en material. Fuente: Gómez y Rachadell (2002).

Mezcla de aire y material

Tanto el material como el aire se suministran simultáneamente y en forma continua, a una cámara de mezclado, cuando la presión es lo suficientemente alta dentro de la cámara, la mezcla fluye a través de la válvula conectada a la tubería. Son utilizados específicamente para materiales pulverizados o granulares que se fluidizan en presencia del aire. Ejemplo de este sistema, se observa en la figura 2.7.

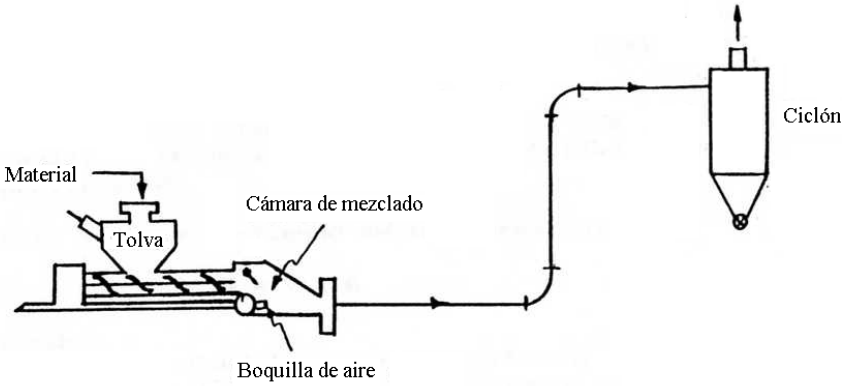


Figura 2.7. Mezcla de aire y material. Fuente: Gómez y Rachadell (2002).

Generalidades sobre el cálculo de sistemas neumáticos

Cabe destacar, que independientemente de la configuración: de presión, succión o combinados, se reconocen dentro de este grupo, los sistemas a baja presión, llamados también de alto volumen y los de alta presión o bajo volumen.

Sistemas neumáticos a baja presión

Los sistemas de baja presión, se emplean para el transporte de materiales livianos (peso promedio de 55 lbs/pie^3 o menos) cuyos requerimientos de manejo no excedan las 8 ton/h. En éstos, por lo general, se usan como medios de impulsión, ventiladores centrífugos capaces de generar presiones de hasta 24” de agua.

La velocidad de la corriente de aire y el caudal dependen del peso de las partículas manejadas. A partir del gráfico de la figura 2.8, se puede obtener tanto la velocidad (pies/min), como el caudal de aire por libra de material (curvas de velocidad y caudal unitario) como una función del peso específico del material Gómez y Rachadell, 2001).

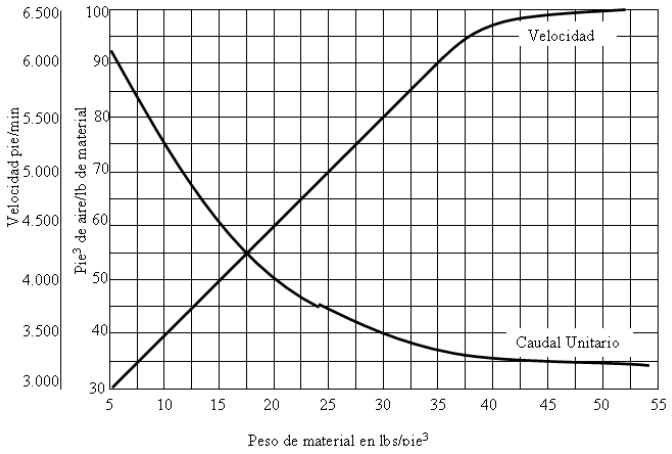


Figura 2.8. Caudal unitario y velocidad del material en función de la densidad del material transportado. Fuente: Gómez y Rachadell (2002).

Caudal total para sistemas neumáticos de baja presión

Los requerimientos de aire para impulsar un material, se obtienen multiplicando el caudal unitario (Qu) por la cantidad de material (C) en libras por minuto:

$$Q_{A(pie^3/\min)} = Q_{u(pie^3/libra)} * C_{(lbs/\min)} \quad (2.10)$$

Donde:

Q_A: cantidad de aire necesario para impulsar el material.

Componentes de los sistemas neumáticos

Los sistemas de transporte de virutas cuentan con unos componentes principales, como lo son:

Dispositivos de alimentación: dependiendo de la configuración del sistema la alimentación puede hacerse mediante alimentadores mecánicos (bombas de alimentación o válvulas rotativas) conectados al fondo de una tolva o mediante mangueras de succión acopladas a la tubería.

Tuberías de transporte: por lo general de acero, acero inoxidable o aluminio, con conexiones y codos del mismo material. Se recomienda usar tuberías de sección circular con un diámetro menor de 4".

Recepción: a menudo se usa un ciclón separador, el cual consiste en un recipiente similar a una tolva donde la corriente de aire entra en forma tangencial al cuerpo del mismo. En otros casos se usa una tolva o un silo con un filtro de aire.

Equipo de impulsión: consiste en ventiladores centrífugos o compresores, los cuales generan la corriente de aire.

2.4.6. Ciclones

En los procesos donde son utilizados, se diseñan para separar partículas sólidas del aire. Son los separadores más usados debido a su bajo costo, su alta eficiencia, no consumen energía y no requieren un gran mantenimiento. En este tipo de separador, se aprovecha la fuerza centrífuga para separar las partículas sólidas del aire.

La separación se realiza de la siguiente manera: la mezcla de viruta y aire entran tangencialmente por la parte superior del ciclón siguiendo un espiral junto a las paredes debido a la forma cónica del ciclón. La fuerza centrífuga va creciendo a medida que disminuye el radio del cono, efectuando así la separación de las partículas sólidas que se mantienen contra la pared y se deslizan hacia la parte inferior del ciclón. (Núñez Franklin, 1975)

Diseño del ciclón

Consiste en la determinación de sus dimensiones, diámetro, altura, área de entrada, entre otros. Los ciclones se diseñan en función de la velocidad de la entrada y del caudal de aire. La velocidad de entrada recomendadas por expertos fabricantes de ciclones Borjas & Núñez, puede variar entre 8 y 30 m /s.

Si se conoce el caudal y suponiendo la velocidad de entrada; se pueden conocer todas las dimensiones del ciclón de acuerdo a las siguientes relaciones, ya que el área de entrada del ciclón, depende exclusivamente de la velocidad y caudal de entrada de

la mezcla aire – material, estas relaciones, se han determinado en base a la experiencia de los fabricantes de ciclones.

Relaciones:

A = 0,4 D	Relación 2.A	;	L = 1,75 D	Relación 2.D
B = 0.25 D	Relación 2.B	;	d = 0,5 D	Relación 2.E
C = 2* D	Relación 2.C	;	h = 0,5 D	Relación 2.F
D = Diámetro		;	S = 0,6 D	Relación 2.G

$$N = \frac{1}{h} * \left(L + \frac{C}{2} \right)$$ Relación 2.H , $2 < N < 5$ (Núñez Franklin, 1975)

En la figura 2.9, se observan las dimensiones principales de los ciclones.

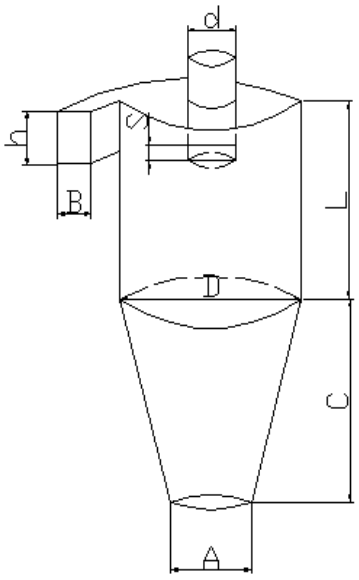


Figura 2.9. Dimensiones principales de los ciclones. Fuente: Nuñez Franklin (1975).

2.4.7. Cálculo de pérdidas de carga en conductos

El cálculo de un sistema de ductos se basa, en la determinación de las velocidades en los ramales, los diámetros y las pérdidas en el sistema, de acuerdo a los caudales requeridos (Goodfellow y Tähti, 1992).

En la ubicación de los ductos de un sistema de aspiración, es de gran importancia escoger los caminos más cortos, para así cubrir las distancias con menor ductería. También es importante, colocar la menor cantidad de codos y reducciones bruscas de áreas, con la finalidad de disminuir las pérdidas en el sistema.

En un sistema de extracción y transporte de viruta, las pérdidas se clasifican en:

- Tramos de ductos rectos
- Codos y ramificaciones
- En la campana
- Por caídas de presión en los equipos colectores.
- Por arrastre de material

Pérdidas en tramos de ductos rectos

La pérdida de carga en los tramos rectos, es una función compleja de la velocidad del aire, del diámetro del conducto, de la densidad y viscosidad del aire y de la rugosidad superficial del ducto. Los efectos de la velocidad, diámetro, densidad y viscosidad se combinan en el Número de Reynolds (Re), que se define como:

$$\mathrm{Re} = \frac{d * V * D}{\mu} \qquad (2.11)$$

Donde:

d: densidad, kg/m^3

D: diámetro, m

V: velocidad, m/s

μ : viscosidad, kg/m.s

El efecto de la rugosidad superficial se da usualmente mediante la rugosidad relativa, que es el cociente entre la altura absoluta de las rugosidades (ε), definida como la altura media de las rugosidades para un material determinado y el diámetro del conducto. Algunos valores típicos de rugosidad relativa absoluta empleados en los sistemas de ventilación se observan en la tabla 2.9.

Tabla 2.9. Rugosidad superficial absoluta.

Material	**Rugosidad Absoluta (ε), cm**
Chapa galvanizada	0.015
Acero	0.005
Aluminio	0.005
Acero inoxidable	0.005
Conducto flexible (alma descubierta)	0.3
Conducto flexible (alma recubierta)	0.09

Fuente: Goodfellow y Tähti (1992).

L. F. Moody (1944, citado en manual de ventilación, 1992), combinó todos estos efectos en un gráfico único, usualmente llamado diagrama de Moody (Ver apéndice B, figura B-1), mediante el cual, si se conoce el numero de Reynolds y la rugosidad relativa, es posible hallar el factor de fricción (f).

Una vez determinado *f*, se utiliza en la ecuación del factor de fricción de Darcy – Weisbach a fin de determinar la pérdida de carga global en el tramo:

$$h = f * \frac{L}{D} * PD \qquad (2.12)$$

Donde:

h: pérdida de carga en el conducto, mmcda.

f: factor de fricción del diagrama de Moody (adimensional)

L: longitud del tramo, m.

D: diámetro del conducto, m.

PD: presión dinámica, mmcda.

Trabajos posteriores de Loeffler, produjeron ecuaciones útiles para el empleo del método de cálculo con presión dinámica. Mediante el empleo de los valores estándar de rugosidad superficial se obtuvieron ecuaciones que pueden combinarse con la de Darcy – Weisbach en la forma:

$$h_{tramos_rectos} = H_f * L * PD, \ (mmcda) \qquad (2.13)$$

El valor de H_f se determinó experimentalmente, para el flujo de aire estándar en conductos de varios materiales, obteniéndose ecuaciones de la forma:

$$H_f = \frac{a * V^b}{Q^c} \qquad (2.14)$$

Que proporciona una buena exactitud (error inferior al 5%). La constante “a” y los exponentes “b” y “c”, varían en función del material, como se indica en la tabla 2.10.

Tabla 2.10. Constantes de la ecuación de la correlación

Material	E, cm	A	b	c
Aluminio, acero, acero inoxidable	0.005	0.0162	0.465	0.602
Chapa galvanizada	0.015	0.0155	0.533	0.612
Conducto flexible, alma recubierta	0.09	0.0186	0.604	0.639

Fuente: Goodfellow y Tähti (1992)

Pérdidas en codos y ramificaciones

Los puntos singulares (codos, uniones, etc.) en un conducto también producen pérdida de presión total. Estas pérdidas se determinarán mediante el método de la presión dinámica.

En este método, las pérdidas en los puntos singulares vienen dadas por un coeficiente de pérdida (F) multiplicado por la presión dinámica. Quedando de la siguiente manera:

$$h_{codos} = F * PD, (mmcda) \qquad (2.15)$$

Donde:

F: Coeficiente de pérdida, que relaciona el radio de curvatura y el diámetro de la tubería (R/D), factores tabulados en la tabla 2.11.

Tabla 2.11. Coeficiente de pérdida para codos de sección circular.

R/D	Pérdida de carga. Fracción de PD	R/D	Pérdida de carga. Fracción de PD
2.75	0.26	2.00	0.27
2.50	0.22	1.75	0.32
2.25	0.26	1.50	0.39

Fuente: Goodfellow y Tähti (1992)

Pérdidas en la campana

A medida que el aire entra en el conducto, se origina una vena contracta y a continuación el aire se expansiona para llenar todo el conducto, convirtiendo la presión dinámica en presión estática. Es en esta zona de expansión, desde la vena contracta hasta alcanzar la velocidad correspondiente al conducto, es donde se origina la mayor parte de la perdida de carga. La perdida de carga en la entrada de la campana (h_{camp}) se expresa en términos de un factor de pérdida de carga en la campana (F_c) multiplicado por la presión dinámica en el conducto (PD).

$$h_{camp} = F_c * PD, (mmcda) \tag{2.16}$$

Donde, los valores de F_c son tomados de la figura B-2, del apéndice B.

Pérdidas por caídas de presión en los equipos colectores

La caída de presión en un ciclón, se puede calcular a partir de diferentes ecuaciones expresadas en función de la velocidad de entrada y la densidad del aire, o bien en función del diámetro (Nuñez, Franklin, 1975). Una de las ecuaciones que se puede utilizar, es la siguiente:

$$\Delta P_{ciclón} = 0{,}0024 \times \rho_{aire} \times V^2 \tag{2.17}$$

Donde:

ρ_{aire}: densidad del aire (lb/pie^3)

V: velocidad del caudal de aire (pie/s)

Pérdidas por arrastre de material

Son aquellas pérdidas que se generan debido al movimiento del material con respecto al caudal de aire por la cual circula, por lo general, se toman como el 10 % de las pérdidas totales del aire.

Corrección de la presión por temperatura y altitud

Las tablas de capacidades de los ventiladores se basan en el manejo del aire normal a 20 °C y 760 mm de mercurio de presión barométrica o una densidad de 0,004674 kg/m^3. Para cualquier condición de operación diferente a la normal establecida, es necesario corregir la presión del ventilador, multiplicando la caída de presión total del sistema por un factor de corrección que se obtiene en la tabla B-3, del apéndice B (Nuñez, Franklin. 1975).

2.4.8. Evaluación de la presión del ventilador

Es preciso determinar la presión estática del ventilador (PEV), ya que la mayoría de las tablas características de los ventiladores la indican y la utilizan como dato para la selección del mismo (Goodfellow y Tähti, 1992).

Presión total del ventilador (PTV)

Es el incremento de la presión total del aire al pasar a través del ventilador y puede representarse por la ecuación:

$$PTV = PT_{salida} - PT_{entrada} \qquad (2.18)$$

Algunos fabricantes de ventiladores, dan los valores característicos de sus equipos en términos de Presión Total del Ventilador. Para seleccionarlo en estos casos, la PTV se calcula como sigue:

$$PTV = PT_{salida} - PT_{entrada} = (PD_{salida} + PE_{salida}) - (PE_{entrada} + PD_{entrada}) \qquad (2.19)$$

Presión estática del ventilador (PEV)

La Air Movement and Control Association, define la PEV como la presión total del ventilador menos la Presión Dinámica del Ventilador (PDV). La PDV se define como la presión dinámica correspondiente a la velocidad del aire a la salida del ventilador. La PEV quedaría definida como:

$$PEV = PTV - PD_{salida} \qquad (2.20)$$

Potencia de un ventilador

Es la potencia al eje que se requiere por un ventilador para mover un cierto caudal de aire-material a una determinada presión, esta potencia viene dada por la siguiente formula:

$$P_{otv} = \frac{Q_A \times P_{st} \times \gamma}{60.000 \times E_v} \qquad (2.21)$$

Donde:

P_{otv}: potencia del ventilador (W)

Q_A: caudal de aire total (aire- viruta) m^3/min

P_{st}: caída de presión (mmcda)

γ: peso especifico del fluido (N/m^3)

E_V: eficiencia del ventilador (0,5 – 0,65)

2.4.9. Fundamentos del sensado o detección de presencia. (Rockwell, Allen–Bradley, 2007)

Un sensor es un dispositivo para detectar y señalar una 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.

- **Interruptores de final de carrera**

Es un dispositivo electromecánico que consta de un accionador unido mecánicamente a una serie de contactos. Cuando un objeto entra en contacto con el accionador, el dispositivo activa (o acciona) los contactos para establecer o interrumpir una conexión eléctrica. Los interruptores de final de carrera se utilizan en diversas aplicaciones y ambientes por su resistencia, facilidad de instalación y confiabilidad. Pueden determinar la presencia, ausencia, paso y posicionamiento de un objeto.

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Facilidad de uso
- Operación sencilla y visible basada en las características de N. A y N. C
- Elevada resistencia a las distintas condiciones ambientales
- Alta repetibilidad

Desventajas:

- La vida de los contactos es más breve que en las tecnologías de estado sólido
- Los componentes mecánicos móviles se desgastan

- **Sensores de proximidad inductivos**

Son dispositivos diseñados para detectar objetos metálicos. Con una correcta instalación, esta tecnología sin contactos junto con la ausencia de partes móviles hace que los sensores de proximidad inductivos no estén sujetos a daños ni desgaste mecánicos. Los sensores de proximidad inductivos detectan tanto metales férricos (que contienen hierro) como no férricos. Generalmente, estos dispositivos se utilizan para detectar la 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.

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- No se ven afectados por la humedad.
- No se ven afectados por el polvo o la suciedad.
- Carecen de partes móviles, por lo que no hay desgaste mecánico.
- No dependen del color.
- Tienen una dependencia menor de la superficie que otras tecnologías de detección.
- No existe una zona ciega.

Desventajas:

- Sólo detectan la presencia de objetos metálicos.
- El margen de operación es más corto que el de otros dispositivos de detección disponibles.
- Pueden verse afectados por campos electromagnéticos intensos.

- **Sensores de proximidad 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.

Los sensores de proximidad capacitivos 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.

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Detectan objetos metálicos y no metálicos, así como líquidos y sólidos.
- Pueden “ver a través” de ciertos materiales (cajas de productos).
- Son de estado sólido y tienen una larga vida útil.

- Disponen de muchas configuraciones de montaje.

Desventajas:

- Distancia de detección corta (1 pulgada o menos) que varía en función del material detectado.
- Son muy sensibles a factores ambientales: la humedad en climas costeros o lluviosos puede afectar el resultado de la detección.
- No son selectivos con respecto al objeto detectado: es esencial controlar qué es lo que se aproxima al sensor.

- **Sensores para actuadores.** (Festo, 2007)

Los sensores de posición son diseñados especialmente para la utilización con cilindros neumáticos. Los sensores identifican el campo magnético generado por un imán permanente montado en el émbolo del cilindro y, por lo tanto, detectan indirectamente la posición del vástago. Los sensores tienen que estar adaptados necesariamente al tipo de imán, a la distancia hasta el imán, a la geometría del actuador y sus dimensiones.

Ventajas:

- Numerosas posibilidades de montaje y de conexión.
- Ejecuciones resistentes al calor y a la corrosión.
- Sistema de protección para su uso en atmósferas con riesgo de explosión.

2.4.10. Controlador Lógico programable (PLC)

El PLC o autómata programable industrial es un equipo electrónico de control que se basa en un programa interno, en el cual definirá la secuencia de acciones que se realizarán según los requerimientos de un proceso específico. Esta secuencia de acciones se ejercerán sobre las salidas del autómata a partir del estado de sus señales de entrada. Las entradas y salidas (E/S) del PLC pueden ser: analógicas o digitales. Las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada (On-Off), es decir, o poseen el máximo nivel de tensión establecido, o no tienen tensión (0 Volt). Las señales de las entradas digitales del PLC pueden provenir de pulsadores, finales de carrera, fotoceldas, detectores de proximidad, interruptores, etc. Las E/S analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Las señales de las entradas analógicas del PLC pueden provenir de sensores de temperatura, etc. (Escobar M, s.f)

Por otro lado, con respecto a la memoria del autómata se puede acotar, que contiene los datos del proceso y los datos de control. En la memoria del autómata se almacenan datos binarios (señales de niveles altos y bajos, es decir, de "unos" y "ceros") que según sean sus formatos pueden ser leídos bit a bit, en grupos de ocho bits (byte) o dieciséis bits (word).

La memoria ideal para el autómata debería ser simultáneamente rápida, pequeña, barata y de bajo consumo de energía, sin embargo, como ninguna de las memorias del mercado reúne todas estas condiciones, los autómatas combinan distintos tipos de memorias:

- Memorias de lectura / escritura, RAM.
- Memorias de sólo lectura, no reprogramables, ROM.

- Memorias de sólo lectura, reprogramables, con borrado por luz ultravioleta, EPROM.
- Memorias de sólo lectura, alterables por medios eléctricos, EEPROM.

Los componentes principales de un PLC son:

- Unidad central de proceso o de control, CPU
- Memoria interna
- Memoria de programa
- Interfases de entrada y salida
- Fuente de alimentación

La unidad de control se encarga de consultar el estado de las entradas y de adquirir la secuencia de instrucciones (residentes en la memoria de programa) que generarán señales de salida específicas en el PLC (órdenes que se enviarán al proceso). La unidad de control es la responsable de actualizar continuamente los temporizadores y contadores internos que hayan sido programados.

La memoria interna almacena el estado de las variables que maneja el autómata: entradas, salidas, contadores, relés internos, etc.

La memoria de programa contiene la secuencia de operaciones (programa escrito por el usuario) que deben realizarse sobre las señales de entrada del autómata para obtener las señales de salida, así como los parámetros de configuración del autómata, tales como el nombre o identificación del programa escrito, indicaciones sobre la configuración de E/S o sobre la red de autómatas.

Las interfaces de entrada y salida establecen la comunicación del autómata con la planta. Para ello se conectan, por una parte, con las señales de proceso y, por

otra, con el bus interno del autómata. Se conoce como bus interno al conjunto de líneas y conexiones que permiten la unión eléctrica entre la unidad de control, las memorias y las interfaces de E/S.

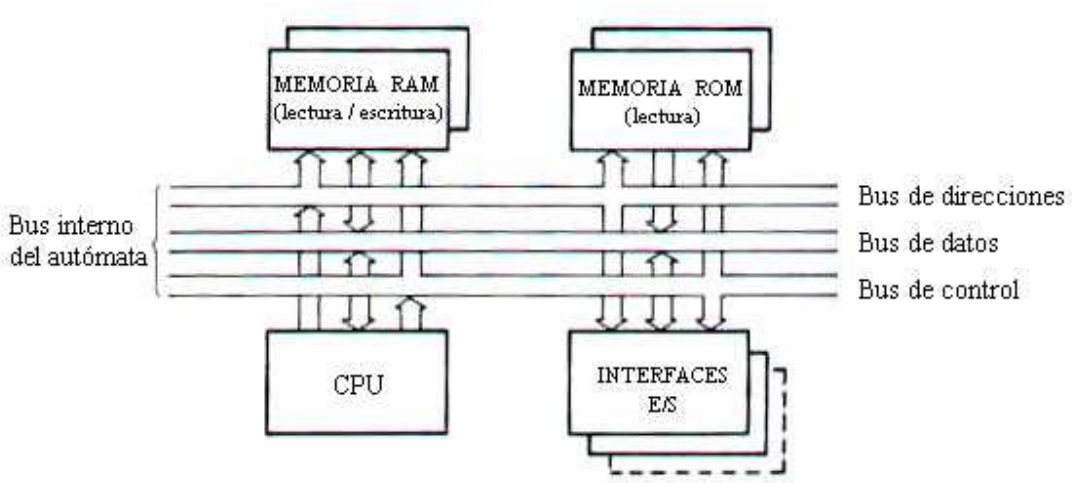


Figura 2.10. Estructura del bus interno del autómata. Fuente: Escobar M, (s.f).

El sistema de E/S de un autómata programable industrial tiene como funciones:

1. Adaptar la tensión de trabajo de los dispositivos de campo a la de los elementos electrónicos del autómata.

2. Proporcionar una adecuada separación eléctrica entre los circuitos lógicos y los circuitos de potencia.

En base al número de puntos de E/S que la CPU puede manejar, se habla de baja, con autómatas de gama: E/S < 256; Mediana, con 256 ≤ E/S ≤ 1024, ó Alta, con E/S < 1024.

Aplicaciones más comunes del PLC

Maniobras de máquinas: máquinas herramientas complejas, maquinaria industrial del mueble, la madera y el plástico, entre otras.

Maniobra de instalaciones: instalaciones de seguridad, plantas embotelladoras, almacenamiento y transporte, aire acondicionado y calefacción, industria automotriz, industria plástica, entre otras.

Ventajas y desventajas de los PLC´s:

Entre las ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido entre otros componentes
- Mínimo espacio de ocupación
- Menor costo de mano de obra
- Mantenimiento económico
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento

Y entre las desventajas:

- Adiestramiento personal
- Costo elevado

2.4.11. Lenguaje de programación en escalera (Ladder)

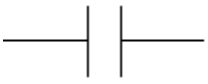
Éste lenguaje de programación permite representar gráficamente el circuito de control de un proceso dado mediante el uso simbólico de contactos N.A. y N.C., temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, relés, etc. El programa es realizado y almacenado en la memoria del PLC y éste lee el programa 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 renglón superior y terminando con el inferior. (Escobar M, s.f)

En este tipo de programa cada símbolo representa una variable lógica cuyo estado puede ser verdadero o falso. Dispone de dos barras verticales que representan a la alimentación eléctrica del diagrama.

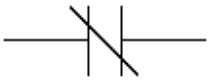
A continuación se muestra la simbología más comúnmente usada en la elaboración de diagramas de escalera, según la normativa IEC-1131:

Entrada

Representa a una entrada una entrada física del PLC y se encuentran simbolizados a través de un contacto que puede ser normalmente abierto (NO) ó normalmente cerrado (NC).



NO



NC

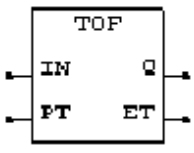
Salida

Representa a un dispositivo genérico de salida que puede estar asociado a una salida física del PLC o a una salida lógica del diagrama escalera (por ej. una bobina de un relé interno del PLC).

Temporizador con retardo a la desconexión

Este dispositivo representa a un temporizador con retardo a la desconexión.

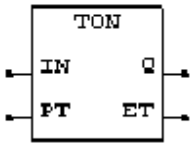
Al aplicar un nivel lógico alto en la entrada IN, inmediatamente se activa la salida Q. En este punto, si se corta la señal en la entrada IN, es cuando comienza a transcurrir el tiempo en el temporizador. Cuando el tiempo programado (aplicado a la entrada PT) ha transcurrido (permaneciendo cortada la señal en la entrada IN), la salida Q se desactiva. Esta condición se mantendrá mientras la entrada IN permanezca sin señal. Si se aplica nuevamente un nivel lógico alto a la entrada IN antes de que el temporizador alcance su tiempo programado, la cuenta del tiempo se pondrá en cero y la salida Q se activará. El pin de salida ET indica el tiempo actual transcurrido.



Temporizador con retardo a la conexión

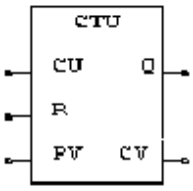
Este dispositivo representa a un temporizador con retardo a la conexión.

Al aplicar un nivel lógico alto en la entrada IN, comienza a transcurrir el tiempo en el temporizador. Cuando el tiempo programado (aplicado a la entrada PT) ha transcurrido (manteniendo la señal en la entrada IN), la salida Q se activa. Esta condición continuará hasta que se corte la señal en la entrada IN. Si la señal en la entrada IN es cortada antes de que el temporizador alcance su tiempo programado, la cuenta del tiempo se pondrá en cero y la salida Q se desactivará. El pin de salida ET indica el tiempo actual transcurrido.



Contador incremental

Representa a un contador ascendente. Un flanco ascendente en la entrada CU (count-up) incrementará la cuenta en 1. Cuando la cuenta actual alcance al valor fijado en la entrada PV, la salida Q se activará. Si se le aplica un nivel lógico alto en la entrada R (reset), el contador se pondrá en cero (puesta a cero asíncrona). El pin de salida CV indica el valor actual de la cuenta.



2.5. Definición de términos

Desperdicio intrínseco: residuo generado por las máquinas troqueladoras durante el proceso de producción de los envases de aluminio.

Pulpa: mezcla de papel, cartón, agua y algunos aditivos químicos, que se emplea como materia prima para la fabricación de los estuches y separadores de huevos.

Fluidización: movimiento de las partículas, quedando suspendidas en el fluido, por la acción del aire.

Entradas y salidas digitales: son aquellas en que la información de control viene dada por códigos binarios, es decir, en forma de 0 ó 1. Existen dos posibles tipos de respuestas lógicas 0 ó 1 (on – off, todo o nada, si ó no, etc.).

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describe la secuencia de actividades para realizar el diseño del sistema automatizado de extracción, corte y compactación del desperdicio de aluminio. Inicialmente se presenta el nivel de investigación del diseño y se clasifica el proyecto planteado. Seguido, se presenta el diseño de la investigación o las actividades a realizar para lograr el diseño del sistema automatizado.

3.1. Nivel de la investigación

De acuerdo a los objetivos planteados este proyecto se puede catalogar como una investigación de campo, de carácter descriptivo, debido a que la información será recolectada directamente de la empresa Moldeados Andinos C.A. También se puede clasificar como un proyecto factible porque se pretende solventar, por medio del planteamiento de una solución, el manejo del desperdicio generado por dos troqueladoras durante el proceso de producción de envases de aluminio de dicha empresa.

3.2. Diseño de la investigación

A continuación se presenta una secuencia de las fases seguidas, para alcanzar los objetivos planteados:

Fase I: se realizó un estudio completo del proceso de troquelado, para esto se efectuaron entrevistas con el personal de la empresa, para así poder conocer de manera especificada todo el proceso de producción de los envases de aluminio y determinar las variables involucradas en el mismo.

Fase II: se realizó la recolección y análisis de información por medio de una investigación bibliográfica, que permitiera tener conocimiento del tema.

Fase III: en ésta fase se buscó, proponer una solución que se ajustara al proceso productivo actual, para esto se contó con ayuda en el tema por parte de los tutores (empresarial y académico).

Fase IV: se diseñó el sistema y se procedió a la selección de todos los dispositivos y equipos necesarios, para que el sistema opere con un máximo rendimiento y se diseñó el sistema automatizado en base a lo requerido en el proceso de compactación del desperdicio de aluminio.

Fase V: se determinó la factibilidad económica del proyecto, primero se realizó un informe detallado de los costos para poder determinar la inversión inicial y los costos operacionales y así hacer una relación de beneficios-costos y determinar la rentabilidad del mismo.

CAPÍTULO IV
DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

En este capítulo se hará referencia al diseño del sistema mecánico de extracción, corte y transporte del desperdicio de aluminio, el cual es la primera parte del desarrollo de la solución propuesta. El mismo estará subdividido en tres partes, la primera, es la determinación de las características técnicas del ventilador a emplear, en la segunda parte se diseñará el sistema neumático de extracción, corte y transporte de desperdicio al sistema colector y por último se realizará el rediseño de la cámara de compactación.

Diseño del sistema de extracción, corte y transporte del desperdicio de aluminio al sistema colector.

Para la realización del diseño, se empleará un sistema de transporte neumático de baja presión. Para la extracción del aluminio se colocará a la salida de cada máquina troqueladora un ventilador centrifugo, que además, posee en sus álabes cuchillas que sirven para cortar el desperdicio, lo que facilita su traslado por las tuberías de descarga del sistema, en el plano A-01 del apéndice A y en la figura 4.1, se observa la distribución de los componentes del sistema diseñado.

En principio se realizó la ubicación de los ventiladores, dentro del área de la planta, de manera que éstos no interfieran a los operadores en el momento de realizar sus actividades y asimismo tratando de que la distancia entre la campana de succión y las troqueladoras sea lo más corta posible, para no generar pérdidas considerables en los tramos de succión del ventilador.

A la salida de cada ventilador, se encuentran los ductos por donde viaja el desperdicio (impulsado por el mismo), hasta el ciclón colocado sobre la compactadora, el cual recibe la viruta de ambas máquinas y que realiza la función de separar el aire del desperdicio.

o

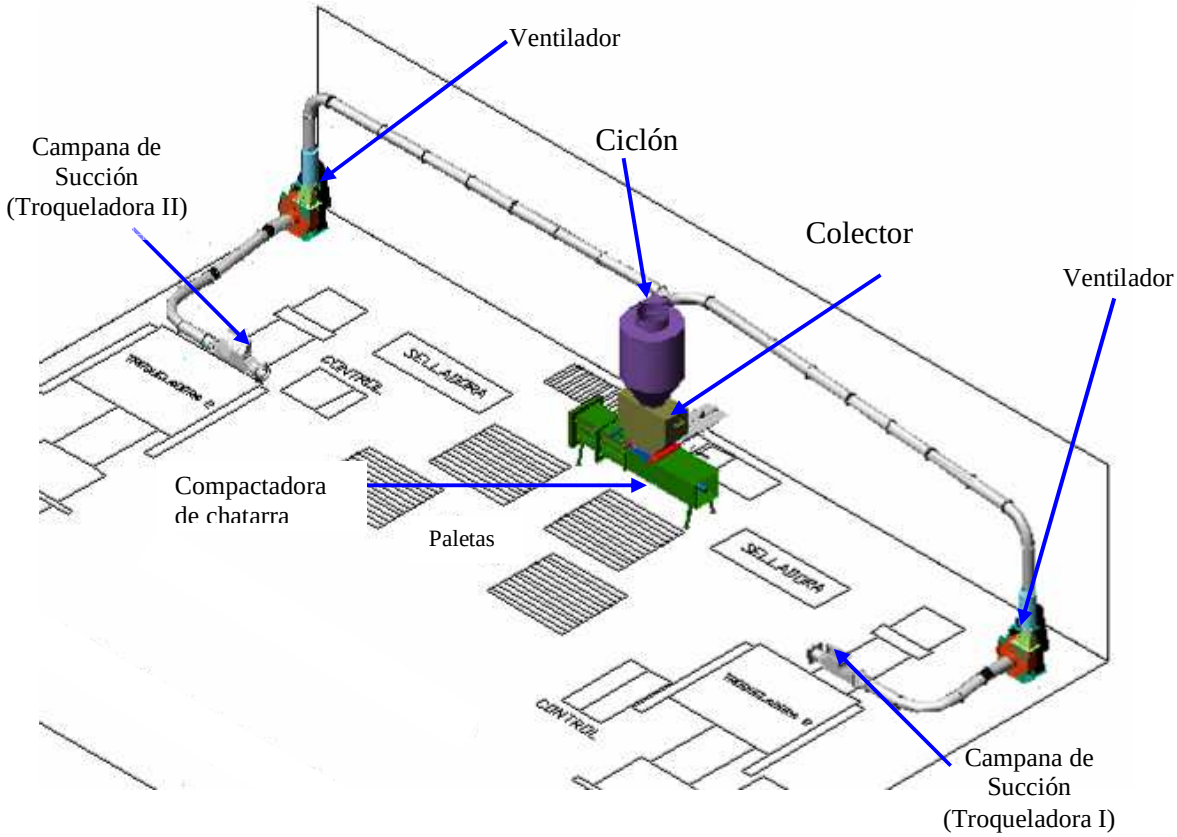


Figura 4.1. Distribución de los componentes del sistema diseñado.
Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

También se dispondrá de un colector, el cual almacenará la viruta proveniente del ciclón, éste cuenta con una compuerta que servirá de acceso a las virutas de aluminio a la prensa hidráulica (compactadora de chatarra), para posteriormente ser compactada hasta formar pacas de 350 kg.

El diseño de este sistema se realizará por etapas, la primera etapa consistirá en determinar las características técnicas del troceador (ventilador), que se encuentra actualmente en la empresa, debido a que no se cuenta con las especificaciones. La

segunda etapa consistirá en diseñar el sistema de tuberías y el sistema colector y por último se rediseñará la cámara de compactación de la prensa hidráulica.

4.1. Determinación de las características técnicas del ventilador

Las especificaciones técnicas del ventilador se estimarán de manera experimental, ya que es necesario conocerlas para determinar si cumple con los requerimientos del sistema diseñado. Las características a determinar serán, la capacidad del ventilador, la densidad del aluminio una vez cortado y el flujo volumétrico de aire generado por dicho ventilador.

a) Evaluación de la capacidad del ventilador troceador y densidad del aluminio procesado

Para la obtención de la capacidad de procesamiento del ventilador (kg/h), se realizó una prueba con el ventilador, la cual generó los resultados que se observan en la tabla 4.1.

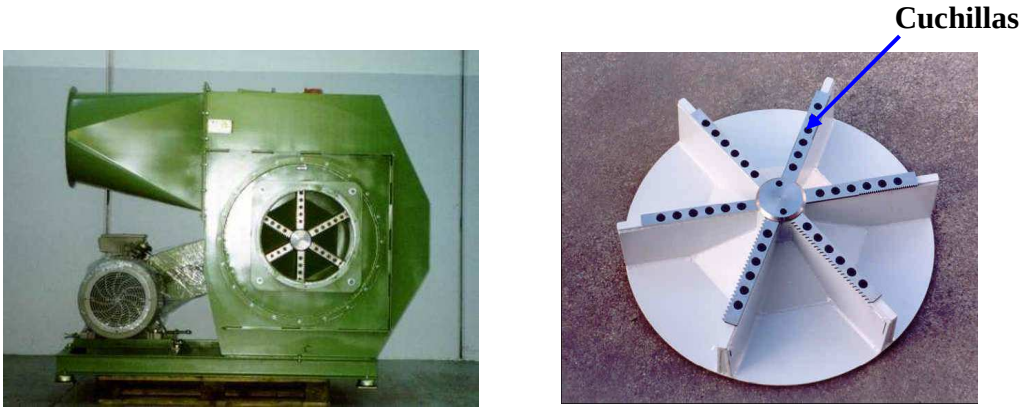
Tabla 4.1. Resultados de la prueba realizada con el molino.

Tiempo de la prueba (s)	Peso del Aluminio Procesado (kg)	Capacidad de procesamiento del troceador
20	1,811	0.09057 kg/s 326,07 kg/h

Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

Esta prueba consistió en introducir una muestra de desperdicio de aluminio al ventilador, durante un tiempo cronometrado, luego se pesó todo el material que fue procesado durante el lapso de la prueba, para así determinar la capacidad del ventilador (En el anexo 17, se presentan imágenes de la prueba). En la tabla B-2 del

apéndice B, se muestran las especificaciones del ventilador utilizado para la realización de la prueba. A continuación en la figura 4.2, se muestran los detalles del ventilador usado durante la prueba realizada.



a) b)

Figura 4.2. a) Imagen del molino utilizado para la prueba; b) Imagen en detalle del impulsor, los cuales cuentan con cuchillas, que realizan la función de cortar el material.
Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

Para determinar la densidad del aluminio procesado, se procedió a medir, con el uso de un recipiente cúbico (30 x 46 x 32,5 cm), el total del desperdicio cortado por el molino durante la prueba. Con las mediciones obtenidas se obtuvo un valor de densidad media del aluminio cortado. En la tabla 4.2, se muestran los valores obtenidos.

Tabla 4.2. Estimación de la densidad del desperdicio procesado.

Volumen del Recipiente (m^3)	**Peso del aluminio Procesado (kg)**	**Densidad (kg/m^3)**
0,04485	0,566	12,62
	0,580	12,93
	0,555	12,37
Densidad Media		**12,64**

Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

b) Flujo volumétrico de aire generado por el ventilador (Q_{max})

Para determinar el caudal de aire máximo generado por el ventilador, se realizó una prueba donde fueron medidas tanto las velocidades de succión como las de descarga. Para realizar las mediciones de velocidad, se utilizó un *anemómetro*. La prueba se llevó a cabo de la siguiente manera: a) se midió la velocidad en la campana de succión, tomando en cuenta diferentes niveles de apertura de la válvula de entrada de aire presente en la campana de succión del ventilador; b) de igual manera, se midió la velocidad de salida con las mismas condiciones establecidas en el punto a. En la figura 4.3, se muestran los detalles de la campana de succión del ventilador.

En la tabla 4.3, se muestra en resumen los valores obtenidos durante la prueba realizada con el ventilador.

Tabla 4.3. Velocidades obtenidas durante la prueba.

Abertura Válvula (in)	Velocidad de Succión (m/s)	Velocidad de Descarga (m/s)
0	18,70	25,95
1	14,15	28,25
2	16,90	28,20
3	13,65	27,75
4	8,95	28,05
5	10,40	28,85
6	9,20	28,40
7	7,45	29,30
8	8,55	29,20
9	8,00	29,30

Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

Con los datos obtenidos en la prueba, se realizó un gráfico, que muestra el comportamiento de la velocidad de entrada en la campana de succión y velocidad de salida, en función a la apertura de la válvula reguladora. En el mismo, se observa que existe una variación de velocidad significativa en la campana de succión, mientras

que en la salida del ventilador la velocidad se mantiene en un rango de valores cercanos, pudiéndose tomar para efectos de cálculos un valor constante e igual al promedio de los mismos (V_{pd} = 28,33 m/s). En el apéndice A, plano A-10 se muestran las dimensiones de la campana de succión del ventilador.

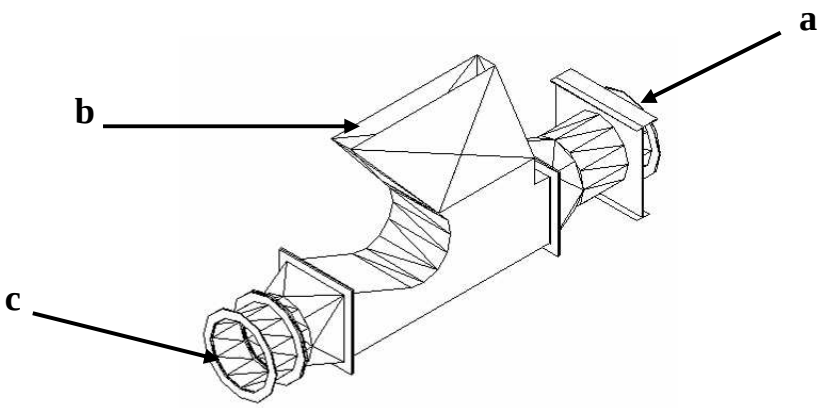


Figura 4.3. Detalles de la campana de succión del ventilador. a) válvula reguladora de entrada de aire; b) entrada del desperdicio; c) conexión a la tubería de succión. Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

Así que para el cálculo del caudal de aire generado por el ventilador, es necesario la velocidad promedio y el área de descarga del mismo, la cual es circular y posee un diámetro de 200mm (8”). Haciendo uso de la ecuación 2.5, para el cálculo de flujo volumétrico, se obtiene lo siguiente:

$$Q_{\max} = V_{pd} * A$$
$$Q_{\max} = 28{,}33 * 0{,}0314 = 0{,}8898 m^3 / s$$

Siendo:

V: velocidad media, (m/s)

A: área de la sección transversal de la tubería, (m^2)

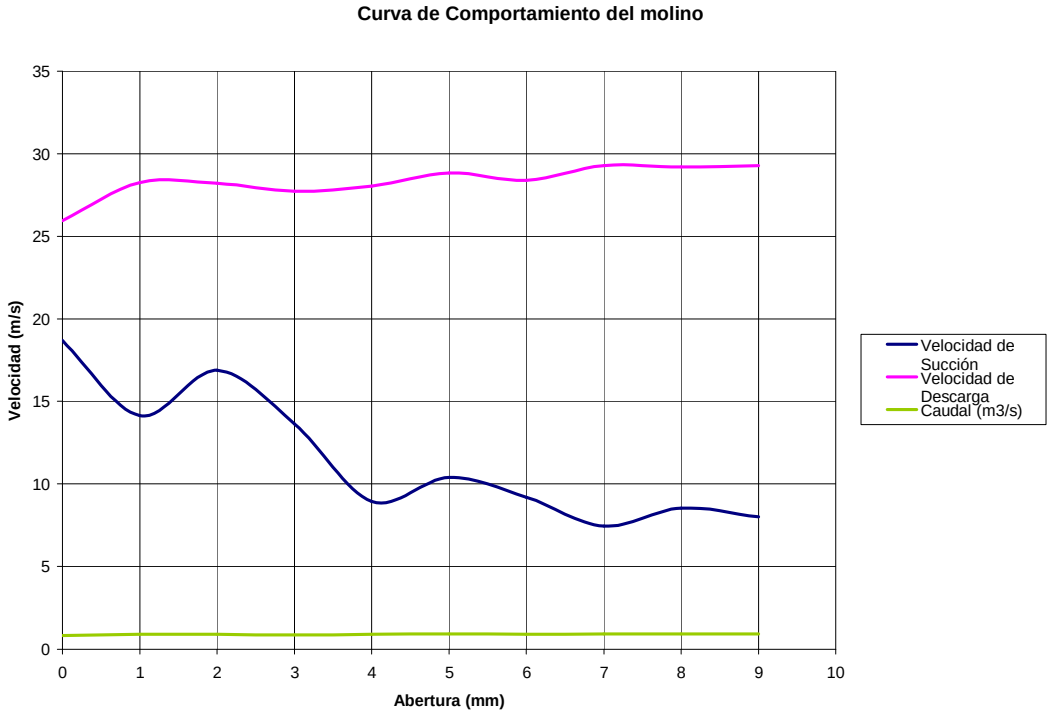


Figura 4.4. Curvas que muestran el comportamiento del ventilador.
Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

A continuación se presenta el diseño del sistema de transporte de desperdicio de aluminio, del colector y el cálculo de las pérdidas de presión del sistema propuesto.

4.2. Diseño del sistema de transporte de desperdicio

El diseño del sistema de transporte, consta de dos partes: a) Diseño del sistema de tuberías y del colector; b) Cálculo de las pérdidas de presión del sistema propuesto.

4.2.1. Diseño del sistema de tuberías y del colector

a) Diseño del sistema de tuberías

El diseño se realizará para cada máquina troqueladora con las especificaciones que se muestran en la tabla 4.4, donde se indica longitud de tramos rectos, diámetro de la tubería y números de codos requeridos durante el recorrido. Cabe destacar que cada troqueladora, contará con su respectivo ventilador troceador y su campana de succión, teniendo en cuenta el espacio disponible y la distancia entre las troqueladoras y la prensa hidráulica.

En los planos A-03, A-04, A-05 y A-06 del apéndice A, se visualiza la distribución del sistema de tuberías y la posición de los molinos a utilizar en el área de troquelado de la planta.

Tabla 4.4. Especificaciones del sistema de tuberías.

Máquina	Diámetro* (mm)	Longitud Tramo recto Succión (m)	Nº de codos 90º (r/d =2,5)	Longitud Tramo recto Descarga (m)	Nº de codos 90º (r/d =2,5)	Material de Tuberías*
Troqueladora I	200	1,754	1	9,0632	2	Acero Galvanizado de 0,9mm de espesor.
Troqueladora II		3,618	1	8,8682	2	

* Diámetro y material recomendado por New Aerodinámica, fabricantes del ventilador troceador y tuberías para el sistema de transporte. Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

b) Diseño del sistema colector

El diseño del sistema colector, consistirá básicamente en: determinar las dimensiones del ciclón y en establecer las dimensiones del colector de las virutas de aluminio.

Dimensionamiento del ciclón

El caudal que manejará el ciclón, es la suma de los caudales de aire de cada ventilador que conforma el sistema, siendo este igual a 1,7797 m^3 / s. y la velocidad será de 28,325 m/s. Las dimensiones de la entrada del ciclón se tomaron de manera que se pudiesen colocar las dos tuberías que vienen de los ventiladores, quedando como se muestra en la figura 4.5.

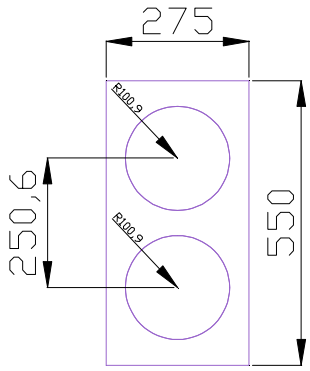


Figura 4.5. Detalles de la entrada del ciclón.
Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

Las dimensiones restantes, se determinarán con las relaciones del aparatado 2.2.6, quedando definidas como se muestra en la tabla 4.5:

Tabla 4.5. Dimensiones del ciclón

Dimensiones	Valores
Diámetro de salida del desperdicio	A = 440 mm
Ancho de entrada	B = 275 mm
Altura de entrada	h = 550 mm
Diámetro de salida del aire	d = 550 mm
Altura de salida del aire	S = 660 mm
Diámetro del ciclón	D = 1100 mm
Altura de la parte cilíndrica	L = 1925 mm
Altura de la parte cónica	C = 2200 mm
Número de vueltas de la partícula	N = 5,5

Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

Debido a que con los parámetros determinados anteriormente (L y C), se determinó que no es posible colocar el ciclón con estas dimensiones de altura en el área dispuesta. Por lo tanto, se modificarán la altura tanto de la sección cilíndrica, como la de la sección cónica del ciclón, para adaptarlo al espacio disponible, dejando como constante el resto de las dimensiones. La verificación de esta modificación se hará en función al número de vueltas que realizarán las partículas de desperdicio dentro del ciclón, las cuales deben estar en un rango entre 2 y 5 vueltas (Núñez, F., 1975), resultando lo siguiente:

Altura de la parte cilíndrica, C = 1000 mm.

Altura de la parte cónica, L = 500 mm.

Numero de vueltas, N = 2,3 vueltas, las cuales se encuentran dentro del rango indicado, cumpliendo de manera correcta la función de separar el aire del material.

Quedando definidas las dimensiones finales del ciclón, como se muestra en la figura 4.6.

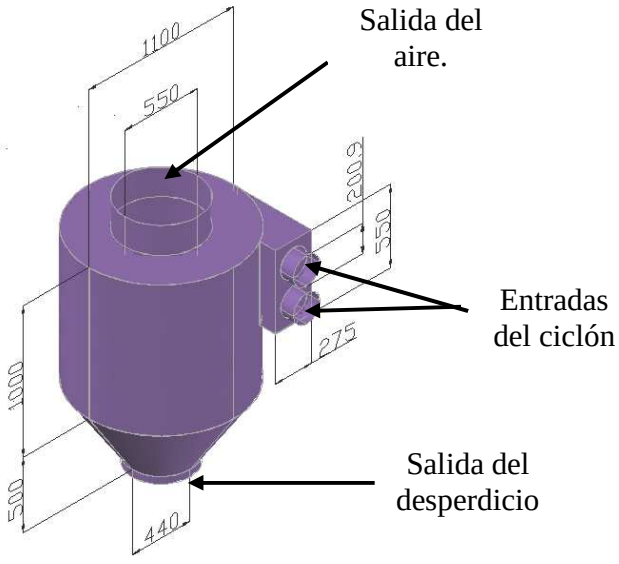


Figura 4.6. Dimensiones en mm del ciclón requerido.
Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

Dimensionamiento del colector

El colector a diseñar, se utilizará como deposito de las virutas de aluminio cortadas, provenientes del ciclón, asimismo, contará con una compuerta lateral (dimensiones: 420 x 450 mm), que servirá para introducir en éste los envases defectuosos obtenidos durante el proceso de producción de los mismos. Dicho colector contará en su base con las mismas dimensiones de la entrada a la cámara de compactación de la prensa. Además, dispondrá de una compuerta inferior que tendrá la función de darle acceso al aluminio a la cámara de compactación; el plano A-02 del apéndice A, muestra el conjunto del sistema. El material que se propuso para el diseño de los elementos fue chapa de acero galvanizado de 0,9 mm de espesor, ya que se trata de un material liviano, económico y resistente a la corrosión. En la figura 4.7, se especifican las dimensiones del colector diseñado.

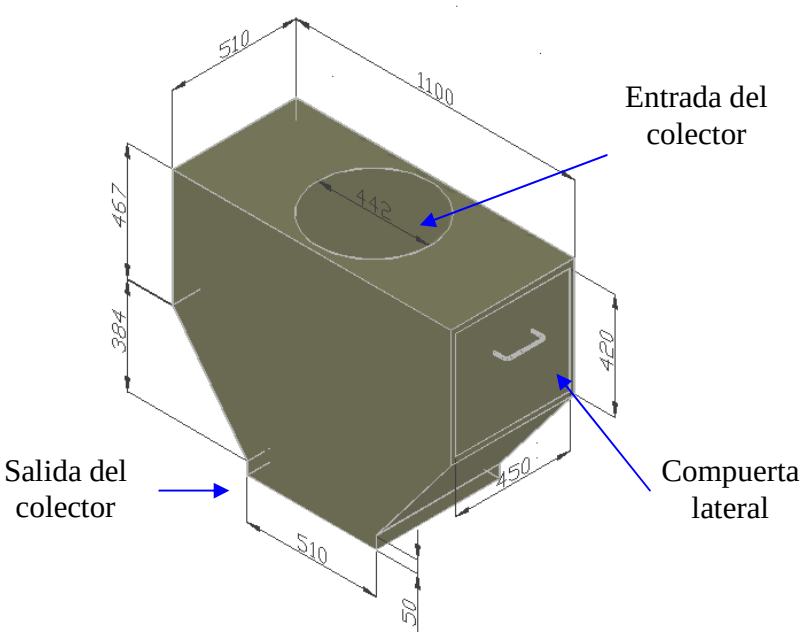


Figura 4.7. Dimensiones del colector (mm).
Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

Diseño de la compuerta inferior del colector

La compuerta inferior tendrá un diseño rectangular, adaptado al tamaño de la descarga del colector, el material a utilizar será acero galvanizado, estará provista de cuatro ruedas colocadas en sus extremos, como se muestra en el plano A-09 del apéndice A. Las propiedades del material se exponen en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Propiedades del acero galvanizado.

Propiedad	Magnitud
Densidad	8333,33 kg/m^3
Resistencia máxima a la tensión	300 Mpa
Límite elástico a la tensión	220 Mpa

En la figura 4.8, se presenta la fuerza que se ejerce sobre la compuerta (F_m), que es la ejercida por el peso de la viruta de aluminio presente en el colector. El cálculo del espesor de la compuerta, se realizará en base a las ecuaciones de corte, ya que sólo se presenta la acción del peso del desperdicio sobre ésta.

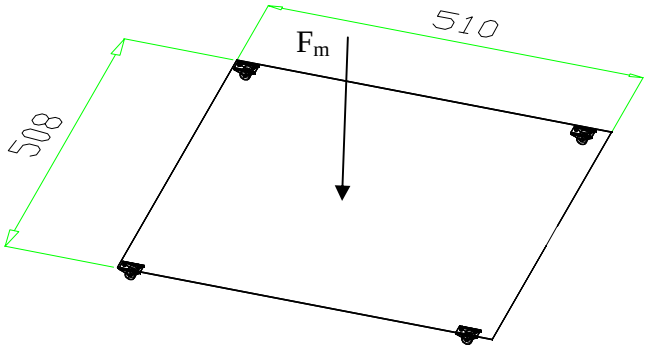


Figura 4.8. Fuerza ejercida sobre la compuerta debido al peso del desperdicio de aluminio.
Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

Como primer punto, se calculará el esfuerzo de corte permisible, utilizando la relación según el código AISC (Shigley y Mischke, 2001, pag.13), que establece:

$$\tau_{perm} = 0{,}40 S_y$$
$$\tau_{perm} = 0{,}40 * 300MPa = 120MPa \qquad (4.1)$$

Donde: Sy es la resistencia máxima a la tensión del material.

Luego se determina el esfuerzo admisible del material (τ_{adm}), empleando un factor de seguridad (FS) de dos (Norton, R., 1999, pág.21).

$$\tau_{adm} = \frac{\tau_{perm}}{FS} = \frac{120MPa}{2} = 60MPa \qquad (4.2)$$

Con la ecuación 4.3, se calcula el esfuerzo de corte ejercido por el peso de las partículas sobre la compuerta.

$$\tau_{corte} = \frac{F_m}{A} = \frac{F_m}{Ancho * espesor} = \frac{3kg * 9{,}81\frac{m}{s^2}}{0{,}508m * h} \qquad (4.3)$$

Donde: F_m es la fuerza ejercida sobre la compuerta y A es el área perpendicular a esta fuerza.

Igualando el esfuerzo admisible, con el esfuerzo de corte calculado, se obtiene el valor del espesor (h).

$$\tau_{adm} = \tau_{corte} \Rightarrow 60MPa = \frac{3kg * 9{,}81\frac{m}{s^2}}{0{,}508m * h} \quad \Rightarrow \text{h} = 9.6 \text{ x } 10^{-4} \text{ mm.}$$

Debido a que el espesor calculado es muy pequeño, se escogió una chapa de acero galvanizado de 0,9 mm de espesor, ya que éste se utilizó en el diseño de tuberías, ciclón y colector, además es un material liviano, económico y resistente a la corrosión. Por otra parte, este espesor es el menor conseguido en el mercado.

Con el espesor de la chapa, se calcula nuevamente el esfuerzo de corte, el cual se comparará con el esfuerzo admisible, obteniéndose que:

$$\tau_{corte} = \frac{F_m}{A} = \frac{F_m}{Ancho * espesor} = \frac{3kg * 9{,}81\frac{m}{s^2}}{0{,}508m * h} = 64{,}37KPa$$

τ_{corte} = 64,37 KPa < τ_{adm} = 60 MPa

Como el esfuerzo de corte obtenido (τ_{corte}), es menor al esfuerzo admisible del material, se verifica que bajo estas condiciones la compuerta podrá funcionar sin presentar fallas.

4.2.2. Determinación de las pérdidas del sistema de transporte

El sistema de transporte neumático a plantear, se va a considerar como un sistema a baja presión ya que, estos sistemas se emplean para el transporte de materiales donde la cantidad de material no excede las 8 Ton/h, con un tipo de arreglo de material en corriente de aire combinado. (Gómez y Rachadell, 2001)

El material a transportar se asume como viruta ligera, ya que las virutas son de aluminio y el peso y dimensiones que representan son valores bajos para determinar los requerimientos de aire. En la tabla B-1, del apéndice B se muestra los distintos materiales comunes y sus densidades promedios. De allí se obtiene una densidad

promedio de 9 lb / pie^3. Para los sistemas a baja presión, la velocidad de corriente del aire y el caudal dependen del peso de las partículas, con esta densidad asumida se va al gráfico de la figura 2.8 y se obtiene el caudal unitario de aire y velocidad necesaria para movilizar el material. Sus valores son:

Caudal unitario

$$Q_u = 4{,}86 \frac{m^3_{deaire}}{kgdematerial}\left(78 \frac{pie^3_{deaire}}{lbdematerial}\right)$$

Velocidad

$$V = 17{,}27 \frac{m}{s}\left(3400 \frac{pie}{\min}\right)$$

Y para determinar los requerimientos necesarios de aire para impulsar el material (Q_A), se utilizará la ecuación 2.10, que relaciona el caudal unitario (Qu), con la cantidad de material manejado (C) en kilogramos por minuto.

La cantidad de material a manejar (C), se va a tomar como el máximo valor del desperdicio intrínseco (Di) generado durante el proceso de producción y obtenido en el apartado 2.2. Por lo tanto:

C = 0,4354 kg / min

$$Q_{A(m^3/\min)} = 4{,}86 \frac{m^3_{deaire}}{kgdematerial} * 0{,}4354 \frac{kg}{\min} = 2{,}1160 \frac{m^3}{\min}\left(0{,}0353 \frac{m^3}{s}\right)$$

Por otra parte, debido a que el valor obtenido de Q_A es menor al valor obtenido durante el ensayo con el ventilador, se tomará para el cálculo de las pérdidas, el valor

Q = 0,8899 m^3/s, teniendo en cuenta que éste valor es constante, ya que el ventilador opera a velocidad de giro constante.

Pérdidas de presión del sistema

A continuación se determinarán las pérdidas de presión en los tramos de succión y descarga de ambos ventiladores. En la tabla 4.7, se indican las longitudes correspondientes a los tramos de succión y descarga de los ventiladores, numero de codos y el diámetro de la tubería durante el recorrido.

Tabla 4.7. Longitud de tramos rectos y accesorios de los tramos de tuberías se succión y descarga

Máquina	Diámetro (mm)	Longitud Tramo recto Succión (m)	Nº de codos 90º (r/d =2,5) Factor 0,22*	Longitud Tramo recto Descarga (m)	Nº de codos 90º (r/d =2,5) Factor 0,22*
Troqueladora I	200	1,754	1	9,0632	2
Troqueladora II		3,618	1	8,8682	2

*Fuente: Goodfellow y Tähti (1992), para factores de codos de 90º.

a) Cálculo de pérdidas para la máquina troqueladora I

Caudal máximo generado por el ventilador

Qmax = 0,8899 m^3/s

El cálculo de las pérdidas en los tramos rectos y tuberías, se basará en el método de la presión dinámica, propuesta por el manual de ventilación industrial expuesto en el apartado 2.4.3.

Cálculo de la presión dinámica en la entrada de la campana

Para determinar la presión dinámica, se hará uso de la ecuación 2.2:

$$PD = \left(\frac{V}{4{,}043} \right)^2 = \left(\frac{18{,}7}{4{,}043} \right)^2 = 21{,}3932 mmcda$$

Donde V: velocidad del aire en la entrada de la campana, medida experimentalmente en m/s.

Pérdidas generadas por la campana

Para determinar estas pérdidas, se utilizará la ecuación 2.16.

$$hcamp = Fc * PD$$

Siendo Fc: Factor de pérdida en la campana, adimensional. Este factor se tomó de Goodfellow y Tähti (1992), (ver figura B-2, del apéndice B), tomando un tipo de campana de abertura sencilla, ya que es el diseño que presenta la entrada de la campana de succión del ventilador utilizado. De manera que:

$$hcamp = Fc * PD = 0{,}93 * 21{,}3932 = 19{,}8957 mmcda$$

Balance de energía

Aplicando el principio de balance de energía, puede determinarse la presión estática en el punto (2) después de la campana.

El balance de energía queda de la siguiente manera:

$$PE1 + PD1 = PE2 + PD2 + hcamp$$

Siendo el punto 1 las condiciones del aire en el local y el punto 2 las condiciones del aire después de la campana (ver figura 4.9).

Debido a que la presión estática es la atmosférica (PE1=0) y que la velocidad del aire puede admitirse que está próxima a cero (PD1=0). El principio de la conservación de la energía quedará:

$$PE2 = -PD2 - hcamp$$

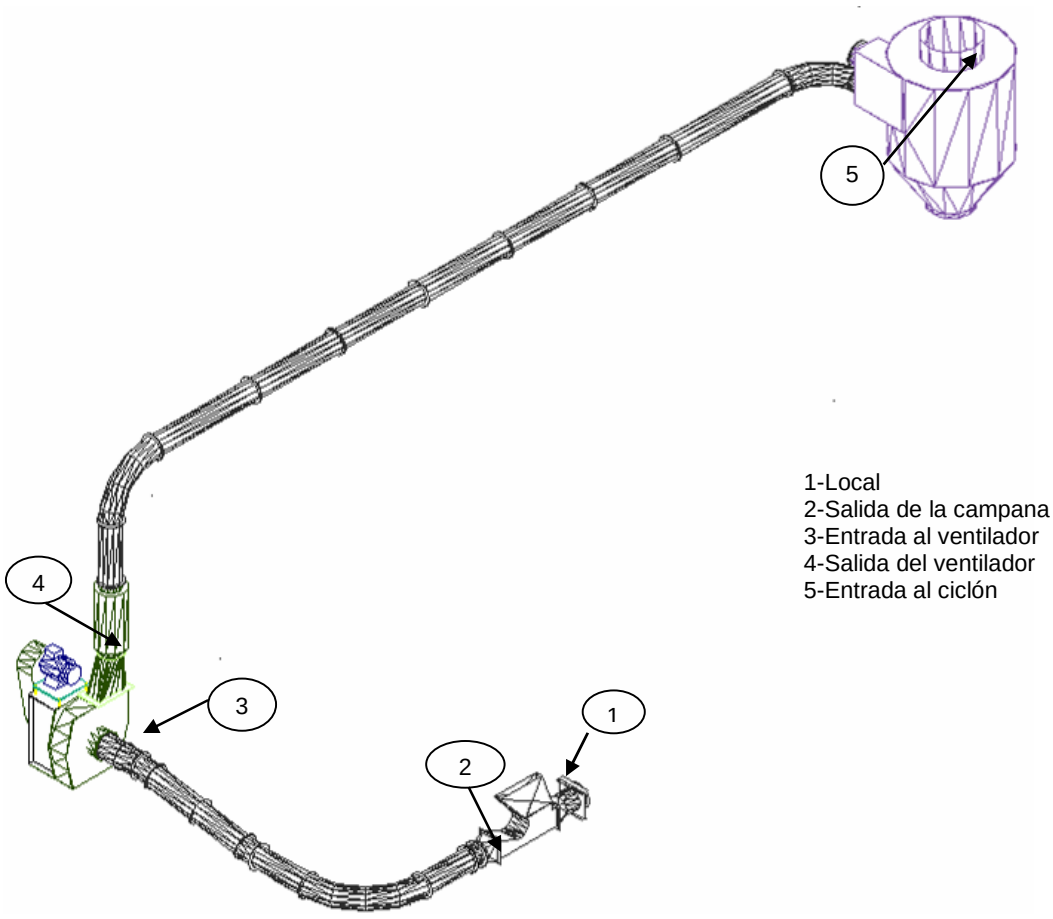


Figura 4.9. Ubicación de los puntos de referencia (1 hasta 5), para el balance de energía.
Fuente: García A. e Hidalgo A. (2008)

Debido a las pérdidas producidas en la campana, la presión estática disminuirá a causa de la aceleración producida en el aire hasta alcanzar la velocidad en el conducto (Goodfellow y Tähti, 1992).

Cálculo de la presión dinámica en el punto 2 (PD2)

Para el cálculo de esta presión, se tomará en cuenta la velocidad máxima medida experimentalmente en el molino.

Vmax = 28,3249 m/s.

$$PD2 = \left(\frac{V}{4{,}043}\right)^2 = \left(\frac{28{,}3249}{4{,}043}\right)^2 = 49{,}0829 mmcda$$

La presión estática en el punto 2 queda de la siguiente forma:

$$PE2 = -49{,}0829 - 19{,}8957 = -68{,}9729 mmcda$$

Pérdidas en tuberías y accesorios en el tramo de succión

A continuación se realizarán los cálculos de las pérdidas de presión en los tramos rectos y accesorios de la tubería de succión del ventilador.

Pérdidas de presión en tramos rectos

El cálculo de estas pérdidas, se basará en las ecuaciones 2.13 y 2.14.

$$h_{tramos_rectos} = Hf * L * PD$$

Siendo:

$Hf = \frac{a * V^b}{Q^c}$ Donde a, b y c, varían según el tipo de material y se obtienen de la tabla 2.2. El caudal y la velocidad, corresponden a las generadas en la tubería.

L: longitud de la tubería, m.

$Hf = \frac{a * V^{b}}{Q^{c}} = \frac{0{,}0155 * 28{,}3249^{0{,}533}}{0{,}8899^{0{,}612}} = 0{,}0989$, luego se determina que:

$$h_{tramos_rectos} = Hf * L * PD = 0{,}0989 * 1{,}754 * 49{,}0829 = 8{,}5193 \text{mmcda}$$

Pérdidas de presión en codos

Para el cálculo de estas pérdidas, se hará uso de la ecuación 2.15, donde:

$$h_{codos} = F * PD$$

Siendo:

F: Coeficiente de pérdida, que relaciona el radio de curvatura y el diámetro de la tubería (R/D), factores tabulados en la tabla 2.3, con una relación R/D = 2,5, con lo que se obtiene un factor de 0,22; por lo tanto para determinar h_{codos}, se tiene:

$$h_{codos} = 0{,}22 * 49{,}0829 = 10{,}7982 mmcda$$

Pérdidas de presión total en la succión

$$hf_{succion} = h_{tramos_rectos} + h_{codos} = 8{,}5193 + 10{,}7982 = 19{,}3176 mmcda$$

Pérdidas en tuberías y accesorios en el tramo de descarga

En esta parte, se determinarán los cálculos de las pérdidas de presión en los tramos rectos y accesorios del tramo de descarga del ventilador.

Pérdidas de presión en tramos rectos

Estas pérdidas se determinan de igual forma que las del tramo de succión, por lo tanto:

$$h_{tramos_rectos} = Hf * L * PD$$

$Hf = \frac{a * V^b}{Q^c} = \frac{0{,}0155 * 28{,}3249^{0{,}533}}{0{,}8899^{0{,}612}} = 0{,}0989$, término que se mantiene constante, ya que el caudal y el diámetro de la tubería son iguales.

$$h_{tramos_rectos} = Hf * L * PD = 0{,}0989 * 9{,}0632 * 49{,}0829 = 44{,}0115 \text{mmcda}$$

Pérdidas de presión en codos

Al ser los codos del sistema iguales a los del tramo de succión y mantenerse la misma relación R/D y la presión dinámica, se mantiene el mismo valor determinado para el tramo de succión.

$$h_{codos} = 0{,}22 * 49{,}0829 = 10{,}7982 mmcda$$

Pérdida de presión en el ciclón

A partir de la ecuación 2.17, se obtiene el ΔP del ciclón, tomando en cuenta los parámetros de:

ρ_{aire} = 0,0075 lb / pie^3
V_d = 28.325 m/s (92.929 pie/s)

Así que:

$$\Delta P_{ciclón} = 0{,}6096 \times \rho \times V_d^{\ 2}$$
$$\Delta P_{ciclón} = 0{,}6096 \times 0{,}0075 \frac{lb}{pie^3} \times \left(92.929 \frac{pie}{s}\right)^2$$
$$\Delta P_{ciclón} = 39{,}48 mmcda$$

Pérdida total de presión generada en la descarga

Aplicando una sumatoria de pérdidas en la descarga, se obtiene:

$$hf_{descarga} = h_{tramos_rectos} + h_{codos} + h_{ciclon} = 44{,}0115 + 10{,}7982 + 39{,}48 = 105{,}0879538 mmcda$$

Cálculo de presión estática en el punto 3

Para determinar la presión estática en el punto 3 (entrada del molino), se realizará un balance de energía entre el punto 2 y 3, teniendo en cuenta que la presión dinámica es constante en todo el tramo de tubería, al mantenerse el mismo diámetro y caudal en el sistema.

Balance de energía entre los puntos 2 y 3.

$$PE2 + PD2 = PE3 + PD3 + h_{succión}$$

Despejando la presión estática en el punto 3, se obtiene:

$$PE3 = PD2 + PE2 - PD3 - h_{succión} = 49{,}0829 - 68{,}9729 - 19{,}3176 = \text{-}88{,}2905 \text{mmcda}$$

Determinación de la presión estática en el punto 4

Para el cálculo de la presión estática en el punto 4 (descarga del molino), se realizará un balance de energía entre este punto y el 5 (descarga del ciclón), ambos puntos se indican en la figura 4.9. La presión dinámica se mantiene constante en el tramo de descarga. Por lo tanto, se aplica el balance de energía entre estos dos puntos quedará como sigue:

$$PE4 + PD4 = PE5 + PD5 + h_{descarga}$$

Así que, para realizar este balance, hay que tomar en cuenta que la presión dinámica del punto 5 que es igual a 0 (PD5 = 0), debido a que la descarga se produce a la atmósfera. Despejando la presión estática en el punto 4, se obtiene:

$$PE4 = PE5 + h_{descarga} = 0 + 105{,}0879 = 105{,}0879 mmcda$$

Evaluación de la presión total y la presión estática del ventilador

La presión total del ventilador (PTV) es el incremento de la presión total de aire al pasar a través del mismo y puede expresarse mediante la ecuación 2.19, donde:

$$PTV = PT_{salida} - PT_{entrada} = (PD_{salida} + PE_{salida}) - (PE_{entrada} + PD_{entrada})$$
$$PTV = (49{,}0829 + 105{,}0879) - (-88{,}29048467 + 49{,}0829) = 193{,}3784 \text{mm cda}$$

Y para determinar la PEV, se realizará restando a la presión total del ventilador la presión dinámica de la salida, se obtiene que:

$$PEV = PTV - PD_{salida} = 193{,}3784 - 49{,}0829 = 144{,}2955 \text{mm cda}$$

Corrección de presión estática por temperatura y altitud

Las tablas de capacidad de los ventiladores se basan en el manejo de aire entre 20 ºC y 760 mmHg, y una densidad de 0.004674kg/m^3. Cuando se producen cambios importantes en las condiciones atmosféricas, la densidad del aire puede tener valores muy diferentes, por lo cual, para cualquier situación diferente a la ya establecida, es necesario aplicar una corrección por altitud y temperatura. Así que, se aplicará un factor de corrección al valor de la presión estática obtenida, con la temperatura del aire y la altitud de la ciudad se obtiene de la tabla B-3 del apéndice B el factor de corrección.

T_{aire} = 100°F

Altitud = 480 m

Factor de corrección = 1,12, por lo tanto para determinar la PEV quedará:

PEV = 144,2955* 1,12 = 161,6109 mmcda.

Corrección de presión estática por arrastre de material.

Es necesario aplicar un factor de corrección por arrastre de material, ya que en el cálculo de la presión estática se toma como fluido de trabajo aire, cuando en realidad se trata de aire con material. Este factor se tomará como el 10% de la presión estática.

PEV = 161,6109 * 1,10 = 177,7721 mmcda.

Cálculo de la potencia del ventilador

Haciendo uso de la ecuación 2.17, se determina la potencia necesaria para movilizar la cantidad de aire - material. En la práctica la eficiencia de un ventilador se toma entre 0.5 y 0.65 (Núñez, F., 1975), así que para determinar la potencia se empleará una eficiencia del ventilador del 65%.

$$P_{otv} = \frac{Q_A \times P_{st} \times \gamma}{E_v}$$

$$P_{otv} = \frac{53.388 \frac{m^3}{\min} \times 177,7721.mmcda \times 9.810 \frac{N}{m^3}}{60.000 \times 0,65}$$

$$P_{otv} = 2387,476\,W\,(3,2HP)$$

Cálculo de la potencia del motor

Aplicando la ecuación 4.5, se obtiene la potencia del motor, tomando una eficiencia del motor de 80% (Núñez, F., 1975).

$$P_{otmotor} = \frac{BHP_{ven}}{\eta} = \frac{2387,476W}{0,8} = 2,98kW \approx 4,0HP \qquad (4.5)$$

b) Cálculo de pérdidas para la máquina troqueladora II

Caudal máximo generado por el ventilador

Qmáx = 0,8899 m^3/s

El cálculo de las pérdidas para la troqueladora II, se hizo de la misma manera que la anterior (a), por lo tanto sólo se colocaran los resultados obtenidos.

Cálculo de la presión dinámica en la entrada de la campana.

$$PD = \left(\frac{V}{4,043}\right)^2 = \left(\frac{18,7}{4,043}\right)^2 = 21,3932mmcda$$

Pérdidas generadas por la campana:

$$hcamp = Fc * PD = 0,93 * 21,3932 = 19,8957mmcda$$

Balance de energía

Aplicando el principio de balance de energía, puede determinase la presión estática en el punto (2) después de la campana. El balance de energía quedaría de la siguiente manera:

$$PE1 + PD1 = PE2 + PD2 + hcamp$$

Siendo el punto 1 las condiciones del aire en el local y el punto 2 las condiciones del aire después de la campana.

$$PE2 = -PD2 - hcamp$$

Cálculo de la presión dinámica en el punto 2 (PD2)

Vmax = 28,3249 m/s.

$$PD2 = \left(\frac{V}{4{,}043}\right)^2 = \left(\frac{28{,}3249}{4{,}043}\right)^2 = 49{,}0829 mmcda$$

La presión estática en el punto 2 quedaría de la siguiente forma:

$$PE2 = -49{,}0829 - 19{,}8957 = -68{,}9729 mmcda$$

Pérdidas en tuberías y accesorios en el tramo de succión

Pérdidas de presión en tramos rectos

$$Hf = \frac{a * V^b}{Q^c} = \frac{0{,}0155 * 28{,}3249^{0{,}533}}{0{,}8899^{0{,}612}} = 0{,}0989$$

$$h_{tramos_rectos} = Hf * L * PD = 0{,}0989 * 3{,}61857 * 49{,}0829 = 17{,}572 \text{mmcda}$$

Pérdidas de presión en codos

$$h_{codos} = F * PD = 0{,}22 * 49{,}0829 = 10{,}7982 mmcda$$

Pérdidas de presión total en la succión

$$hf_{succion} = h_{tramos_rectos} + h_{codos} = 17{,}572 + 10{,}7982 = 28{,}3702 mmcda$$

Pérdidas en tuberías y accesorios en el tramo de descarga

Pérdidas de presión en tramos rectos

$$Hf = \frac{a * V^{b}}{Q^{c}} = \frac{0{,}0155 * 28{,}3249^{0{,}533}}{0{,}8899^{0{,}612}} = 0{,}0989$$

$$h_{tramos_rectos} = Hf * L * PD = 0{,}0989 * 8{,}8682 * 49{,}0829 = 43{,}0645 \text{mmcda}$$

Pérdidas de presión en codos

$$h_{codos} = F * PD = 0{,}22 * 49{,}0829 = 10{,}7982 mmcda$$

Pérdida de presión en el ciclón

$\rho_{aire} = 0{,}0075$ lb / pie^3

$V_d = 28.325$ m/s (92.929 pie/s)

$$\Delta P_{ciclón} = 0{,}6096 \times \rho \times V_d^{\,2}$$

$$\Delta P_{ciclón} = 0{,}6096 \times 0{,}0075 \frac{lb}{pie^3} \times \left(92.929 \frac{pie}{s}\right)^2$$

$$\Delta P_{ciclón} = 39{,}48 mmcda$$

Pérdida total de presión generada en la descarga

$$hf_{descarga} = h_{tramos_rectos} + h_{codos} + h_{ciclón}$$

$$hf_{descarga} = 43{,}0645400\ 9 + 10{,}7982 + 39{,}48 = 104{,}1410\ mmcda$$

Cálculo de presión estática en el punto 3

Balance de energía entre los puntos 2 y 3.

$$PE2 + PD2 = PE3 + PD3 + h_{succión}$$

Despejando la presión estática en el punto 3, se obtiene:

$$PE3 = PD2 + PE2 - PD3 - h_{succión}$$
$$PE3 = 49{,}0829 - 68{,}9729 - 49{,}0829 - 28{,}37024549 = -97{,}3432 \text{mmcda}$$

Cálculo de presión estática en el punto 4

$$PE4 + PD4 = PE5 + PD5 + h_{desc\,arg\,a}$$

$$PE4 = PE5 + h_{desc\,arg\,a} = 0 + 104{,}141 = 104{,}141 mmcda$$

Evaluación de la presión total y la presión estática del ventilador

$$PTV = PT_{salida} - PT_{entrada} = (PD_{salida} + PE_{salida}) - (PE_{entrada} + PD_{entrada})$$
$$PTV = (49{,}0829 + 104{,}141) - (-97{,}3432 + 49{,}0829) = 201{,}4842 \text{mmcda}$$

$$PEV = PTV - PD_{salida} = 201{,}4842 - 49{,}0829 = 152{,}4013 \text{mmcda}$$

Corrección de presión estática por temperatura y altitud

T_{aire} = 100°F

Altitud = 480 m

Factor de corrección =1,12

PEV = 152,4013* 1,12 = 170,6894 mmcda

Corrección de presión estática por arrastre de material

PEV = 170,6894 * 1,10 = 187,7583 mmcda.

Cálculo de la potencia del ventilador

Asumiendo una eficiencia del ventilador del 65%, recomendado por el manual de ventilación forzada (Núñez y Lorenzo, 2001), se tiene:

$$P_{otv} = \frac{Q_A \times P_{st} \times \gamma}{E_v}$$

$$P_{otv} = \frac{53.388 \frac{m^3}{\min} \times 187,7583.mmcda \times 9.810 \frac{N}{m^3}}{60.000 \times 0,65}$$

$$P_{otv} = 2521,591 W (3,4 HP)$$

Cálculo de la potencia del motor

$$P_{otmotor} = \frac{BHP_{ven}}{\eta} = \frac{2521,591 W}{0,8} = 3,15 kW \approx 4,22 HP$$

Con estos cálculos, se garantiza el traslado de 0,4354 kg/min de desperdicio de aluminio desde cada troqueladoras al ciclón, ya que fueron determinados con un flujo de aire de 0,8899 m^3/s, que resulta ser mayor al requerido que es de 0,03533m^3/s.

4.3. Rediseño de la cámara de compactación de la prensa hidráulica

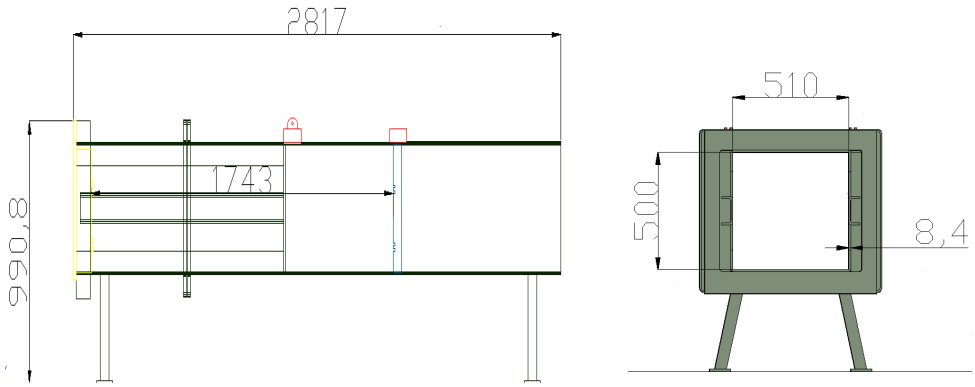
Actualmente, el proceso de compresión del aluminio, se realiza en una prensa hidráulica marca Milano Hendley-Machines Cos Pack, con una capacidad máxima de compresión 20 ton. Las dimensiones principales de la prensa, se muestran en la tabla 4.8.

Tabla 4.8. Dimensiones principales de la prensa.

Dimensiones externas	**Dimensiones (mm)**
Altura total	990,8
Largo total	2817
Ancho total	774
Dimensiones internas	
Altura	500
Ancho	510
Material	Acero inoxidable
Espesor Chapa de acero	8,4
Dimensiones del pistón	
Altura	490
Ancho	500
Espesor	50
Longitud del vástago	920
Diámetro del vástago	100
Carrera	650
Longitud de la cámara de compactación	1743

Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

En la figura 4.10, se muestran las dimensiones principales de la prensa y las dimensiones internas. En la figura 4.11, se observan las dimensiones del pistón.



a) b)

Figura 4.10. Dimensiones principales de la prensa: a) Altura y longitud total y longitud de la cámara de compactación; b) Dimensiones internas.
Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

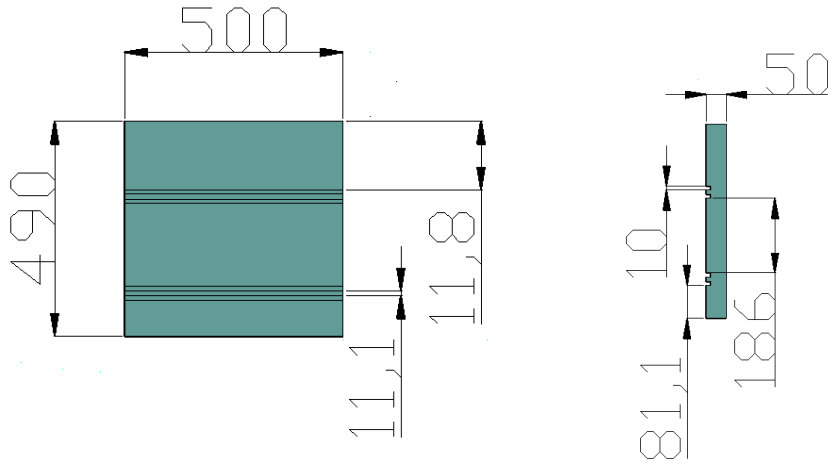


Figura 4.11. Dimensiones del pistón.
Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

Actualmente, en la prensa, es depositado el aluminio de manera manual por el operador, el cual se comprime hasta formar pacas con las dimensiones que se observan en la figura 4.12. Estas pacas son atadas con alambre dulce de 2 mm de diámetro, para asegurarlas y evitar que se desarme o deshaga durante su traslado al área de disposición final y subsiguiente empresa de reciclaje. En el anexo 19, se muestran imágenes de la prensa con la paca formada.

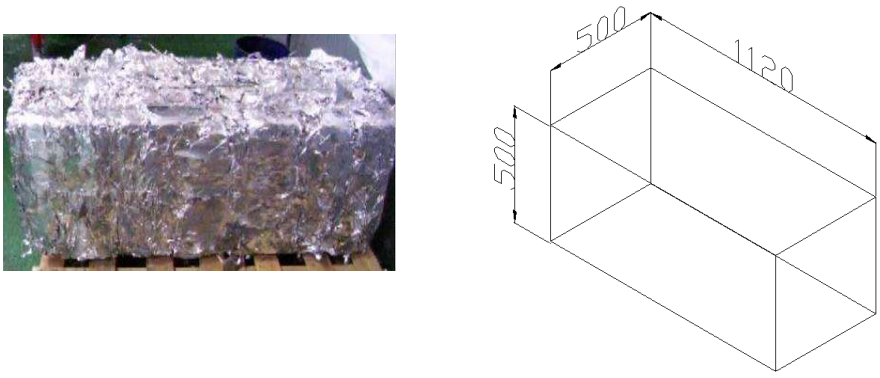


Figura 4.12. Dimensiones de la paca de Aluminio.
Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

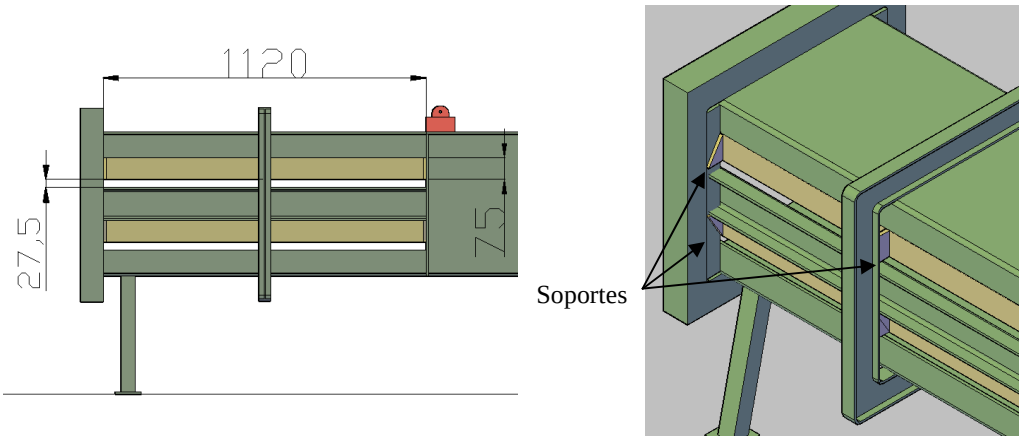
Actualmente, el diseño original de la prensa, presenta unas aberturas a los costados de la cámara de compactación, por donde se realiza el amarre de la paca. Durante el proceso de compactación de la chatarra, el aluminio tiende a salirse por dichas aberturas como se observa en la figura 4.13.

Figura 4.13. Proceso de compresión actual del aluminio.
Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

Con la implementación del ventilador troceador (molino), el desperdicio será cortado y reducido a partículas más pequeñas, lo que generaría un problema mayor al momento de compactar el aluminio, ya que este tendería a salirse con mayor fluidez por las aberturas de la prensa, trayendo como consecuencia que la paca generada durante el proceso, no resulte lo más compacta posible, ocasionando que al momento de ser trasladada pueda deshacerse y generar un nuevo problema para la empresa.

Por estas razones, se propuso rediseñar la cámara de compactación, agregándole a la misma cuatro (4) pletinas de material hierro negro de 1120 x 75 x 9 mm de espesor, las cuales serán dispuestas sobre las ranuras actuales, siendo éstas soldadas a la prensa, donde, además, se le colocarán tres (3) soportes tipo mano francesa a cada

platina, que servirán como refuerzos y darán garantía al diseño planteado, quedando la propuesta de diseño como lo muestra la figura 4.14.



a) b)

Figura 4.14. a) Dimensiones de las pletinas (vista en corte de la prensa); b) Dibujo isométrico donde se aprecia el detalle de los soportes tipo mano francesa. Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

Cabe destacar que en la modificación propuesta se deja un espacio disponible (27,5 mm) para realizar el amarre de la paca con el alambre provisto para tal fin, proceso que será realizado de forma manual por el operador, tal como se venía haciendo.

En resumen, entre las actividades realizadas, se determinó las pérdidas de presión del sistema neumático, utilizando el caudal máximo generado por cada ventilador (0,8899 m3/s), el cual es mayor al requerido para el traslado de los 0,4354 kg/min de desperdicio generado por cada troqueladora. Asimismo, se determinó la potencia requerida de cada sistema (2,3 kW para la troqueladora I y 2,5 kW para la troqueladora II), la cuál es menor a la que poseen los ventiladores (4 kW), con lo que se garantiza el funcionamiento del sistema propuesto.

Por otra parte, debido a que con la implementación de los ventiladores troceadores, el tamaño del desperdicio se reducirá aproximadamente en un 80%, por lo que fue necesario rediseñar la cámara de compactación de la prensa para garantizar que el proceso de compactación se realice de manera eficiente y se genere una paca de aluminio más compacta.

CAPÍTULO V
AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA

En el presente capítulo se desarrollará el diseño del sistema automatizado de descarga y compactación del desperdicio de aluminio, y además se presentará el estudio de factibilidad económica de la solución planteada.

5.1. Automatización del Proceso

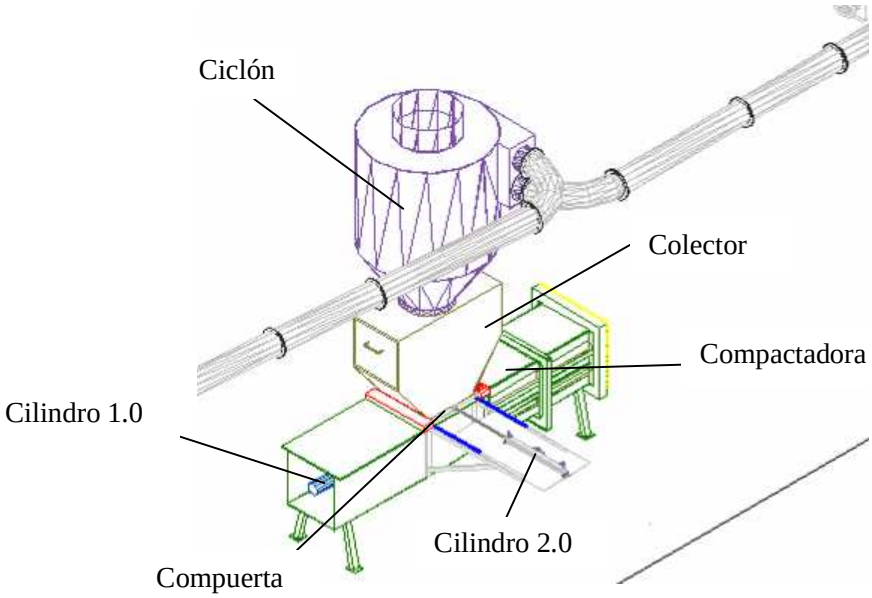
En este apartado se desarrollará el diseño del sistema automatizado, el esquema de control y la elección del tipo de sistema de control a emplear y la selección de los componentes.

5.1.1. Descripción del sistema automatizado

En el capitulo anterior, se diseñó un sistema neumático de extracción y transporte del desperdicio de aluminio proveniente de dos troqueladoras, este desperdicio va por las tuberías hasta un ciclón, que se encarga de extraer el aire y dejándolas caer al colector y vertidas en la compactadora, para ir formando una paca de aproximadamente 350 kg.

Los ventiladores encargados de la extracción y corte del desperdicio se activan y desactivan al mismo tiempo que las máquinas troqueladoras, debido a que estos, se conectan directamente al sistema que las controla, el cual viene configurado para tal fin.

La automatización va a consistir en el control de la extensión y retracción de dos cilindros, uno es el cilindro de la prensa hidráulica encargada de compactar la chatarra, el cual se llamará Cilindro 1.0 y el otro es un cilindro neumático (Cilindro 2.0), encargado de gobernar la compuerta que alimenta a la prensa, con el desperdicio presente en el colector, en la figura 5.1 se observa un esquema del sistema a automatizar.

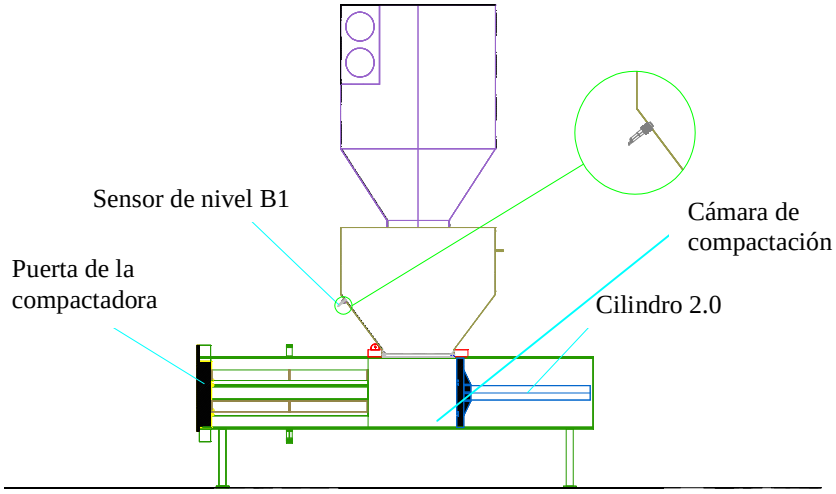


Vista en Isometría NE del plano A-01 (apéndice A)

Figura 5.1. Sistema a automatizar. Fuente: García, A. e Hidalgo A., 2008

A continuación se presentan las condiciones a cumplir por el sistema a automatizar.

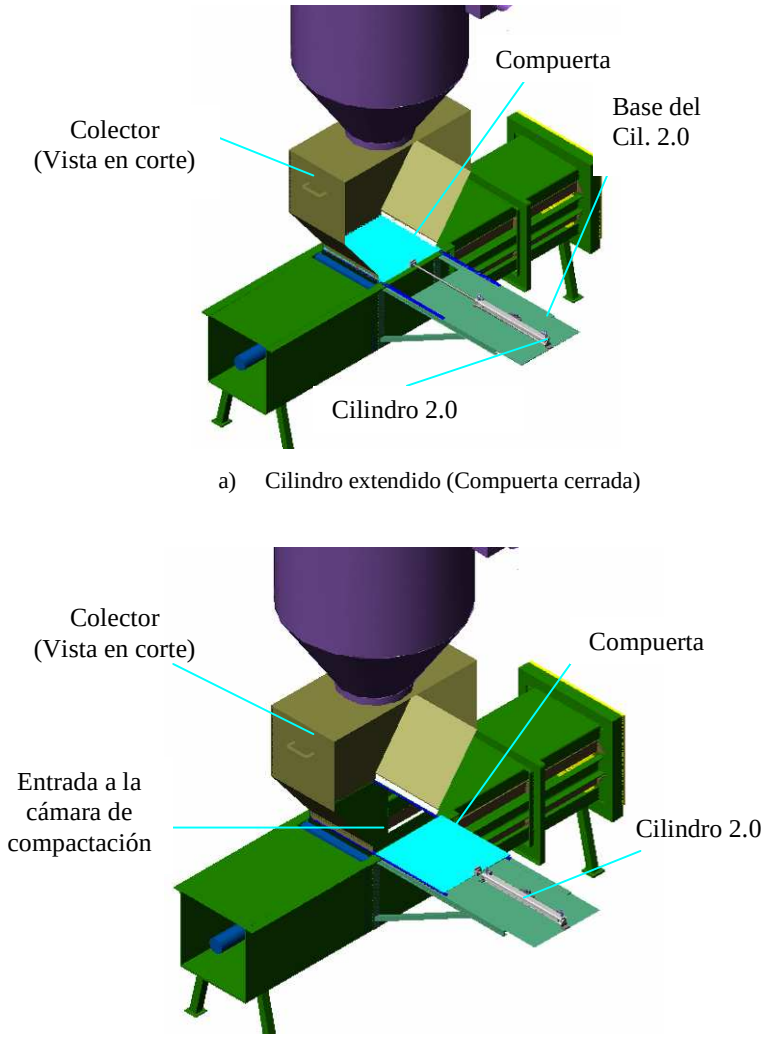
- Detectar el nivel de desperdicio en el colector, para lo que se empleará un sensor inductivo (B1), que indicará cuando el volumen en el colector es igual al volumen de la cámara de compactación. Por está razón el colector fue diseñado de manera tal, que la parte acanalada posea el mismo volumen que la cámara de compactación (Ver diseño del colector en el apartado 4.2.1, pág. 66), de esta manera se tiene definido el nivel en el colector. La figura 5.2. muestra la ubicación del sensor B1 dentro del colector.



Corte C-C del Plano A-02 (apéndice A)

Figura 5.2. Ubicación del sensor de nivel inductivo (B1).
Fuente: García, A. e Hidalgo A., 2008

- En la prensa, el actuador 1.0 no debe extenderse, mientras que la compuerta esté abierta, para evitar desperdicios en la cámara del vástago. Para asegurar el cumplimiento de esta condición, el cilindro 2.0 encargado de mover la compuerta, estará provisto de sensores de proximidad magnéticos llamados B4 y B5, los cuales indicarán cuando dicho cilindro está completamente extendido (compuerta cerrada) o completamente retraído (compuerta abierta). La figura 5.3. muestra las posiciones del cilindro 2.0.



a) Cilindro extendido (Compuerta cerrada)

b) Cilindro Retraído (Compuerta abierta)

Figura 5.3. Posiciones del cilindro 2.0. Fuente: García, A. e Hidalgo A., 2008

- Una vez que el desperdicio se encuentre dentro de la cámara de compactación, el cilindro 1.0, deberá extenderse completamente para despejar la cámara de compactación e ir formando la paca y devolverse inmediatamente después de alcanzada está posición. Para detectar la retracción del cilindro 1.0, está instalado un interruptor de final de carrera (B2), colocado es la estructura de la prensa del lado

posterior al pintón, de manera que no obstruya la carrera del mismo, y para detectar la posición de completamente extendido se empleará un sensor inductivo férrico (B3), colocado en la estructura de la prensa lateral al pistón. La figura 5.4. muestra el montaje de ambos sensores.

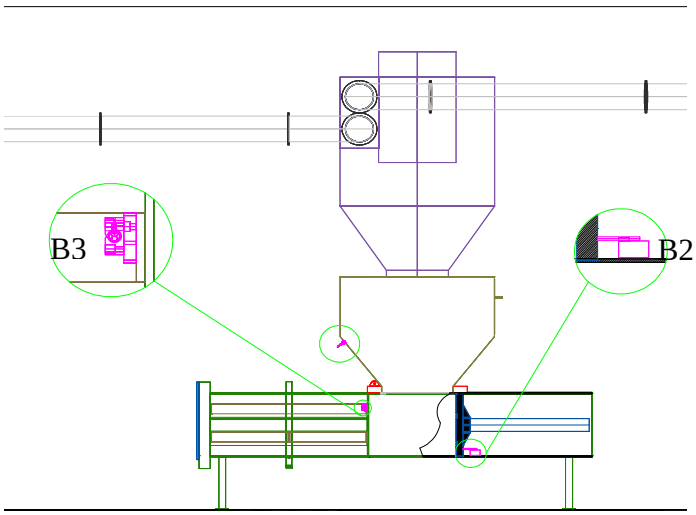


Figura 5.4. Ubicación del sensor inductivo (B3) y el interruptor de final de carrera (B2)
Fuente: García, A. e Hidalgo A., 2008

- Una vez que la paca esté formada, el cilindro 1.0 deberá permanecer extendido, mientras que el operador realiza el proceso de amarre y abra la puerta de la compactadora (Ver figura 5.2), de manera que la paca vaya saliendo a medida que la nueva se esté formando. Para indicar cuando la paca este completamente formada se utilizará un contador, que contabilizará las veces que el actuador de la prensa se extienda completamente.

A continuación se desarrollará el procedimiento para determinar el número de veces que deberá accionarse el actuador (prensa), para que se forme la paca.

Con el volumen de la cámara de compactación (Vcc = 0,1544m^3) y la densidad del aluminio cortado (ρ = 12,64kg/m^3) se determinará el peso del material.

$$Mcc = 0.1544\ m^3 \times 12.64\ kg/m^3 = 1.95\ kg$$

Como se sabe que la paca deberá tener un peso de 350kg., se determina el número de veces que deberá activarse el actuador (la prensa), para formar el cubo de desperdicio.

$$Nap = 350kg/1.95kg = 180 \text{ veces}$$

Por lo tanto, al contador marcar 180, el vástago del cilindro deberá quedarse extendido y sólo se retraerá cuando el operador lo indique, por medio de un pulsador color negro (S3), colocado en el panel de control del sistema, éste se muestra en la figura 5.5.

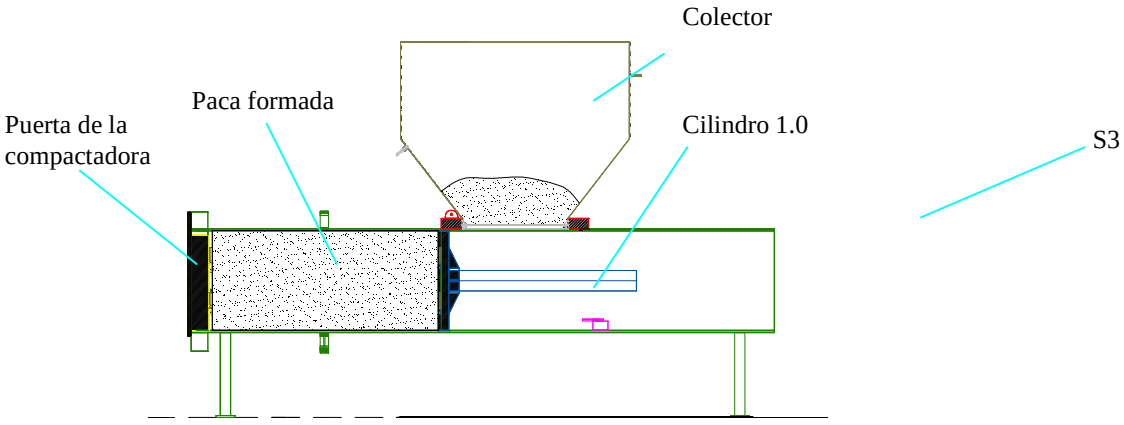


Figura 5.5. Vista en corte de la compactadora, cuando la paca está formada y panel de control.
Fuente: García, A. e Hidalgo A., 2008

- En el sistema a automatizar, se instalará una alarma (H2) que se activará durante 5 s, indicándole al operador que la paca esta formada, además, se encenderá un LED color Rojo (H1), que permanecerá encendido durante un tiempo de 2,44 min., tiempo que teóricamente debería llegar el colector al nivel deseado, tomando en cuenta que ambas troqueladoras estén trabajando a máxima capacidad. El cálculo de este tiempo se muestra a continuación y los valores utilizados fueron determinados en el punto 2.3 (pág. 17).

Máximo flujo másico de desperdicio generado p/c troqueladora = 26,12 kg/h

Máximo desperdicio que llega al contenedor = 52,24 kg /h

Caudal de desperdicio máximo =

$$\frac{52.24kg/h}{12.64kg/m^3} = 4.13m^3/h = 0.6888m^3/\min$$

Por lo tanto, el tiempo de llenado del colector al nivel programado será el siguiente:

$$\frac{Vcc}{Q\max} = \frac{0.1544m^3}{0.06888m^3/\min} = 2.24\min$$

- Cada vez que el Sensor de nivel B1, se active, se encenderá una luz en el tablero color Ambar (H3), indicando que el sistema esta cumpliendo otro ciclo.

5.1.2. Esquema de conexión neumática e hidráulica del sistema diseñado

El sistema neumático está compuesto por el cilindro 2.0, gobernado por una electroválvula monoestable 5/2 vías (2.1), cuenta con dos válvulas de

estrangulamiento y antirretorno (2.01 y 2.02), colocadas en las líneas de alimentación del cilindro, otro componente del sistema, es la unidad de mantenimiento que regula y filtra el aire comprimido que utilizarán los elementos neumáticos, dicho aire viene de la línea que surte al galpón.

El otro esquema presenta un cilindro hidráulico gobernado por una válvula biestable 4/3 vías (1.1) de entrada eléctrica (Y1; Y2), posee una bomba (0.2) que impulsa el aceite proveniente de un tanque, el cual pasa previamente por un filtro (0.1), además la línea de alimentación del actuador posee una válvula reguladora de presión (0.3) con manómetro. La figura 5.6 muestra ambos esquemas.

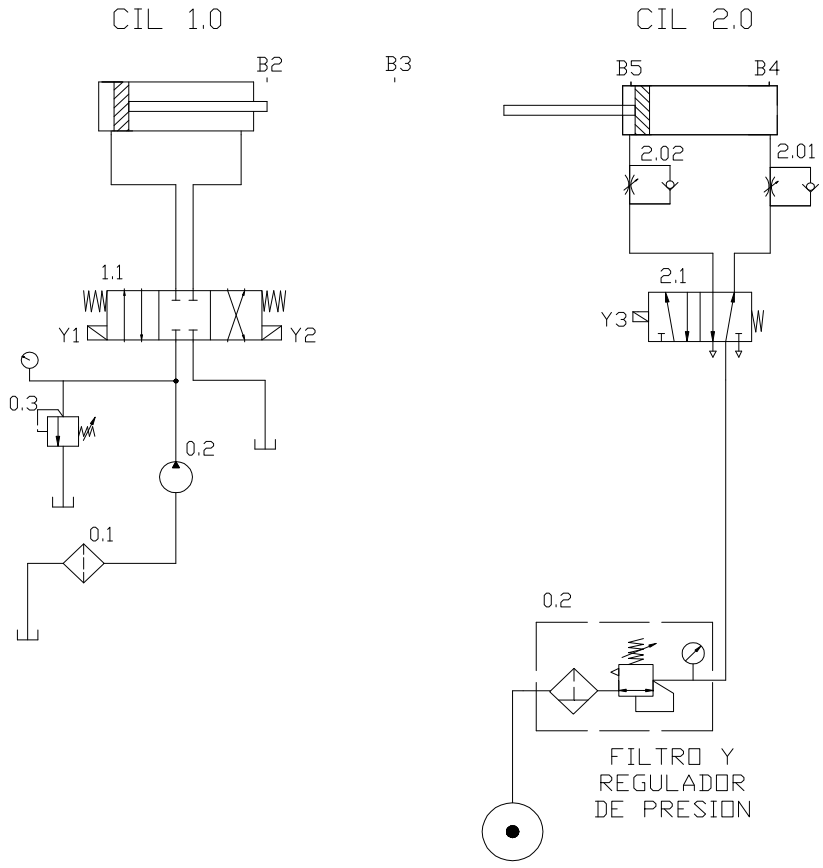


Figura 5.6. Esquema del sistema neumático e hidráulico.
Fuente: García, A. e Hidalgo, A., (2008)

5.1.3. Descripción secuencial del proceso de automatización

A continuación se describe la secuencia del proceso automatizado, desde que se presiona el botón de Inicio, hasta que cierra el ciclo con el conformado de la paca de desperdicio. Se describe lo que ocurre con los componentes externos del sistema (pulsadores, sensores, indicadores y electroválvulas) tal como se muestra en la figura 5.6 y 5.11, y la secuencia dentro del programa, representada por el diagrama escalera de la figura 5.12.

El sistema se inicia al presionar el pulsador Inicio S1 (I1), una vez que el sensor de nivel B1 (I4) conmuta, se energiza la marca M3 y se enclava dicha señal. El Cilindro 2.0 se retraerá sólo sí, se cumple la condición anterior y el cilindro 1.0 está retraído (presente M7), como se observa en la figura 5.7.

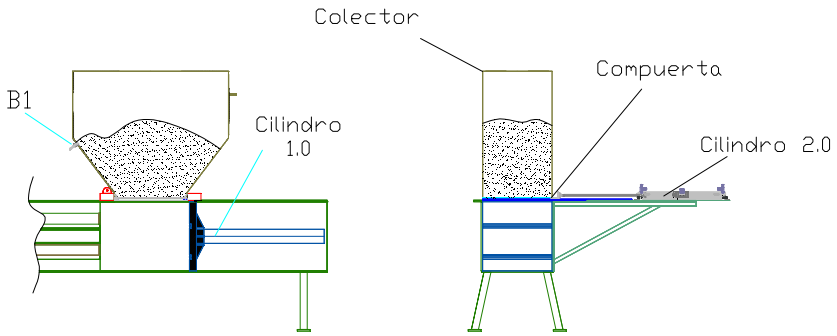


Figura 5.7. Vista en corte de la prensa y el colector, cuando se alcanza el nivel de desperdicio
Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

Luego de retraerse el cilindro 2.0, se activa el sensor de posición B4 (I7), el cual excita a la marca M5 y se enclava dicha señal, que será desenclavada 2 segundos después mediante el empleo de un temporizador con retardo a la conexión (que activa la señal para desenclavamiento M4), esté tiempo garantiza que el colector descargue todo el desperdicio en la prensa. La figura 5.8 muestra un esquema de esta situación.

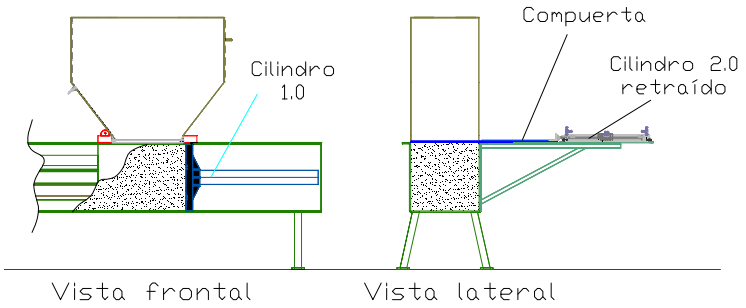


Figura 5.8. Vista en corte de la prensa y el colector, cuando se retrae el cilindro 2.0.
Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

Una vez que se activa M4, se desenergiza Q3 (correspondiente a la bobina de la electroválvula que gobierna al cilindro 2.0, Y3) al desactivarse M3, causando la extensión del mismo, luego activa al sensor B5 (I8), el cual excita a M6, que tiene la función de cerrar el circuito de la marca M2; posteriormente se energiza Q1 (asociada a la bobina de la electroválvula 1.1, Y1), la cual produce la extensión del cilindro 1.0, que hace conmutar al sensor B3 (I6), que a su vez activa a M8. La figura 5.9 presenta un esquema del cilindro 1.0 extendido.

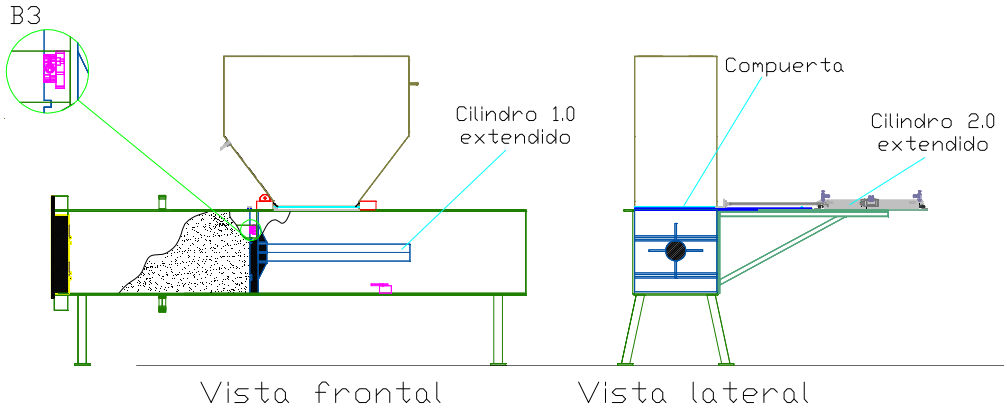


Figura 5.9. Vista en corte de la prensa y el colector, cuando se extiende el cilindro 1.0.
Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

Con la activación de M8, se incrementa el valor del contador, el cual lleva un registro del número de veces que se extiende el cilindro 1.0. Este contador está programado para que al llegar al valor prefijado active a la marca M9, asociado a la indicación de la formación de la paca. Por otra parte M8, energiza a Q2 (la bobina de la electroválvula 1.1, Y2), que es la encargada de la retracción del cilindro 1.0.

Al retraerse el cilindro 1.0, el circuito vuelve a quedar en espera de la señal del sensor de nivel S1 (I4), para repetir el ciclo.

Esta secuencia se repite hasta que el valor actual del contador alcance al prefijado y active a M9, esta señal energiza a M2, encargada de la extensión del cilindro 1.0, logrando de esta manera que el mismo permanezca extendido hasta que aparezca la señal M10 que se encuentra en serie con M9, en la línea de M2.

La marca M9, también se encuentra como un contacto normalmente cerrado en la línea de Q3, garantizando de esta manera que si durante el proceso de amarre conmuta S1 (I4, Sensor de nivel), el cilindro 2.0 no se retraiga.

Por otra parte un contacto asociado a la marca M9 se encuentra en serie con otras 5 líneas de programación, las cuales se mencionan a continuación:

- Activación de temporizador con un retardo a la conexión (que activa a M10) de 2,24 min, que es el tiempo que en teoría debería llenarse el colector.
- Activación de Q5 (señal luminosa y sonora H2) que le va a indicar al operador que debe amarrar la paca.
- Activación de temporizador con retardo a la conexión (que activa a M11) de 5s, y desactiva la alarma H2 (Q5).

- Activación de M12, la cual se enclava y sólo será desactivada por la entrada I3 (pulsador S3), que será presionado por el operador una vez que termine el proceso de amarre. En la figura 5.17 se muestra un esquema del panel de control.

La figura 5.10 presenta una vista en isometría de la paca saliendo de la prensa, y la ubicación del panel de control con referencia a la prensa.

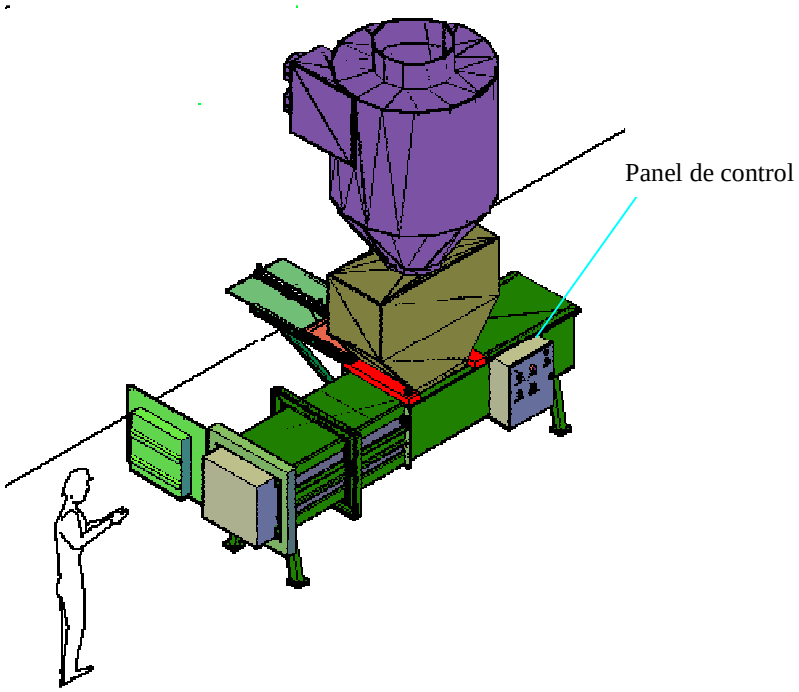


Figura 5.10. Vista isométrica de la prensa con la paca formada y la ubicación del panel de control. Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

La marca M10 cuenta con un contacto normalmente cerrado en serie con M9 en la línea de M2, así que transcurrido los 2,24 min, se desactivará Q1. Por otra parte M10 también se encargará de reiniciar al contador (desactivando a M9).

Al desactivarse la señal M9, se desenclava la marca M2 y se cierra la línea de Q3 (bobina de la electroválvula 2.1, Y3), permitiendo de esta manera que una vez que

el operador pulse a S3 (I3) y se desenclave la señal M12, el sistema quede habilitado para repetir el ciclo.

5.1.4. Listado de señales de entradas y salidas del sistema diseñado

La tabla 5.1 muestra la lista de entradas (I) y salidas (Q) al sistema de control y contiene la denominación exacta de cada elemento, su función, símbolo y dirección.

Tabla 5.1. Listado de entradas y salidas del sistema de control.

Elemento	Función	Símbolo	Dirección
Pulsador	Arranque del Sistema	S1	I1
Pulsador	Parada del Sistema	S2	I2
Pulsador	Detener la retracción del cilindro 2.0	S3	I3
Sensor Inductivo	Detecta que se alcanzó el nivel en el deposito	B1	I4
Interruptor de final de carrera	Detecta la retracción del cilindro 1.0	B2	I5
Sensor Inductivo	Detecta la extensión del cilindro 1.0	B3	I6
Sensor Magnético	Detecta la retracción del cilindro 2.0	B4	I7
Sensor Magnético	Detecta la extensión del cilindro 2.0	B5	I8
Electroválvula	Avance del cilindro 1.0	Y1	Q1
Electroválvula	Retracción del cilindro 1.0	Y2	Q2
Electroválvula	Retracción del cilindro 2.0	Y3	Q3
LED	Indica que se completo la paca	H1	Q4
Bocina	Indica que se completo la paca	H2	Q5
LED	Indica que faltan 20s para que se retraiga el cilindro 2.0	H3	Q6

Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

5.1.5. Selección del sistema de control

Para administrar de manera continua las funciones del sistema automatizado, es necesario emplear un sistema de control que cumpla con las exigencias de entradas y salidas constituidas en el diseño.

El sistema automatizado requiere manejar 8 entradas digitales, constituidas por 3 pulsadores (S1, S2, S3), un sensor inductivo no-férrico (B1), un interruptor de final de carrera (B2), un sensor inductivo férrico (B3), dos sensores magnéticos (B4, B5) y 5 salidas digitales las cuales son tres bobinas de electroválvula (Y1, Y2 y Y3), y tres indicadores (H1, H2 y H3).

El tipo de control seleccionado fue el uso de un autómata programable PLC, siendo la otra alternativa la lógica cableada, ya que por el tipo de aplicación, la lógica cableada sería muy complicada por la localización de los componentes, además se tendría que emplear gran cantidad de relés, contadores y temporizadores, para que el sistema cumpliera con la función establecida, mientras que con el uso de PLC, los componentes a emplear se reducen y permite la futura modificación del sistema en caso de surgir la necesidad de agregar nuevas variables al sistema diseñado por motivo de ampliaciones en el proceso.

5.1.6. Esquema de control

La figura 5.11 muestra el esquema de control del sistema automatizado de compactación de desperdicio generado por dos troqueladoras de aluminio.

5.1.7. Programación del PLC

En la figura 5.12, se observa la programación del Micrologix 1200 en diagrama escalera y la figura 5.13 modela la simbología empleada.

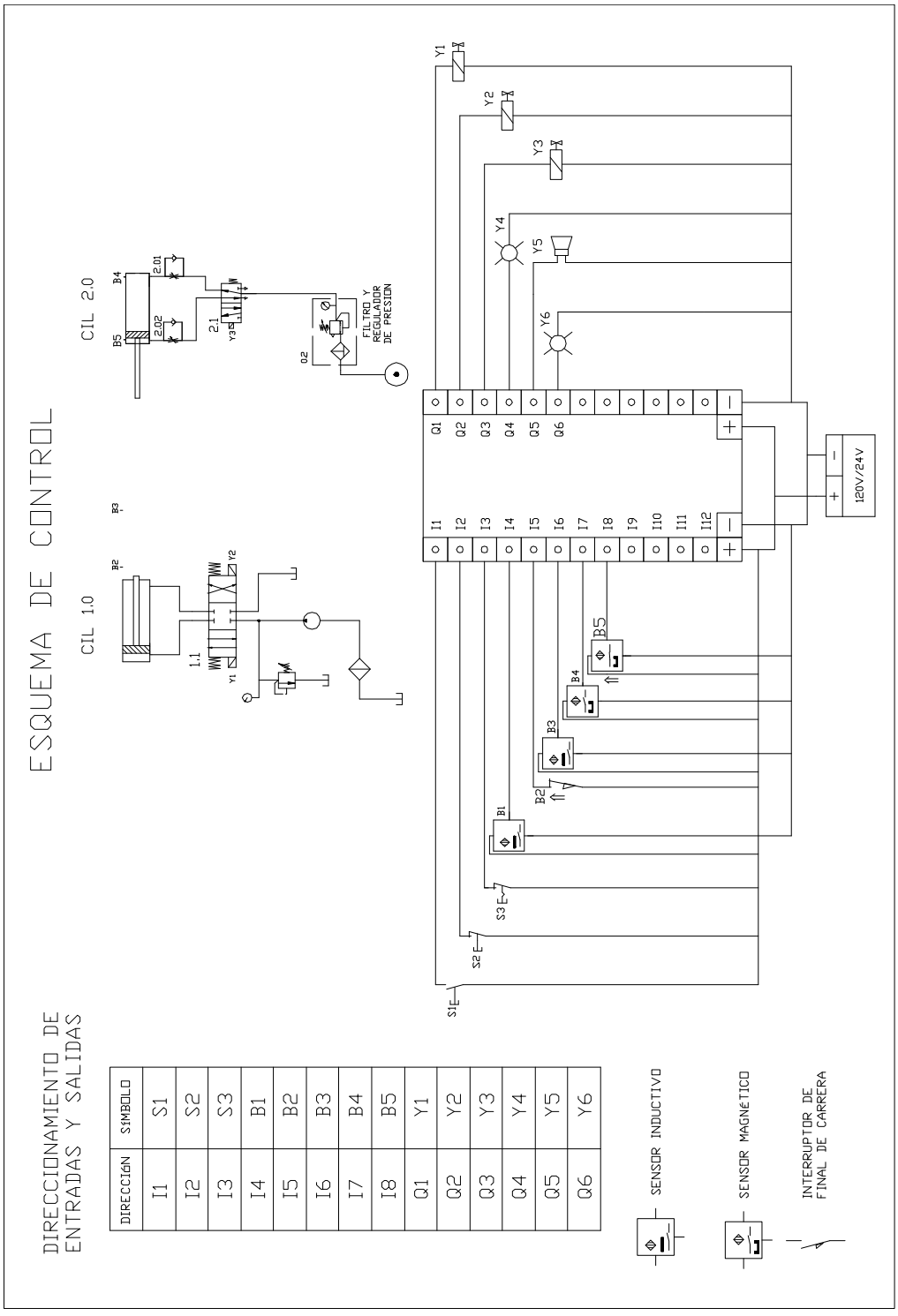


Figura 5.11. Sistema de control automático. Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

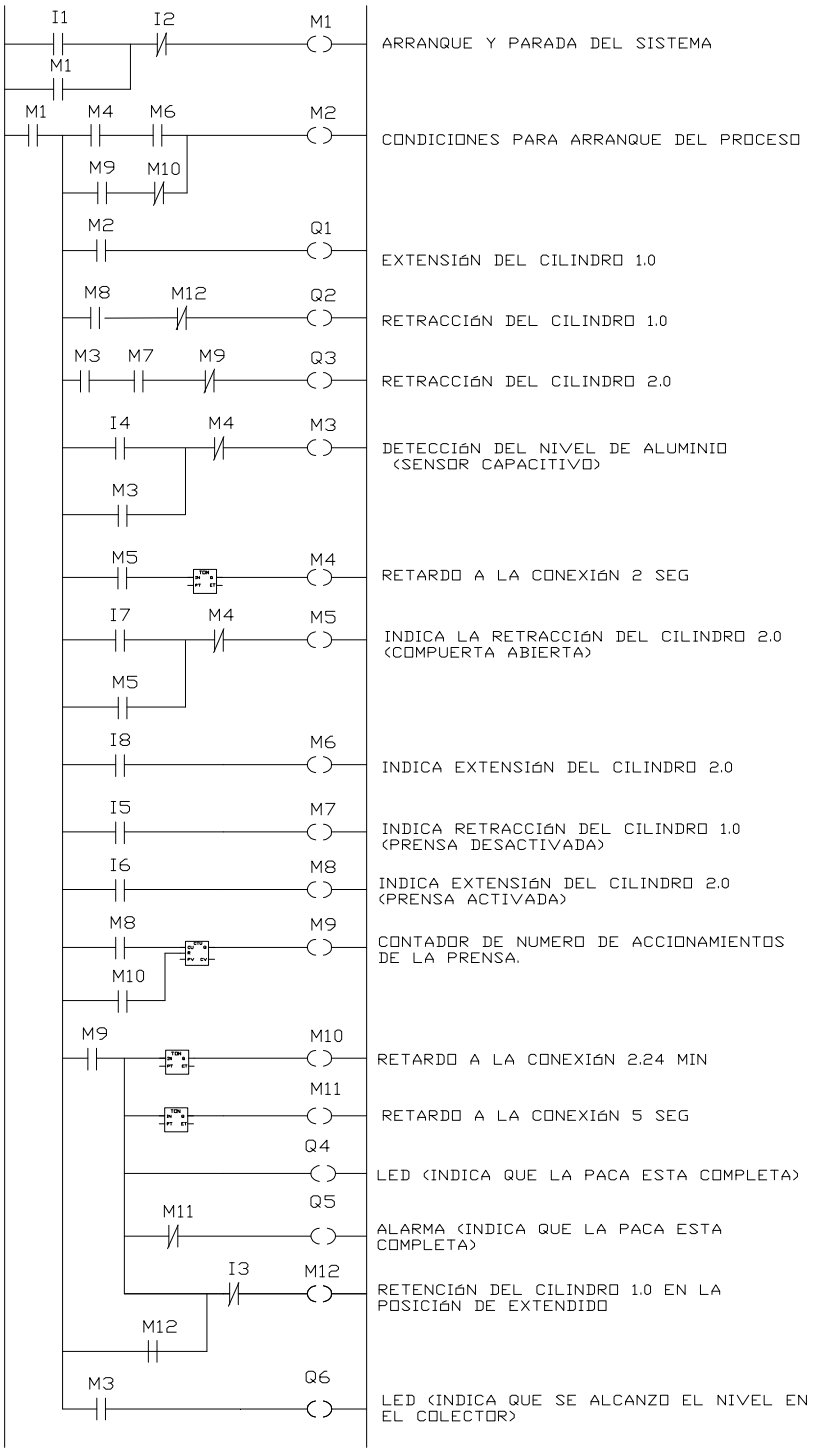


Figura 5.12. Diagrama Escalera. Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

	CONTACTO DE RELÉ NORMALMENTE ABIERTO
	CONTACTO DE RELÉ NORMALMENTE CERRADO
	DISPOSITIVO GENERICO DE SALIDA.
	TEMPORIZADOR CON RETARDO A LA CONEXIóN
	CONTADOR ASCENDENTE

Figura 5.13. Simbología empleada en el diagrama escalera.
Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

5.1.8. Selección de los principales componentes del sistema diseñado

El sistema automatizado está conformado por componentes eléctricos, neumáticos y oleohidráulicos. Entre los componentes eléctricos se encuentra el controlador lógico programable, los sensores (B1, B2, B3, B4, B5), las bobinas de las electroválvulas (Y1, Y2 y Y3) y los indicadores (H1, H2 y H3). En cuanto a los componentes neumáticos se tiene el cilindro neumático (2.0), las válvulas reguladoras de caudal (2.01, 2.02), los silenciadores, los racores y las conexiones neumáticas realizadas por medio de tubos flexibles. Y entre los componentes oleohidráulicos se tiene, el actuador de la prensa (1.0), la válvula 4/3 vías y la bomba de aceite.

Controlador Lógico Programable o PLC

El PLC seleccionado fue un Micrologix 1200 de la familia Allen Bradley catálogo Nº 1762-L24BWA, el cual maneja 14 entradas y 10 salidas digitales, con fuente de alimentación de 24 VDC, de las cuales serán empleadas 8 entradas y 5 salidas, que son las requeridas por el sistema de control. El anexo 12 muestra las especificaciones técnicas y generales de este quipo.

Cilindro Neumático

En el sistema diseñado se cuenta con un sólo cilindro neumático (2.0), el cual tiene la función de abrir y cerrar la compuerta colocada debajo del colector de desperdicio que viene de las dos máquinas.

Dicha compuerta está provista de 4 ruedas en sus esquinas, lo que reduce la fuerza que debe ejercer el cilindro, a una fuerza de fricción por rodadura. En la figura 5.14 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la compuerta:

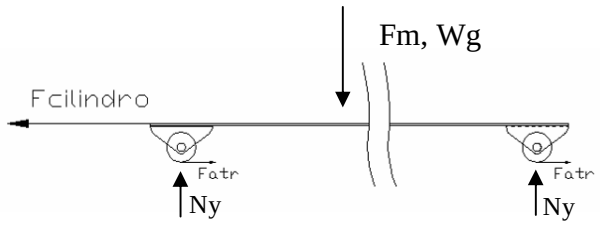


Figura 5.14. Diagrama de cuerpo libre de la compuerta del depósito.

Se realiza una sumatoria de fuerzas en los ejes “x” y “y”, para obtener la fuerza que deberá ejercer el cilindro.

$$\sum Fx = Fcilindro - 4F_{atr} = 0 \qquad \textbf{(I)}$$

$$\sum Fy : 4Ny - Fm - Wg = 0 \qquad \textbf{(II)}$$

Donde:

Fm: peso de las virutas de aluminio (kg)

Wg: peso de la compuerta (kg)

Ny: normal ejercida por las ruedas de la compuerta (N)

Sustituyendo en II, se obtiene:

Ny=7,357 N

A continuación se muestra la ecuación 5.1 (Provenza, F., 1996), la cual se empleará para el cálculo de F_{atr}, donde Fn es la fuerza normal sobre la rueda y μ` es el coeficiente de fricción de rodadura que en el caso de acero-plástico tiene un valor de 0,2 (Provenza, F., 1996). En el anexo 1, se muestran las especificaciones de la rueda.

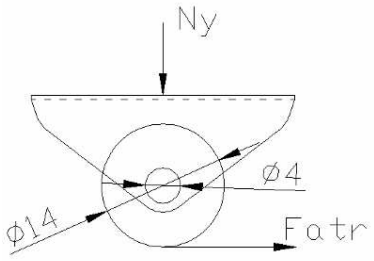


Figura 5.15. Diagrama de cuerpo libre de la rueda.

$$F_{atr} = Fn\left(\mu' \frac{r}{R} + \frac{l}{R}\right)^{0}$$

$$F_{atr} = 7{,}357\left(0{,}2 * \frac{4}{14}\right) = 0{,}42N \qquad 5.1$$

Sustituyendo este valor de F_{atr} en (I) se obtiene la fuerza que deberá ejercer el cilindro para mover la compuerta.

$$F_{cilindro} = 4F_{atr} = 4 * 0{,}4204N = 1{,}68N$$

Haciendo uso de la ecuación 5.2, se determinará el área del pistón necesaria para ejercer una Fuerza de 1,68N (5,09 kgf/cm^2), con una presión de trabajo de 5 bar (0,101972kgf), que es la presión disponible en el galpón.

$$P = \frac{F_{cilindro}}{A_{émbolo}} \qquad 5.2$$

$$5{,}09\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = \frac{0{,}101972\text{kgf}}{\frac{\pi}{4}d^2}$$

Despejando, se obtiene que el mínimo diámetro (d), necesario será de 1,59mm.

En la selección del cilindro 2.0, de acuerdo con los requerimientos de fuerza determinados, así como la carrera a desarrollar y estableciendo una presión de trabajo de 5 bar, mediante el uso del catálogo electrónico de la empresa FESTO, se escogió en cilindro de un diámetro de embolo de 32mm por ser el más próximo al valor calculado, el cilindro seleccionado es de doble efecto porque debe desarrollar trabajo en los dos sentidos, extensión y retracción, además se seleccionaron otros parámetros como, carcasa para instalar detectores de posición (A), amortiguación neumática regulable en ambos lados (PPV), y rosca en la punta (10K2), para poder colocarle una placa de acoplamiento, o cualquier otro accesorio requerido. Obteniendo como resultado un cilindro DNC-32-510-PPV-A-10K2. El anexo 2 muestra las especificaciones técnicas del mismo.

Electroválvula

Se seleccionó una válvula 5/2 vías monoestable, ya que se desea que en caso de emergencia o que falle el sistema de control, la válvula vuelva a su posición inicial (cilindro 2.0 extendido). Además, se puede instalar indistintamente y maneja un caudal de 500 l/min, siendo el requerido 10,8 l/min, este último caudal se determino con el nomograma para cilindros neumáticos (Provenza, F, 1996, Figura B-3, Apéndice B), utilizando el diámetro del émbolo y la presión de trabajo. La bobina asociada que se ajusta a esta válvula es una MSGF-24VDC/42AC de la misma marca. Las especificaciones de ambos componentes se exponen en el anexo 5.

Sensores

El sensor principal del sistema de control, es un detector de nivel inductivo (B1) marca Allen-Brandley código 871TM-DN5NP18-H2, se seleccionó este tipo de sensor, ya que diferencia entre elementos férricos y no-férricos, se empleará un campo de detección de 5 mm, para asegurar que no detecte el aluminio cuando este cayendo, sino sólo cuando el nivel cubra la zona donde éste se encuentra, será apantallado, para evitar su activación por efecto de la superficie de instalación, gracias a su construcción, trabaja bien en ambientes con polvo y suciedad y no le afectan los cambios de temperatura, lo cual es importante, ya que estará colocado dentro del colector. Las especificaciones técnicas se encuentran en el anexo 15.

Para la detección de posición del cilindro neumático de emplearon dos sensores de proximidad magnéticos (B4, B5) código SME-8-k-LED-24 marca Festo, ya que estos pueden ser colocados sobre la camisa del cilindro (ver figura 5.16). El anexo 3 muestra sus especificaciones técnicas.

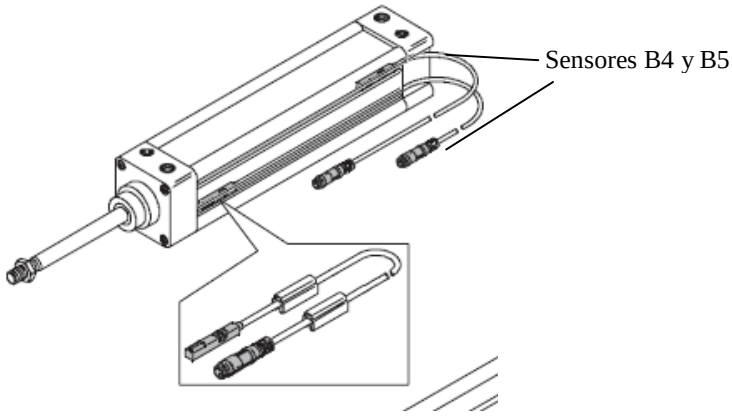


Figura 5.16. Cilindro neumático 1.0 y sensores de posición.
Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

Para determinar la posición del vástago de la prensa (cilindro hidráulico), se utilizarán dos tipos de sensores, uno de proximidad inductivo férrico (B3) código 871TM-DF8NP30-H2 marca Allen-Bradley, el mismo estará colocado en la estructura de la prensa, sensando la posición de extendido, como se muestra en la figura 5.9, se seleccionó este tipo de sensor, ya que puede diferenciar entre elementos férricos y no-férricos, por lo tanto sensará solo al pistón de la prensa, el cual es de acero inoxidable, mientras que no se activará con el desperdicio de aluminio.

Para detectar cuando el cilindro esté totalmente retraído, se empleará un interruptor de final de carrera (B2), código 440P-MARS11N5 marca Allen-Bradley, junto con su palanca de operación código 802T-W3 de la misma marca (Ver figura 5.4). Se utilizará este sensor ya que es más económico y robusto que los otros, y se adapta satisfactoriamente al sistema planteado. En los anexos 15 y 16 se muestran las especificaciones de ambos sensores.

Conectores Rápidos

Para lograr la conexión entre el tubo flexible, la electroválvula y el actuador neumático, fue necesario emplear seis conectores rápidos marca Festo, de código QS-1/8-6, en el anexo 8 se muestran sus especificaciones técnicas.

Unidad de Mantenimiento

Ya que los componentes instalados requieren aire filtrado y se desea una presión de trabajo prefijada, se empleará un filtro regulador LFR-1/8-D-MINI, marca Festo. Las especificaciones se encuentran en el anexo 6.

Panel de control

El panel a utilizar es una caja industrial marca NEMA 500x400x200mm, ésta, posee empaquetaduras en la puerta para evitar la contaminación del PLC colocado dentro, además posee una cerradura con llave, la figura 5.17. muestra las dimensiones del panel junto con la distribución de pulsadores y LED en la puerta del mismo.

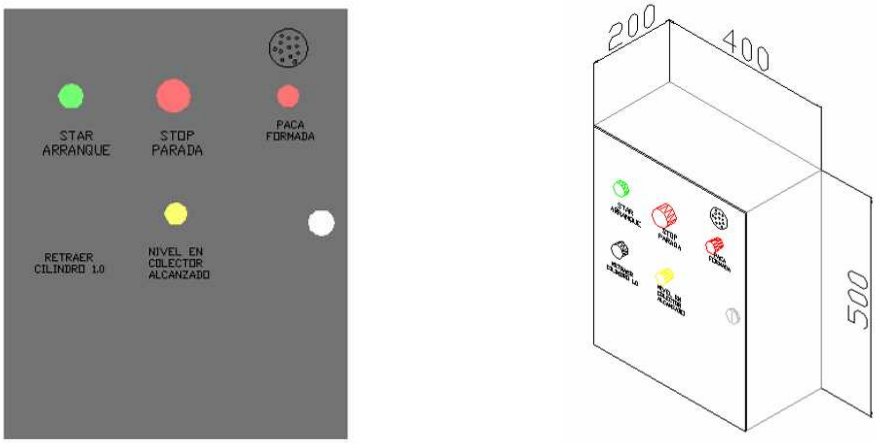


Figura 5.17. Panel de Control del sistema diseñado. Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

5.2. Factibilidad Económica

La factibilidad del proyecto planteado se evaluará con el modelo beneficio – costo, que se usa para medir el atractivo económico de un proyecto, expresando la relación entre el beneficio obtenido por la implantación de un proyecto con el costo que este acarrea (Alvarado, L., Betancourt, C., Salama, I., y Torrealba, 2006).

Como primer punto se realizará una descripción del proceso actual de recolección del desperdicio, indicando tiempo de realización de las actividades; y como segundo punto, se hará la evaluación económica del proyecto.

Descripción del proceso de extracción y compactación actual del aluminio

El área de producción de los envases de aluminio, cuenta con dos troqueladoras marcas Quality Tools, las cuales trabajan 24 horas al día en tres turnos laborales de 8 horas c/u. La producción se basa en la elaboración de tres tipos de envases, cuyas especificaciones se muestran en la tabla 2.8, del capítulo 2.

El desperdicio generado en el proceso de producción, es trasladado a la prensa manualmente, donde posteriormente es compactado, formando de esta manera pacas de aluminio con un peso promedio de 350 kg., cuya dimensiones son 50 x 50 x 112 cm. En el capítulo 2, se detalla el número de pacas producidas por jornada, así como también la producción de envases por día. Por otra parte, se estimó la cantidad de desperdicio generado durante el proceso de producción de cada envase, datos que se observan en la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Estimación del desperdicio generado en el proceso de producción de los envases.

Maquinas	**Desperdicio intrínseco generado (Di) (kg / h)**		
	Envase 990	**Envase 747**	**Envase 420**
Troqueladora I	24,07	26,12	17,65
Troqueladora II	24,07	26,12	17,65
Total	48,14	52,24	35,3

Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

El proceso de recolección del desperdicio generado que se realiza actualmente, consiste en las siguientes actividades: en primer lugar el operador corta el aluminio de la máquina con sus manos, luego realiza el arrastre del material por aproximadamente 4m hacia la prensa, para luego cargar el aluminio una altura de 1m para introducirlo en la prensa hidráulica, movimiento que se realiza en promedio diez ocasiones, levantando en cada ocasión aproximadamente 3 kg de peso, levantando un peso total cercano a los 30kg; luego de haber realizado cada movimiento cierra la compuerta de la prensa y se realiza el compactado del desperdicio. En el anexo 18 se muestran imágenes de la troqueladora y el desperdicio acumulado a la salida de ésta.

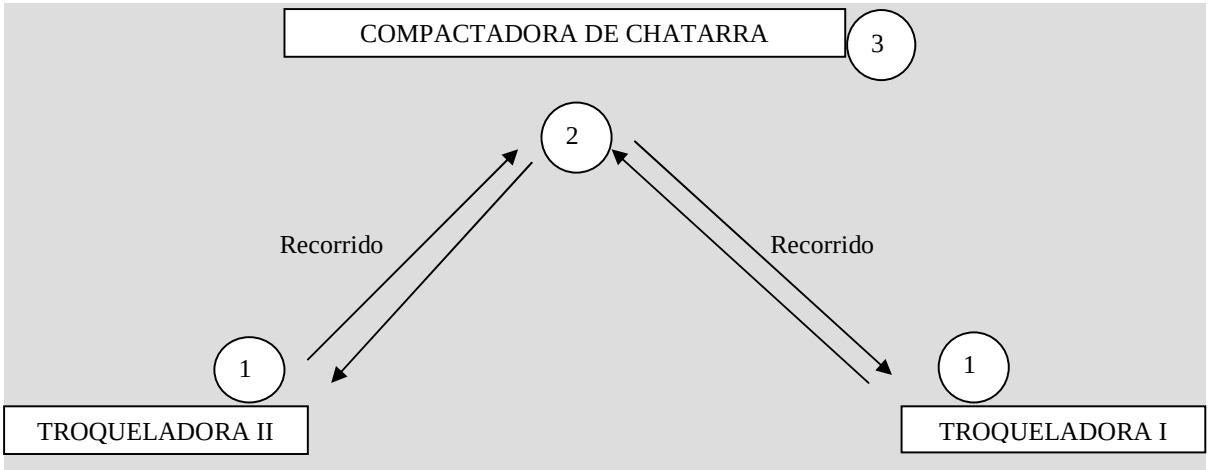


Figura 5.18. Secuencia de recorrido realizado por los operarios de las troqueladoras. Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

El proceso de recolección se realiza en intervalos de 1 hora y acarrea aproximadamente 15 minutos la ejecución de las actividades antes mencionadas, en los cuales la máquina troqueladora II no está en operación por un promedio de 5 minutos, lo que conlleva a una disminución en la producción de los envases y un tiempo de parada de la máquina no planificada; además de presentar una actividad física con movimientos de quinto orden(movimientos de tronco - flector) y contar con riegos de cortaduras en las extremidades superiores por parte de los operarios, tomando en cuenta también, la cantidad de peso manipulado por éstos durante su turno de trabajo. En la figura 5.18, se realiza un esquema demostrativo del recorrido realizado por los operarios durante el proceso de recolección.

Leyenda:

1) Actividad que comprende el desprendimiento del aluminio de las troqueladoras.
2) Comprende el arrastre del desperdicio desde las troqueladoras a la compactadora.
3) Comprende el levantamiento y disposición del aluminio dentro de la cámara de compactación de la prensa y posterior compactación.

A continuación, en la tabla 5.3, se hace referencia a los tiempos actuales de jornada de trabajo, tiempo empleado por los operarios para la recolección, traslado y compactación del desperdicio y peso manejado por los operarios en la ejecución de la actividad.

Tabla 5.3. Tiempos actuales de la jornada de trabajo.

	Tiempo	
	Máquina troqueladora I	**Máquina troqueladora II**
Jornada laboral	8 horas / turno	8 horas / turno
Turnos laborales	3 turnos / dia	3 turnos / dia
Horas de trabajo de las máquinas	8 horas / turno	8 horas / turno
Horas totales de trabajo de las máquinas	24 horas / día	24 horas / día
Tiempo de formación del desperdicio	1 hora	1 hora
Tiempo empleado por los operarios para la recolección del desperdicio	15 minutos	15 minutos
Cantidad de veces que se realiza la remoción del desperdicio	8 veces / turno	8 veces / turno
Tiempo total por turno empleado para la recolección del desperdicio	120 minutos / turno	120 minutos / turno
Tiempo total por día empleado para la recolección del desperdicio	360 minutos / día	360 minutos / día
Tiempo de parada de las máquinas para recolección de desperdicio.	-	120 minutos / día

Fuente: Moldeados Andinos C.A. Molanca.

Evaluación económica

En esta parte, se realizará la evaluación cuantitativa de los beneficios obtenidos con la implantación de la solución propuesta. En primer lugar, se determinará la inversión inicial del proyecto y los costos de instalación que representa, luego se evaluarán los beneficios que se obtienen aplicando el criterio beneficio-costo y como último punto, se determinará el tiempo de retorno de la inversión del proyecto. En la tabla 5.4, se describe el monto requerido en la inversión inicial del proyecto.

Tabla 5.4. Inversión inicial del proyecto.

Descripción	Monto BsF.
Maquinarias, materiales, equipos de instrumentación y control (sensores, cilindro neumático y accesorios, PLC, etc.)	43.630,97
Instalación del sistema y puesta a punto, por personal especializado	20.832,5
Total de la inversión inicial	64.463,47

Fuente: García, A. e Hidalgo, A. (2008)

Para la evaluación económica, se tomará en cuenta los siguientes aspectos:

- La evaluación se realizará en función a las paradas de la máquina troqueladora II, las cuales se originan durante la recolección del desperdicio.
- Condición actual de producción, tiempo promedio utilizado para la recolección y compactación de aluminio por hora de trabajo.
- Se realizará la evaluación, utilizando como base la fabricación de envases 990, ya que estos representan mayor demanda de producción en la empresa.
- Producción actual de los envases. Capacidad actual de la máquina troqueladora II.
- Precios de venta del producto final por unidad (BsF/unidad).
- Beneficio que representaría la implementación del sistema, realizando una comparación entre la producción actual y la producción propuesta con el sistema en funcionamiento.
- Tiempo de retorno de la inversión del sistema propuesto.

Condición actual para la recolección del desperdicio

La condición actual del manejo del desperdicio en la troqueladora II, implica un tiempo utilizado para la recolección y transporte del desperdicio a la compactadora y un tiempo de compactación de la misma.

$T_{empleado} = T_{recolección} + T_{compactación} = 5$ minutos/hora +10 minutos/hora = 15 minutos/hora.

Donde:

$T_{empleado}$: Tiempo empleado para el manejo del desperdicio.

$T_{recolección}$: Tiempo empleado para recolección y traslado del desperdicio a la compactadora.

$T_{compactación}$: Tiempo empleado para realizar la compactación del aluminio.

A continuación se realizará un análisis de la distribución de los tiempos empleados en una hora de jornada laboral. Cabe destacar que para el análisis económico, se tomará en cuenta el tiempo de parada de la máquina cuando se realiza la recolección y el traslado del desperdicio a la prensa.

Para 1 hora de trabajo en la troqueladora II, se tiene la siguiente distribución del tiempo:

$T_{produccion} = 55$ minutos ⟶ 75 % tiempo total

$T_{recolección} = 5$ minutos ⟶ 8,33 % del tiempo total

$T_{total} = 60$ minutos ⟶ 100 % tiempo total

Producción actual de envases 990 (Pa) y producción estimada (Pe)

Para el cálculo de la producción actual y estimada de los envases, se tomará en cuenta la capacidad (C) de la máquina actualmente y el porcentaje de aprovechamiento del tiempo empleado, obteniéndose lo siguiente:

C = 208 envases / minuto.

Pa = 208 envases/minuto * 60 minutos/hora * 8,33 % = 1.040 envases / hora

Pe = 208 envases/minuto * 60 minutos/hora * 100% = 12.480 envases / hora

Variación de producción = Pe – Pa = 12.480 – 1.040 = 11.440 envases / hora

La variación de la producción representa el beneficio obtenido, con la implantación del sistema diseñado, ya que se utilizaría el 100 % del tiempo establecido para la producción, condición que actualmente no se cumple debido a las paradas por recolección del desperdicio generado.

Retorno de la inversión (RI)

Para el cálculo del retorno de la inversión, se tomará en cuenta la inversión inicial calculada para la implementación del proyecto y el beneficio obtenido durante el funcionamiento de éste.

Para el cálculo del beneficio obtenido, se hizo uso de la variación de la producción obtenida en el punto anterior y el precio de venta de los envases (PVE) por unidad (Moldeados Andinos, C.A.).

Precio de venta de los envases.

PVE = 194 BsF/caja / 500 envases/caja = 0,388 BsF / envase

Beneficio obtenido (Be)

Se calculará tomando en cuenta la variación de la producción por día y el precio de los envases calculado anteriormente.

Variación de la producción = 1.040 envases/hora * 8 horas/turnos * 3 turnos/ día.

Variación de la producción = 24.960 envases / día.

Be = PVE*Variación de la producción = 0,388 BsF/envase * 24.960 envases/día

Be = 9.684,48 BsF / día.

RI = Costo de la inversión Inicial BsF / Beneficio BsF/día.

RI = 64.463,47 BsF / 9.684,48 BsF/día = 6,65 días.

De acuerdo a este tiempo obtenido, se puede considerar un proyecto factible ya que con el aumento de la producción de la troqueladora II, se logra retornar la inversión en seis días y medio de labor. Además, de mejorar las condiciones de trabajo de los operarios, ya que con el sistema a implementar su labor actual mencionada en el planteamiento del problema, se reduce al amarre de la paca.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El sistema neumático será el sistema de transporte idóneo para resolver el problema planteado, ya que es uno de los métodos más limpios para transportar materiales, de menor costo de mantenimiento e instalación, además, de ocupar menor espacio en planta, entre otras características.

- Con la implementación del sistema automático, se reduce el tiempo empleado por los operarios en el manejo de material (desperdicio) y amarre de la paca, el cual es de 390min/día, a sólo el tiempo empleado para realizar el proceso de amarre, el cuál será de 30 min/día.

- Con la automatización del proceso de recolección, transporte y compactación del desperdicio del aluminio, se disminuirá el esfuerzo físico de los operarios y los riesgos de cortaduras con el desperdicio, además se reducirán las paradas no programadas de la máquina troqueladora II.

- Con las modificaciones realizadas a la prensa hidráulica, se garantiza una mejora en el proceso de compactación del desperdicio, ya que la paca generada será más compacta, facilitando su manipulación y traslado.

- El proyecto planteado se puede considerar económicamente factible, ya que con el aumento de la producción en la troqueladora II, el retorno de la inversión inicial se generaría en seis días.

- Con la instalación del sistema diseñado se aumentará la producción de los envases de aluminio en la maquina troqueladora II en un 8,33%, lo que genera un beneficio de 9.684,48 BsF / día.

- Realizar la instalación del sistema neumático con personal capacitado que respete el diseño, para evitar inconvenientes a futuro.

- Desarrollar un programa de entrenamiento para el personal que labora en el área de aluminio, con respecto a la utilización del sistema diseñado.

- Desarrollar un programa de mantenimiento, que permita extender la vida útil del sistema y obtener un funcionamiento eficiente del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado, J., Díaz, O. y Gómez, H. (1992). **Diseño de una prensa hidráulica para el compactado y reciclaje de virutas de aluminio**, Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. Valencia.

Alvarado, L., Betancourt, C., Salama, I. y Torrealba, V. (2006). **Evaluación de proyectos de inversión** (2ª ed.). Universidad de Carabobo. Valencia.

Aracas, J. y Ortiz, Z. (2005). **Diseño de un sistema de extracción y transporte de viruta de aluminio en los procesos de laminación y corte**, Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. Valencia. **control**. Recuperado el 17 de Julio de 2008, de http: //www.festo.com.ve//.

Escobar M (s.f). **Introducción a los PLC**. Portal de Automatización Industrial de la Universidad de Carabobo. Recuperado el 20 junio de 2008, de http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_I.

Festo (2007). **Sensores / Sistemas de procesamiento de imágenes / Sistemas de**

García, J. M. (2006, octubre 20). **El aluminio en la reparación de Carrocerías**. Recuperado el 15 de mayo de 2007, de http://www.cesvimap.com/e16/PDF/MFabricacionCarroceríasExtracto.pdf.

Gómez, E. y Rachadell, F. (2001). **Manejo de materiales**. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial. Valencia.

Goodfellow, H. y Tähti, E. (1992)**. Manual de ventilación industrial** (21ª ed.). United States of America for American Conference of Governmental Industrial Higienists, Inc. Cincinnati, Ohio.

Montaño, Francisco (1996). **Procesos de punzonado, troquelado y embutido.**Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencia y

Tecnología. Recuperado el 15 mayo de 2007, de http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/PDF/cap-335.pdf.

Norton, Robert. (1999). **Diseño de máquinas**. Editorial Prentice Hall. México.

Núñez, F. y Lorenzo, O. (2001). **Sistemas de ventilación forzada**. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería. Industrial. Valencia.

Núñez, Franklin. (1975). **Sistemas de aspiración y recolección de polvos**. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería. Industrial. Valencia.

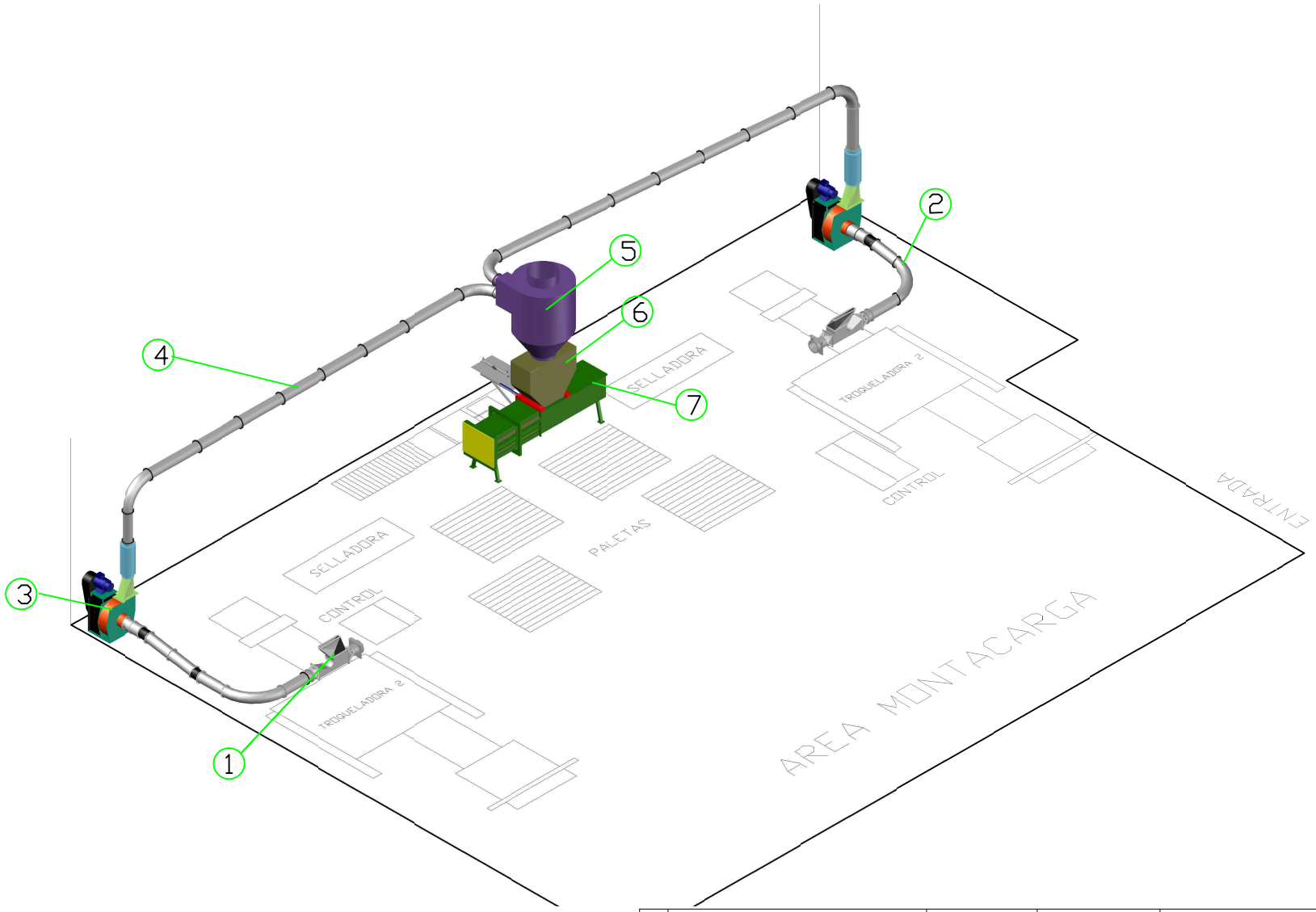
Provenza, Francesco (1996). **Projetista de Máquinas** (71ª ed.). São Paulo, Brasil. Autor.

Rebonatto D., Marcos A. (2004). **Diseño de un sistema automatizado de una máquina troqueladora de láminas de cartón**. Universidad de Carabobo. Valencia.

Rockwell – Automation / Allen – Bradley**.** (2007). **Fundamentos del sensado o detección de presencia.** Recuperado el 15 de junio de 2008, de http://www.absaweb.com.mx/boletines/B_Sep_2006/archivos/filefundamentosdesensado.pdf.

Shigley, J. y Mischke, C. (2001). **Diseño en Ingeniería Mecánica** (5ta ed.). México. Editorial McGraw Hill

APÉNDICE A
PLANOS



Nº	DESCRIPCIÓN	PLANO DE REFERENCIA	OBSERVACIONES
1	CAMPANA DE SUCCIóN	A-10	
2	TUBERIA DE SUCCIóN	A-04 A-06	
3	VENTILADOR TROCEADOR	---	
4	TUBERIA DE DESCARGA	A-04 A-06	
5	CICLóN	A-07	
6	COLECTOR	A-08	
7	COMPACTADORA	A-11	

UNIVERSIDAD DE CARABOBO

AREA DE PLANTA: ALUMINIO

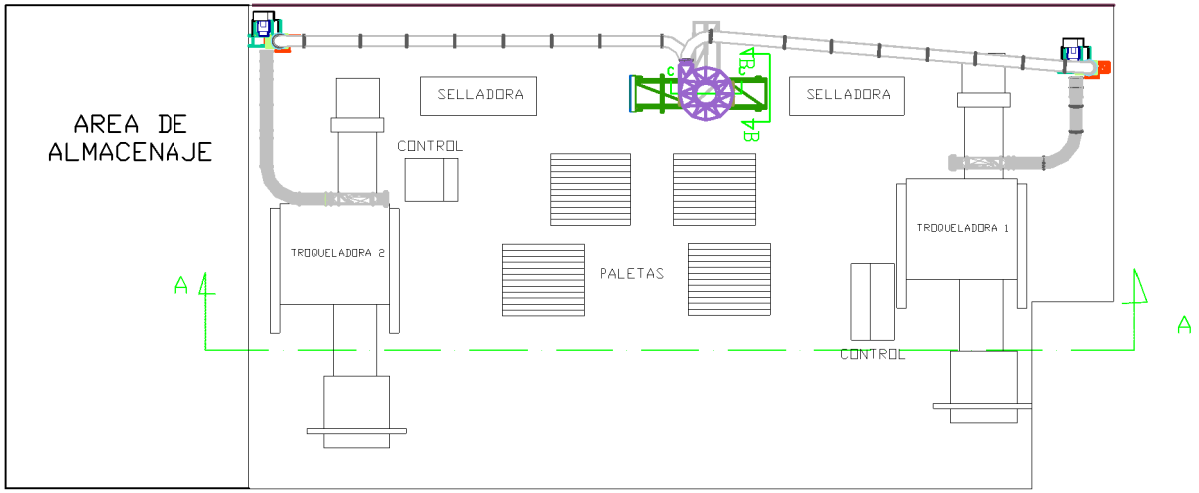
EQUIPO: **SISTEMA DE EXTRACCIÓN, CORTE Y COMPACTACIÓN DEL DESPERDICIO DE ALUMINIO**

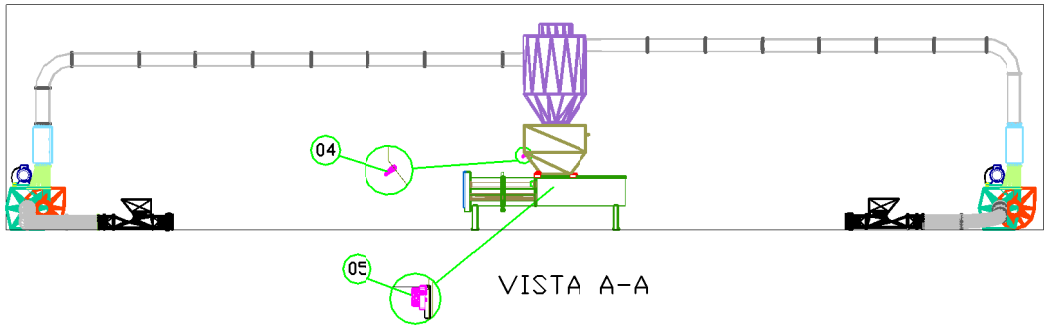
CODIGO: **PLANO A-01**

CONTENIDO: **CONJUNTO ARMADO**

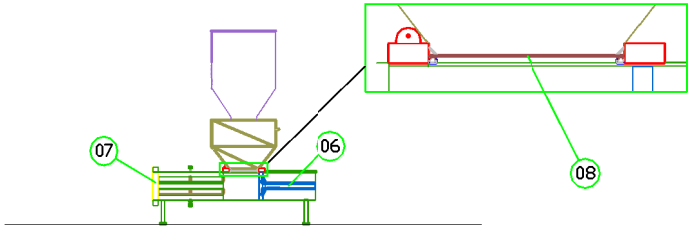
ISOMETRIA SO

FECHA:	ESCALA:	REALIZADO POR:	LAMINA Nº:
Ago-08	--	García Adriana Hidalgo Alberto	DI-01-01

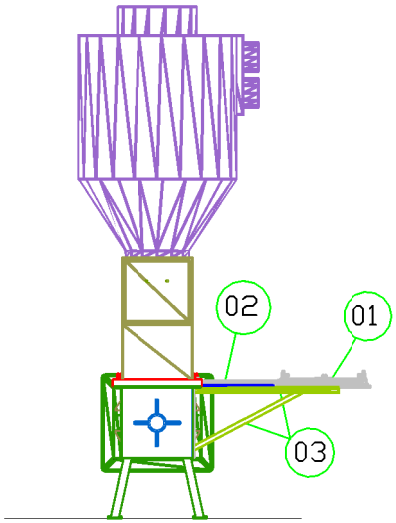




VISTA A-A



CORTE C-C



VISTA B-B

08	COMPUERTA DEL COLECTOR	01	GALVANIZADO	--
07	PUERTA DE LA COMPACTADORA	01	--	--
06	CILINDRO HIDRAULICO	01	--	PRENSA
05	SENSOR INDUCTIVO FERRICO	01	--	871TM-IF8NP30-H2
04	SENSOR DE NIVEL	01	--	871TM-IN5NP18-H2
03	Soporte de pared reforzado - SCANDIC	02	GALVANIZADO	--
02	RIEL 3" x1050mm	02	H.P	--
01	CICILINDRO NEUMÁTICO	01	--	DNC-32-510-PPV-A
Número	Denominación	Cantidad	Material	Observaciones

PROYECTO:
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN, CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.

AREA DE LA PLANTA:
ALUMINIO

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

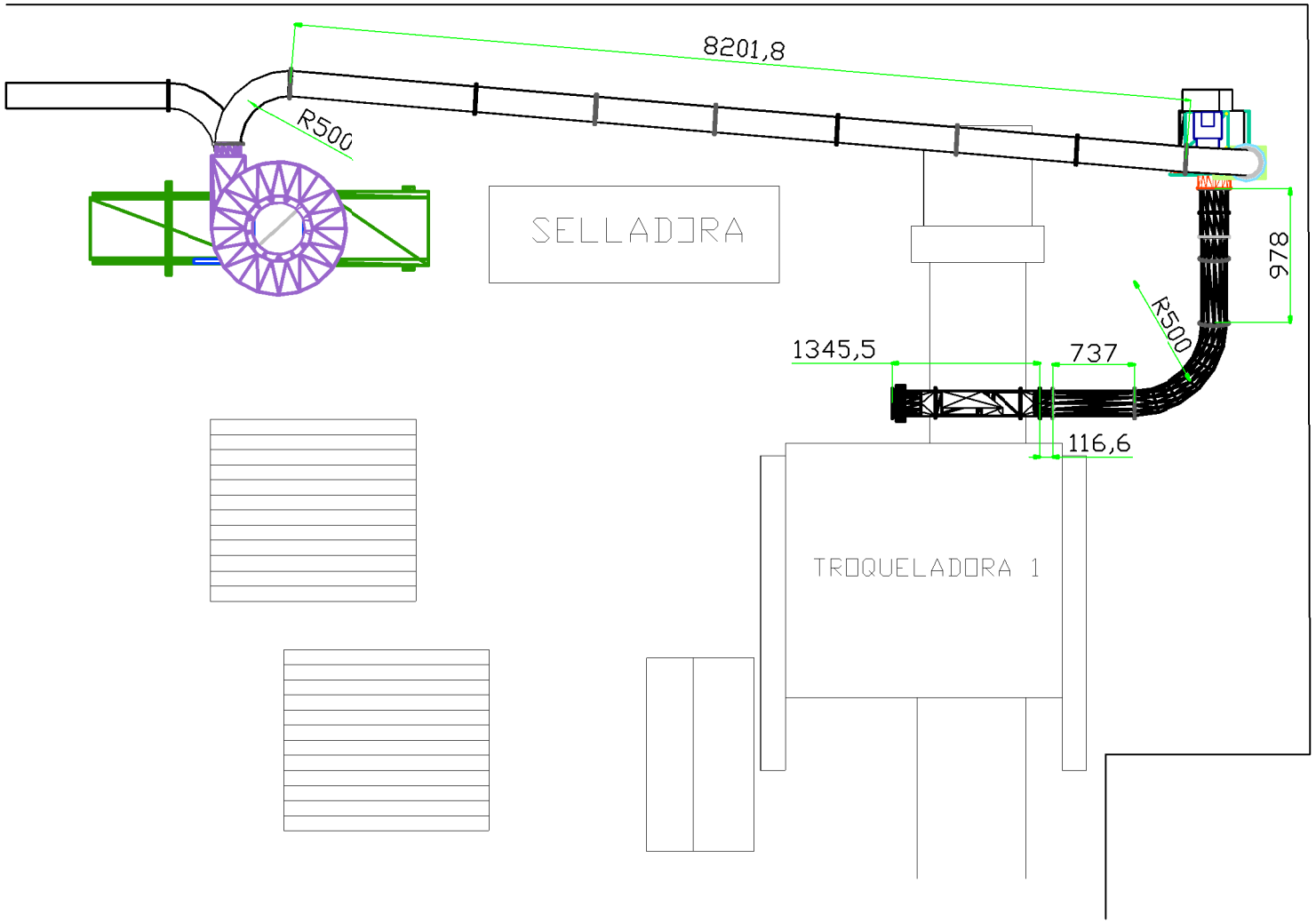
ELABORADO POR:
GARCÍA ADRIANA
HIDALGO ALBERTO

ESCALA: ---

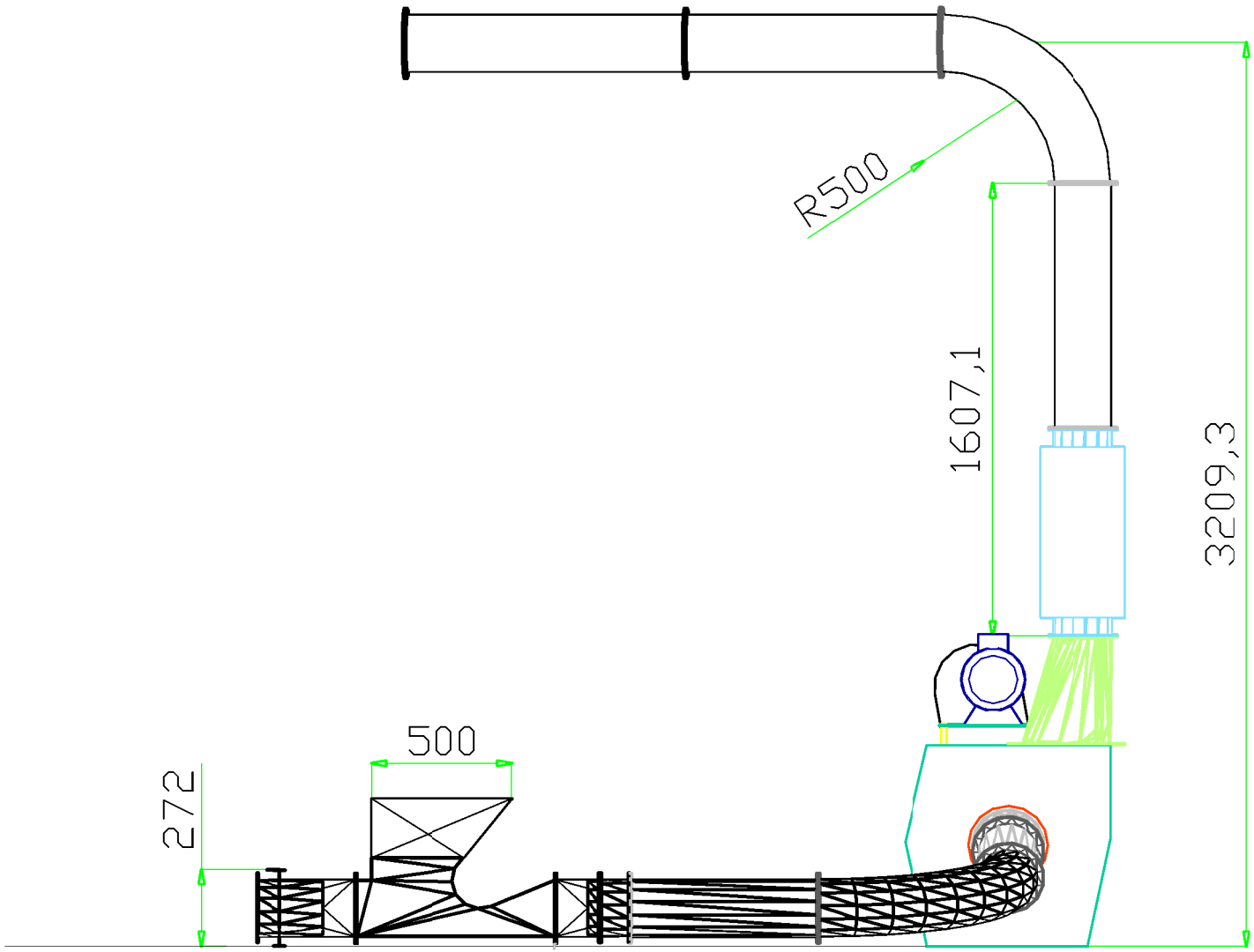
CONJUNTO ARMADO

FECHA: AGOSTO-08

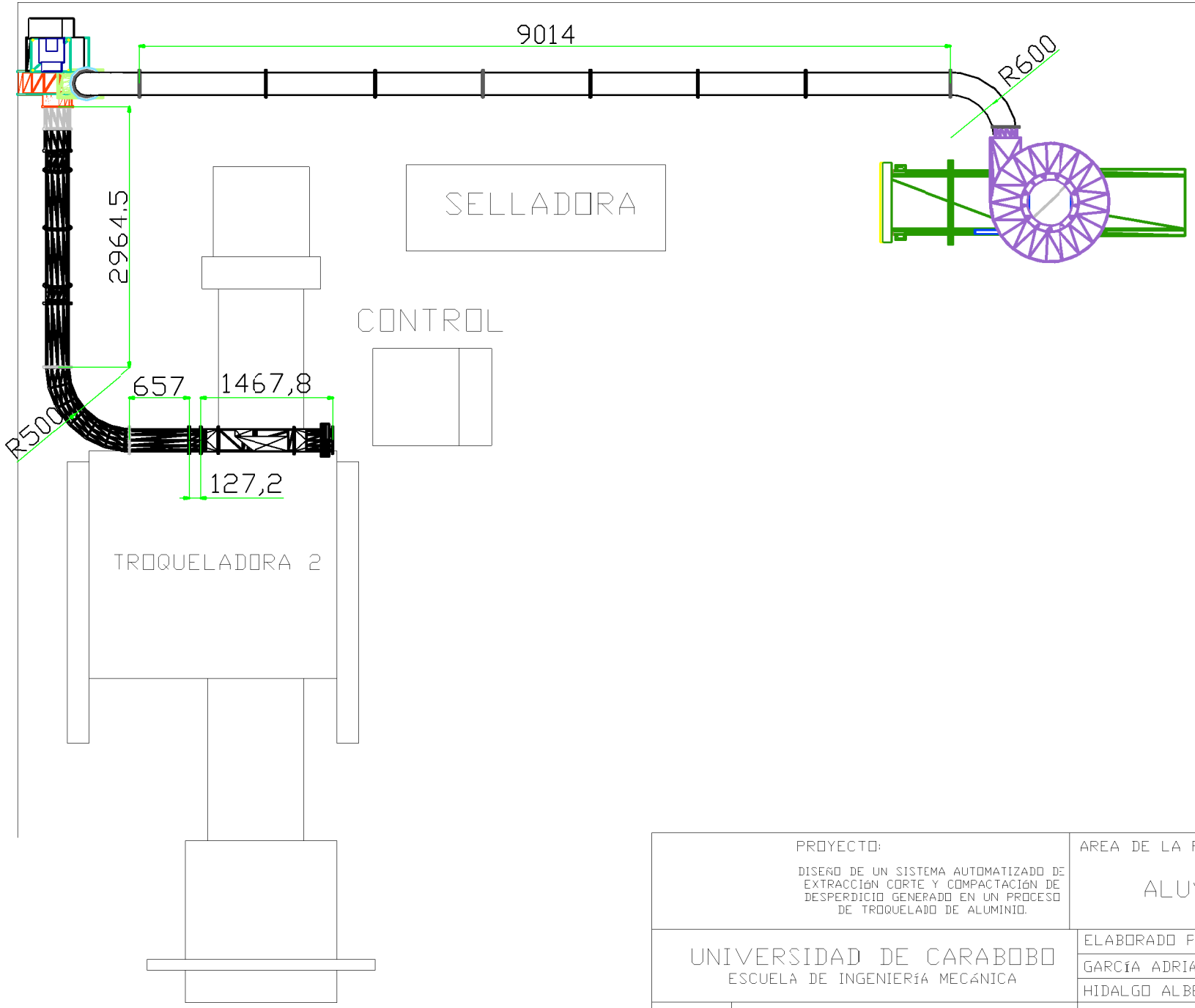
PLANO: A-02



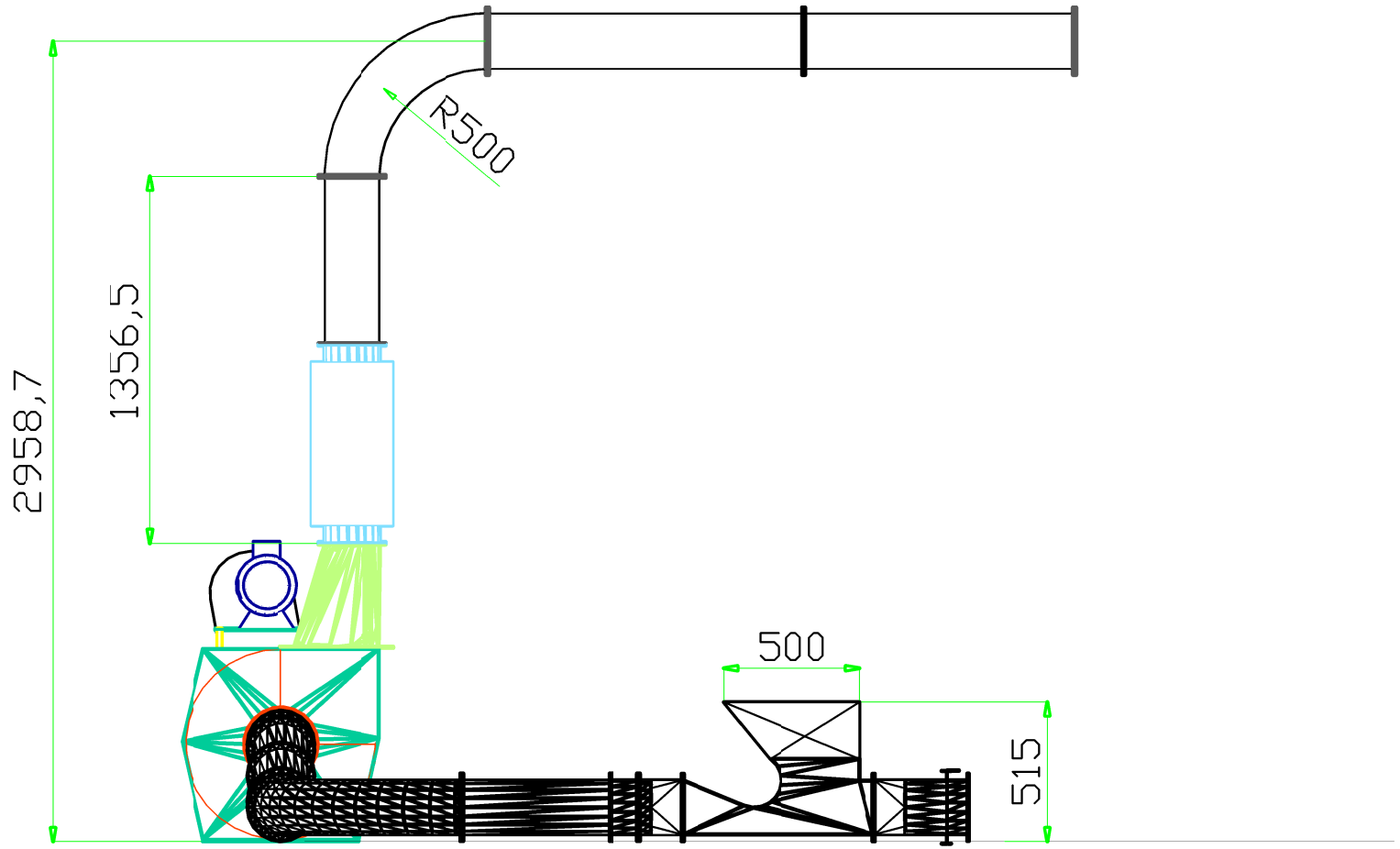
	PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.	AREA DE LA PLANTA: ALUMINIO
UNIVERSIDAD DE CARABOBO ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		ELABORADO POR: GARCÍA ADRIANA HIDALGO ALBERTO
ESCALA: ---	LONGITUD DE TUBERÍAS TROQUELADORA I	FECHA: AGOSTO-08 PLANO: A-03



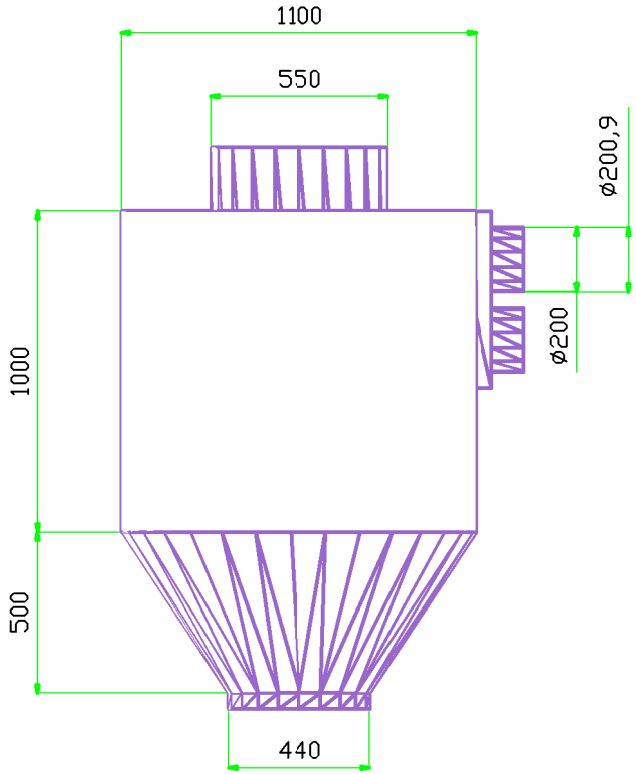
	PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.	AREA DE LA PLANTA: ALUMINIO
UNIVERSIDAD DE CARABOBO ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		ELABORADO POR: GARCÍA ADRIANA HIDALGO ALBERTO
ESCALA: ---	LONGITUD DE TUBERÍAS TROQUELADORA I	FECHA: AGOSTO-08 PLANO: A-04

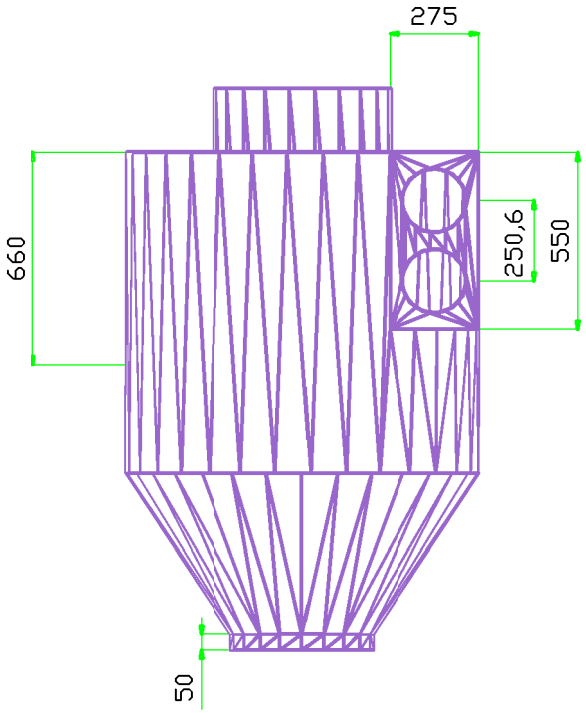


PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.	AREA DE LA PLANTA: ALUMINIO
UNIVERSIDAD DE CARABOBO ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	ELABORADO POR: GARCÍA ADRIANA HIDALGO ALBERTO
ESCALA: ---	LONGITUD DE TUBERÍAS TROQUELADORA II
	FECHA: AGOSTO-08
	PLANO: A-05



	PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.	AREA DE LA PLANTA: ALUMINIO
UNIVERSIDAD DE CARABOBO ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		ELABORADO POR: GARCÍA ADRIANA HIDALGO ALBERTO
ESCALA: ---	LONGITUD DE TUBERÍAS TROQUELADORA II	FECHA: AGOSTO-08 PLANO: A-06





01	CICLÓN	01	ACERO GALVANIZADO	ESPESOR 0,9 mm
Número	Denominación	Cantidad	Material	Observaciones

PROYECTO:
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.

AREA DE LA PLANTA:
ALUMINIO

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

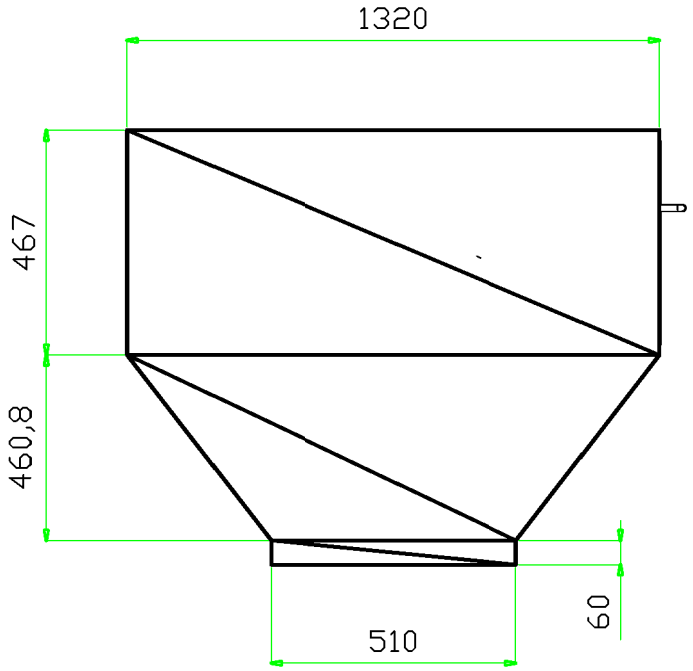
ELABORADO POR:
GARCÍA ADRIANA
HIDALGO ALBERTO

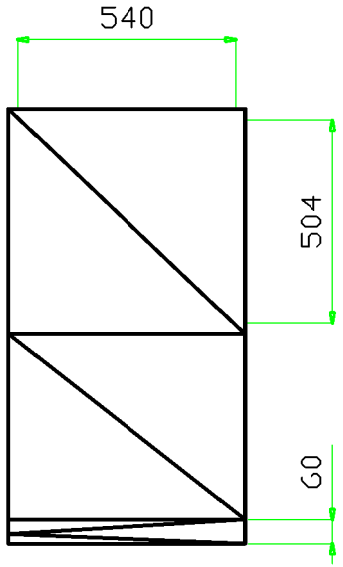
ESCALA: ---

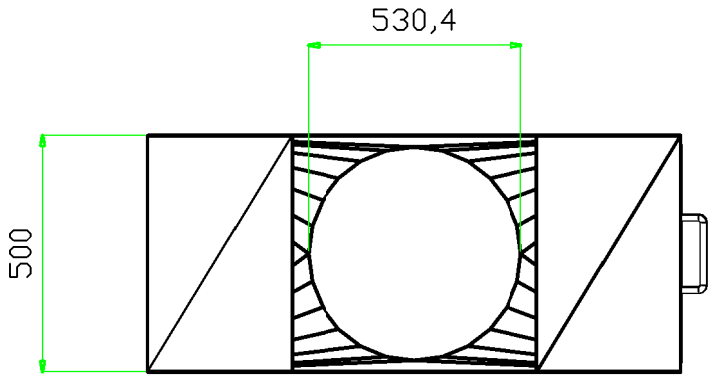
DIMENSIONES DEL CICLÓN

FECHA: AGOSTO-08

PLANO: A-07







01	COLECTOR	01	ACERO GALVANIZADO	ESPESOR 0,9 mm
Número	Denominación	Cantidad	Material	Observaciones

PROYECTO:

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.

AREA DE LA PLANTA:

ALUMINIO

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

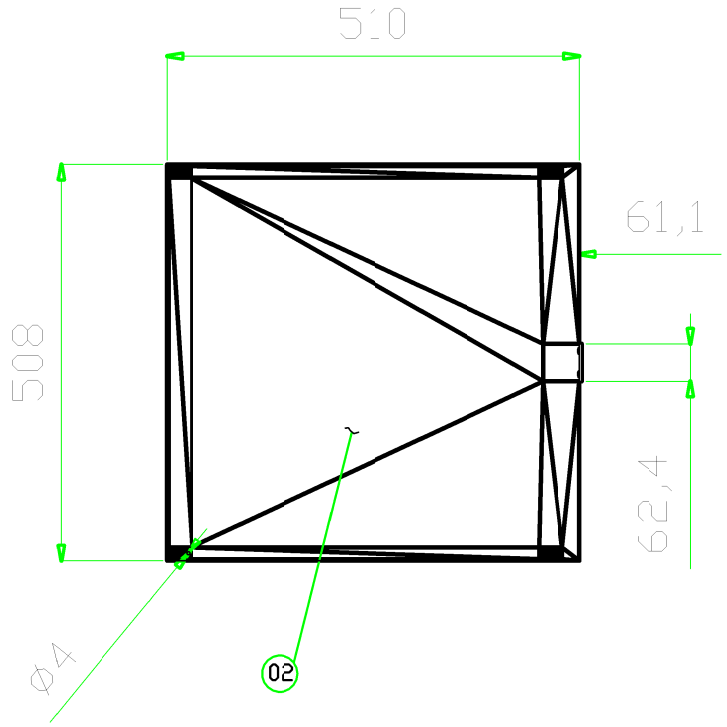
ELABORADO POR:
GARCÍA ADRIANA
HIDALGO ALBERTO

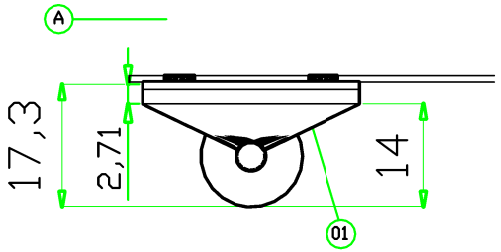
ESCALA: ---

DIMENSIONES DEL COLECTOR

FECHA: AGOSTO-08

PLANO: A-08





02	CHAPA ESP. 0.9mmX510mmX508mm	01	ACERO GALVANIZADO	-----
01	RUEDA CON PLETINA	04	POLIPROPILENO	PLETINA DE ACERO
Número	Denominación	Cantidad	Material	Observaciones

PROYECTO:

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.

AREA DE LA PLANTA:

ALUMINIO

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

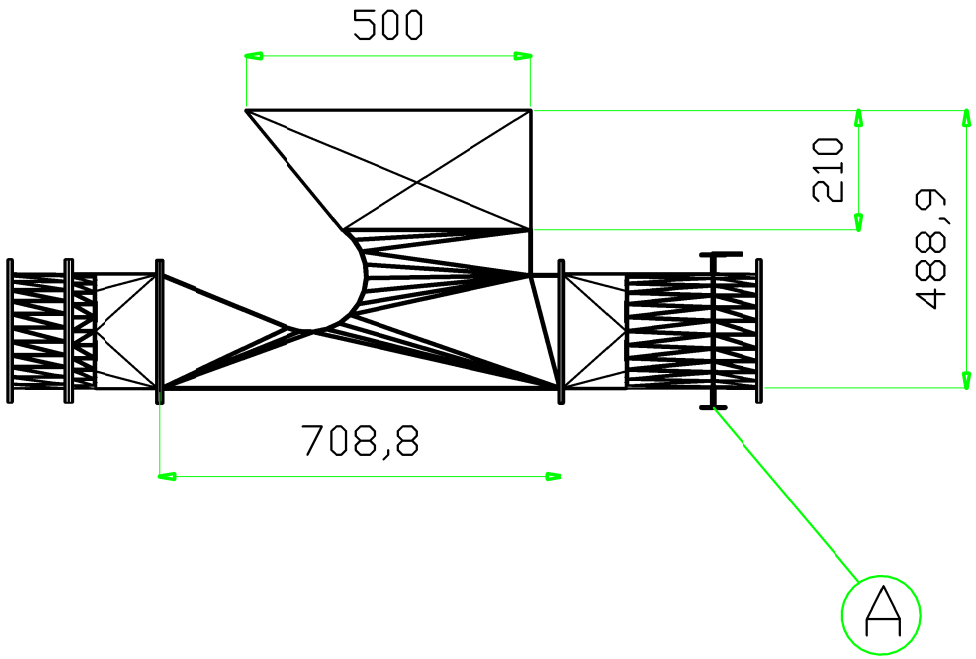
ELABORADO POR:
GARCÍA ADRIANA
HIDALGO ALBERTO

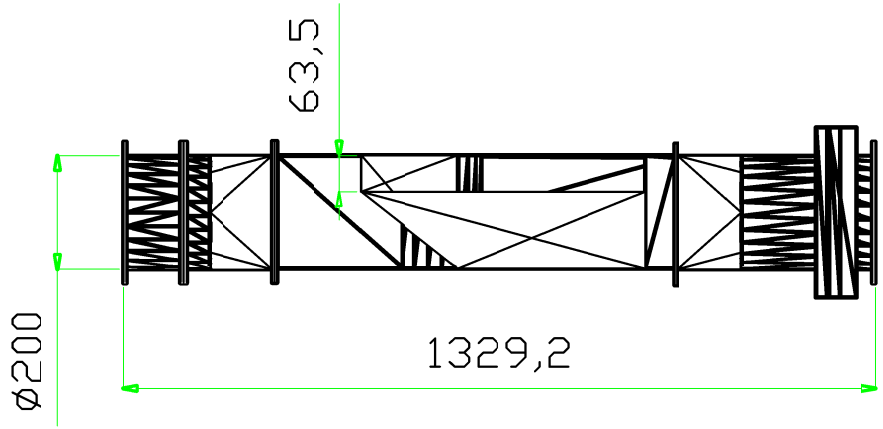
ESCALA: ---

COMPUERTA DEL COLECTOR

FECHA: AGOSTO-08

PLANO: A-09





A	VA_VULA DE ENTRADA DE AIRE	01	GALVANIZADO	--
Número	Denominaciór	Cantidad	Material	Observaciones

PROYECTO:
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN CORTE Y COMPACTACIÓN DE DESPERDICIO GENERADO EN UN PROCESO DE TROQUELADO DE ALUMINIO.

AREA DE LA PLANTA:
ALUMINIO

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ELABORADO POR:
GARCÍA ADRIANA
HIDALGO ALBERTO

ESCALA: ---

CAMPANA DE SUCCIÓN

FECHA: AGOSTO-08

PLANO: A-10

APÉNDICE B
TABLAS Y FIGURAS

Tabla B-1. Densidad promedio de distintos materiales usuales transportados reumáticamente.

SUSTANCIA	ESTADO	CLASE	DENSIDAD PROMEDIO		ANGULO DE DESLIZ
			(Kg/m^3)	(Lbs/pie^3)	
Sodio, sulfato	Fino		1409	88	31
Sodio, nitrato	Granular		1089	68	24
Sodio,	Polvo				
Carbonato	Semilla		640	40	
Sorgo			550	34	
Sosa	Granos		775	48	
Soya	Granulado		1129	64	35
Superf. Triple	Granulado		1129	64	35
Superfosfato	Polvo		946	59	35
	Molido, fino		961	60	
Talco	Sólido	A27	2683	168	
	Salvado	B26	282	16	
Trigo	Harina	A16S	600	38	
	Semilla		680	43	
	Triturado	C16S	738	46	
Urea			740	46	
Vidrio	Triturado		1250	88	
Viruta	Pesada		423	24	
	Ligera		159	9	
Yeso	Triturado 1”	D27	1522	95	
	Calc. En polvo	A37	1123	70	
	Calcinado ½”	C27	921	58	40
Zinc	Mineral		2480	155	
	Oxido		440	27	
	Sulfato		1080	67	

Fuente: Rachadell y Gómez. (2001)

Tabla B-2. Especificaciones del ventilador troceador.

DATOS DE PLACA DEL MOTOR	
Potencia	4 kW.
Velocidad de giro	1430 RPM
Voltaje y Amperaje	230/13,5 400/7,75
Hz	50
Φ	0,87
Marca	New Aerodinamica
DATOS DE PLACA DEL MOLINO	
Marca	New Aerodinamica
Año de construcción	2004
Modelo	CH 45 RDO
Descripción	Strappatore
Nº de matricula	04-0107
Numero de Alabes	6

Fuente: Datos de placa del ventilador.

Tabla B-3. Factor de Corrección por altitud y temperatura.

Altitude & temperature correction factors

Air Temp. (F.)	ALTITUDE (Feet)									
	0	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
0°	.87	.91	.92	.94	.96	.98	.99	1.01	1.03	1.05
70	1.00	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20
100	1.06	1.10	1.12	1.14	1.16	1.19	1.21	1.23	1.25	1.28
120	1.09	1.14	1.16	1.18	1.20	1.23	1.25	1.28	1.30	1.32
140	1.13	1.18	1.20	1.22	1.25	1.27	1.29	1.32	1.34	1.37
160	1.17	1.22	1.24	1.26	1.29	1.31	1.34	1.36	1.39	1.42
180	1.21	1.26	1.28	1.30	1.33	1.36	1.38	1.41	1.43	1.46
200	1.25	1.29	1.32	1.34	1.37	1.40	1.42	1.45	1.48	1.51
250	1.34	1.39	1.42	1.45	1.47	1.50	1.53	1.56	1.59	1.62
300	1.43	1.49	1.52	1.55	1.58	1.61	1.64	1.67	1.70	1.74
350	1.53	1.59	1.62	1.65	1.68	1.72	1.75	1.78	1.81	1.85
400	1.62	1.69	1.72	1.75	1.79	1.82	1.85	1.89	1.93	1.96
450	1.72	1.79	1.82	1.86	1.89	1.93	1.96	2.00	2.04	2.08
500	1.81	1.88	1.92	1.96	1.99	2.03	2.07	2.11	2.15	2.19
550	1.91	1.98	2.02	2.06	2.10	2.14	2.18	2.22	2.26	2.30
600	2.00	2.08	2.12	2.16	2.20	2 24	2.29	2.33	2.38	2.42
650	2.10	2.18	2.22	2.26	2.31	2.35	2.40	2.44	2.49	2.54
700	2.19	2.27	2.32	2.36	2.41	2.46	2.50	2 55	2.60	2.65
750	2.28	2.37	2.42	2.47	2.51	2.56	2.61	2.66	2.71	2.76
800	2.38	2.48	2.52	2.57	2.62	2.66	2.72	2.76	2.81	2.86

Fuente: Núñez F. y Lorenzo O. (2001)

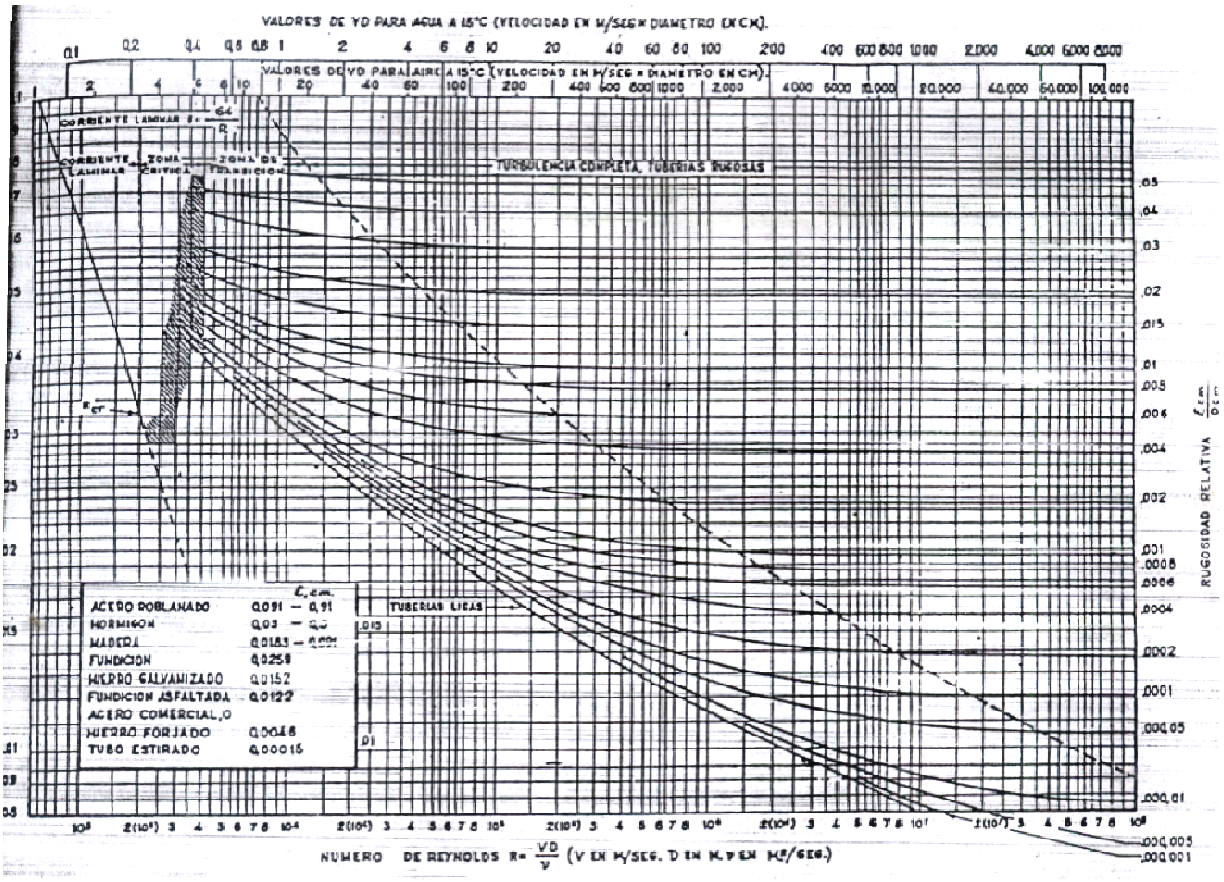


Figura B-1. Diagrama de Moody. Fuente: Goodfellow, H. y Tähti, E. (1992)

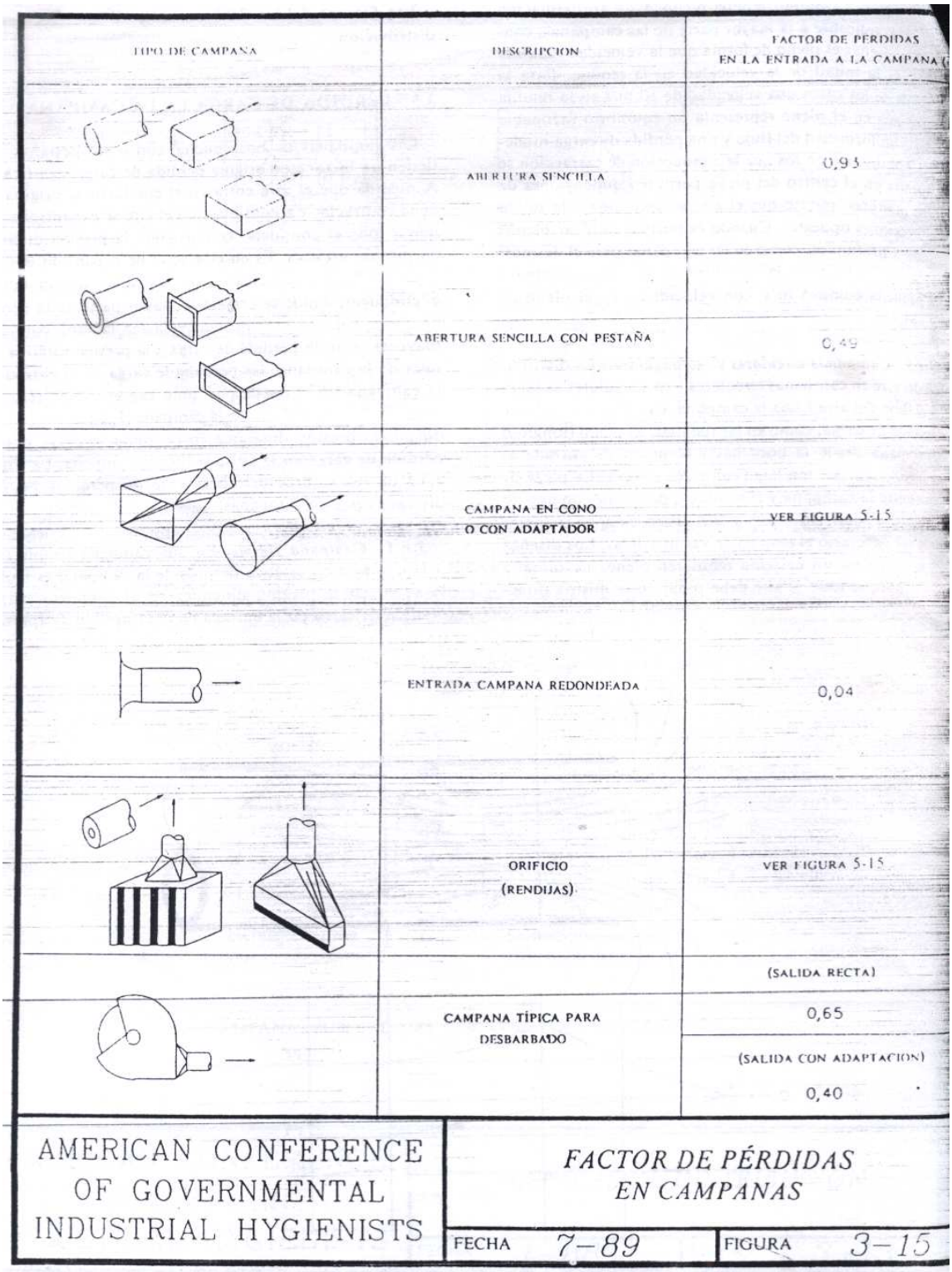
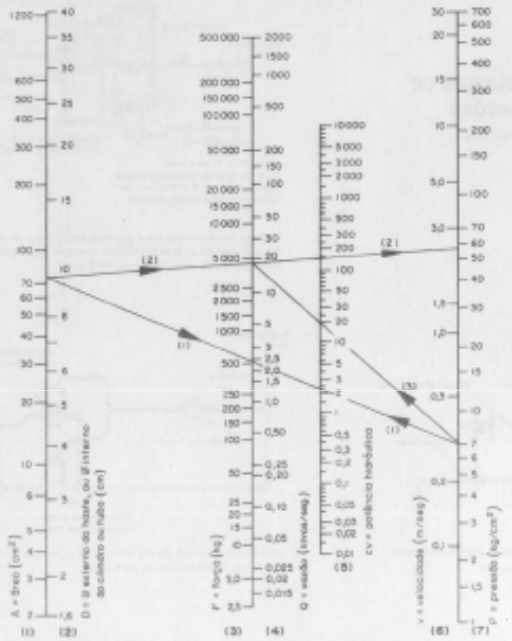
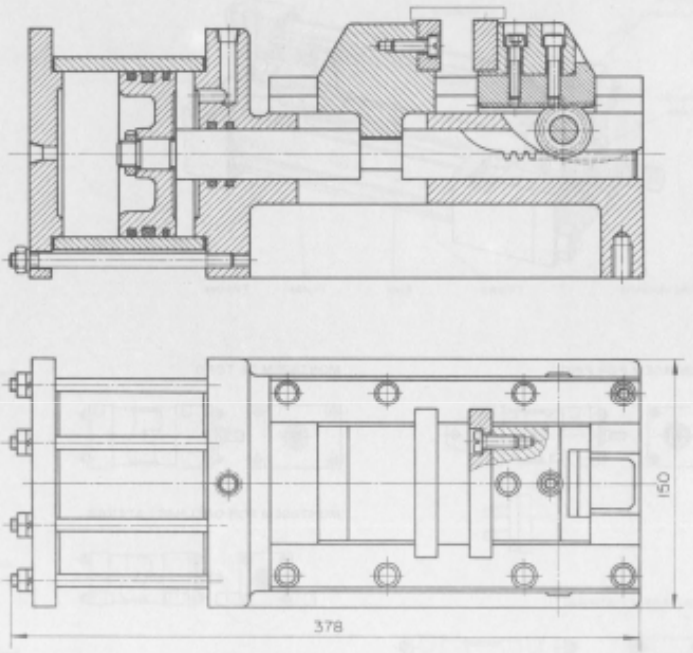


Figura B-2. Factor de Pérdidas en Campanas.
Fuente: Goodfellow, H. y Tähti, E. (1992)

CILINDROS PNEUMÁTICOS OU HIDRÁULICOS

CÁLCULO DA ÁREA, FORÇA, VELOCIDADE E POTÊNCIA





Este nomograma permite determinar rapidamente:

1 – Área efetiva de um cilindro (área da secção interna menos a área da haste = 0,7854 ($D^2 - d^2$).

2 – Força desenvolvida por um cilindro pneumático ou hidráulico (área efetiva x pressão).

3 – Velocidade de um líquido no cilindro (ou cano).

4 – Potência teórica desenvolvida por um cilindro (ou exigida por uma bomba).

Problema: O fluido, 20 l/seg a 7 kg/cm², flui em um cilindro de 11,5 cm Ø$_i$ com um tirante de 5,7 cm Ø. Qual a área efetiva (A), força desenvolvida (B), velocidade (C) e potência (D) ?

Soluções: Acompanhar as escalas do nomograma.

A – No escala 2, à esquerda de 11,5 e 5,7 da escala 1, encontramos 100 cm² e 26 cm², respectivamente. A área efetiva é, portanto, de 100 – 26 = 74 cm²

B – Alinhando 74 na escala 1 com 7 na escala 7, encontramos a resposta na escala 3, 540 kg de força desenvolvida.

C – Alinhando 74 na escala 1 com 18 na escala 4, encontramos na escala 6, que a velocidade é de 2,4 m/seg.

D – Alinhando 18 na escala 4 com 7 na escala 7, encontramos na escala 5, que a potência é de 17,5 cv.

Figura B-3. Nomograma para determinar las características de cilindros neumáticos. Fuente: Provenza, F. (1996)

APÉNDICE C
COTIZACIONES

IMPORT IMPORT, C.A.
R.I.F.: J-07549741-4
N.I.T.: 0016206148

Rockwell Automation
Distribuidor Autorizado
Allen-Bradley

Cotización: 1095
Página: 1/1
Fecha Emisión: 04/08/2008
Fecha Entrega: 04/08/2008

Cliente: 00031 MOLDEADOS ANDINOS, C.A.
R.I.F.: J008537630 N.I.T.: 0017323822
Dirección: ZONA INDUSTRIAL SUR AVENIDA DOMINGO OLAVARRIA
Teléfonos: 241-8325633 FAX:
Transporte: CRET CLIENTE RETIRA LA MERCANCIA
Dir. Ent.:

Solicitud de Cotizacion:

Condic. Pago: CONTADO
Vendedor: 13
DANIEL E. ARRAIZ VELOZ
E_Mail:

Celular:

Reng	Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Neto Bs.F.
1	871TM-DF8NP30-H2	SWITCH, PROXIMITY	1.00	880.00	880.00
2	440P-MARS11N5	METAL ROD LEVER	1.00	452.00	452.00
3	802T-W3	LEVER	1.00	100.00	100.00
4	9324-RL0100ENE	RSLOGIX 500 STARTER (ENGLISH) CD-ROM	1.00	2,240.00	2,240.00
5	1762-L24BWA	MICROLOGIX 1200, 24 PT.	1.00	1,748.00	1,748.00
6	800FP-P3PN3G	800F PILOT LIGHT, PLASTIC	1.00	66.40	66.40
7	800FP-MT44PX01S	800F NONILLUMINATED MUSHROOM OPERATORS	1.00	97.60	97.60
8	800FP-E4PX01	800F MOMENTARY PUSH BUTTON - PLASTIC, EXTENDED	1.00	41.20	41.20
9	800L-18L24R	INDICATOR LIGHT, PLASTIC, 18 MM, LED	1.00	120.00	120.00

Quien suscribe en nombre de: _____ manifiesto que estoy de acuerdo con las especificaciones tecnicas del equipo arriba descrito y conforme con las condiciones de ventas señaladas.

_____
Recibe Conforme:

Condiciones Comerciales:

1.- Este material fue calculado a una tasa de cambio de Bs. 2.150,00 por Dolar Americano. Tasa del BCV
2.- Nuestros productos son 100 % importados.
3.-Validez de la Oferta (Cinco) 5 dias.
4.- Garantia: De acuerdo a la otorgada por el fabricante.
5.- Tèrminos Generales: Aplican nuestros Tèrminos y Condiciones Generales de Venta a ser enviados bajo requerimiento del comprador.

Total Bs.F.: 5,745.20

- El IVA no esta calculado en esta cotizacion. -

FESTO

MOLDEADOS ANDINOS, C.A.
ZONA IND. SUR AV. DOMINGO
OLAVARRIA.
VALENCIA - Carabobo
RIF: J-00853763-0

Orden de Compra:	Contacto: ADRIANA GARCIA

Asesor	Teléfono	Fax:
ANA KARINA SEQUERA MOURET	041-8325633	

Forma de entrega:	Condición de pago:
Condición general	CREDITO A 30 DIAS

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 1 CILINDRO DOBLE DNC- 32- 510-PPV-A Plazo de Entrega: 6 Días hábiles	163304	675,77	1 PZ	675,77
Item 2 SENSOR DE PROXI SME-8-K-LED-24 Plazo de Entrega: 4 Días hábiles	150855	134,61	2 PZ	269,22
Item 3 PIEZA DE ACOPLA KSG-M10X1,25 Plazo de Entrega: 1 Día hábile	32963	217,01	1 PZ	217,01
Item 4 FIJ. MONT. P/ P HNC-32 Plazo de Entrega: 1 Día hábile	174369	58,18	1 PZ	58,18
Item 5 ELECTROVALVULA MFH-5-1/8 Plazo de Entrega: 1 Día hábile	9982	256,63	1 PZ	256,63

Cotización
11611428

Fecha:
01/08/2008

Validez:
08/08/2008

No. de cliente:
27000985

Festo VE-Valencia

Av. Arturo Michelena.
Valencia
Venezuela
Tel.: 0058 (0241) 8324936
Fax.: 0058 (0241) 8324462

Festo VE-Maracaibo

Avenida 23 con calle 71 No. 22-6
Maracaibo
Venezuela
Tel.: 0058 (0261) 7594120
Fax.: 0058 (0261) 7590455
RIF.: J30289210
www.festo.com.ve

FESTO

MOLDEADOS ANDINOS, C.A.
ZONA IND. SUR AV. DOMINGO
OLAVARRIA.
VALENCIA - Carabobo
RIF: J-00853763-0

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 6 BOB. MAGNÉTICA MSFG-24DC/42AC Plazo de Entrega: 1 Día hábile	4527	50,76	1 PZ	50,76
Item 7 RACOR RAPIDO QS -1/8-6 Plazo de Entrega: 1 Día hábile	153002	8,40	3 PZ	25,20
Item 8 SILENCIADOR C/R U -1/8 Plazo de Entrega: 1 Día hábile	2307	23,90	2 PZ	47,80
Item 12 TUBO FLEXIBLE PUN-H-6X1 BL Plazo de Entrega: 1 Día hábile	197384	5,81	5 M	29,05
Item 13 FILTRO REG.C/MA LFR-1/8-D-MINI Plazo de Entrega: 1 Día hábile	159630	256,94	1 PZ	256,94
Item 14 CARTUCHO FILTRA LFP-D-MINI-5M Plazo de Entrega: 1 Día hábile	159640	21,94	1 PZ	21,94
Item 15 REGULADOR DE CA GRLA-1/8-QS-6-RS-B Plazo de Entrega: 1 Día hábile	162965	81,77	2 PZ	163,54

Cotización
11611428

Fecha:
01/08/2008

Validez:
08/08/2008

Página:
2 de 3

No. de cliente:
27000985

Festo VE-Valencia

Av. Arturo Michelena.
Valencia
Venezuela
Tel.: 0058 (0241) 8324936
Fax.: 0058 (0241) 8324462

Festo VE-Maracaibo

Avenida 23 con calle 71 No. 22-6
Maracaibo
Venezuela
Tel.: 0058 (0261) 7594120
Fax.: 0058 (0261) 7590455
RIF.: J30289210
www.festo.com.ve

FESTO

MOLDEADOS ANDINOS, C.A.
ZONA IND. SUR AV. DOMINGO
OLAVARRIA.
VALENCIA - Carabobo
RIF: J-00853763-0

Sub Total		2.072,04
IVA	9,00 %	186,48
Total		2.258,52
DOS MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y OCHO BOLIVARES FUERTES (Bs.F.) CON CINCUENTA Y DOS 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.

Cotización
11611428

Fecha:
01/08/2008

Validez:
08/08/2008

Página:
3 de 3

No. de cliente:
27000985

Festo VE-Valencia

Av. Arturo Michelena.
Valencia
Venezuela
Tel.: 0058 (0241) 8324936
Fax.: 0058 (0241) 8324462

Festo VE-Maracaibo

Avenida 23 con calle 71 No. 22-6
Maracaibo
Venezuela
Tel.: 0058 (0261) 7594120
Fax.: 0058 (0261) 7590455
RIF.: J30289210
www.festo.com.ve

NEW AERODINAMICA S.r.l.

PROGETTAZIONE, COSTRUZIONE ED INSTALLAZIONE IMPIANTI
DI ASPIRAZIONE SCARTI DI PRODUZIONE E FILTRAZIONE POLVERI

To
Molded Andean C.A. "Molanca
Venezuela

To the kind attention of:
Mr. HIDALGO

Casazza, 05/03/08

- OFFER NR. : 059/08

- OBJECT : ALUMINIUM SCRAP RECLAIMING PLANT

- FOLLOWED BY : Mr. RADAELLI

Total of pages nr. 6 (included this one)

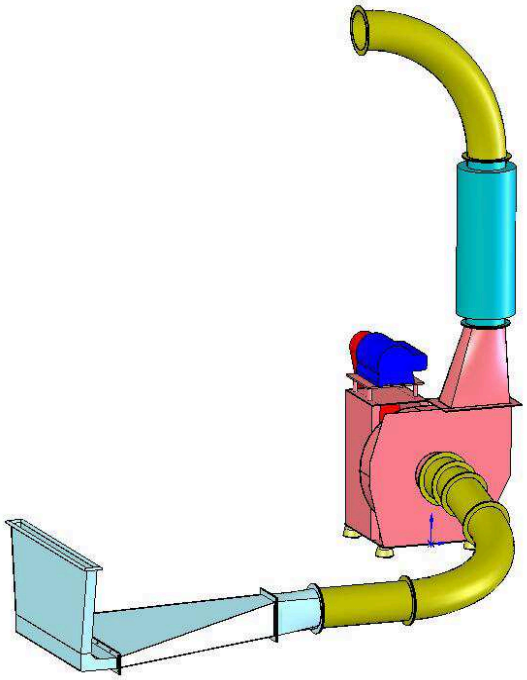
Following to your inquiry, we send you our best offer for the solution of the problem as the object.
According to the information received (drawing, photo…), it is not possible to use a single fan for the both machineries: the two scrap exits are too far each other, and the piping would risk to be clogged. For this reason we suggest you to install an aspirating group completed with an aspirating hood and galvanished sheet steel piping for each troquelladora. The whole system will be connected to a tearing fan model

CH 45

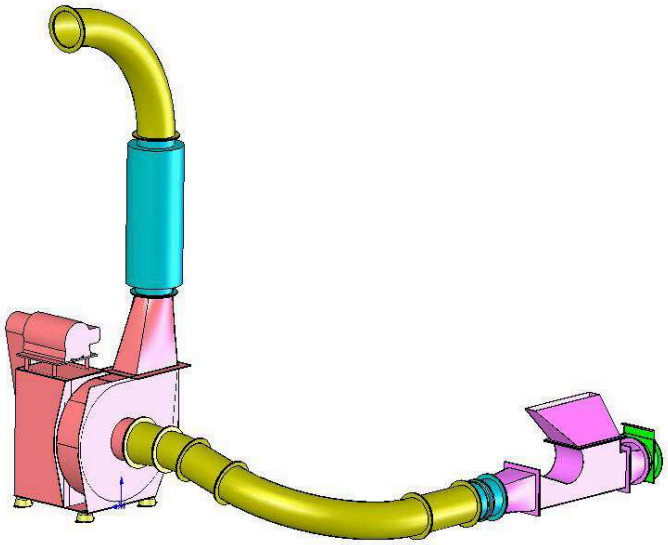
Completed with 4Kw electric motor

It is possible to realize the suction in two different ways, depending on the kind of the machineries:

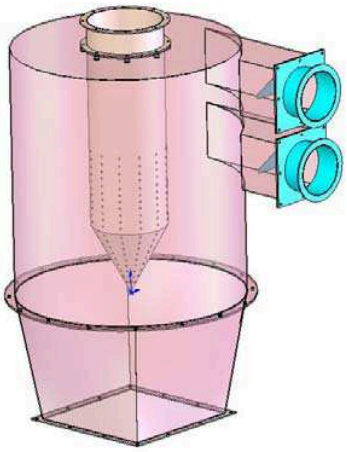
T 130



PR 01



The two fans outlet will be connected to an aerodynamic cyclone positioned on the press; by this way, everything that is aspirated will be cut and automatically packed.



PRICE OF ASPIRATION

- N°1 aerodynamically shaped aspiration hood (please specify T130 or PR01)
- N°1 CH 45 silenced version completed with transmission casing, 4Kw electric motor automatic greaser, impeller with HSS smooth blades, adjustable mouth, outlet reduction, inlet reduction and anti-vibration elements
- N°1 circular Ø200 sound absorber
- Solid galvanised sheet steel iron pipes for the connection between fan and cyclone (10mt + 3 curves)

Total Price 5.880,00 €

As far as the existing fan group is concerned, please inform us about the material that it is made of.

PRICE FOR DISCHARGE PART

- N°1 Aerodynamic cyclone completed with n°2 inlet reductions
- N°1 Discharge cone completed with press connection

Total Price 1.930,00 €

SERVICES

- Surveys on site, start-up assistance and personnel instruction

Daily Price 500,00 €

- Equipment sizing and suitable accessories for a good operation, 3D design work and group drawings of the supply as indicated above

Total Price 900,00 €

YOUR CHARGE

- Wiring and electric material
- Mechanical assembly
- Room, board and transfer Italy-Venezuela-Italy of our technical personnel for assistance.
- Lifting equipment for the assembling operations and apparatus handling
- Mezzi di sollevamento per montaggio e movimentazione apparecchiature
- Everything not specifically mentioned in our offer

SALES CONDITIONS

• GOODS CONSIGNMENT	Ex-our warehouse
• VAT	At your expense
• DELIVERY	6 weeks from drawing approval
• PAYMENT	30% at the order by credit letter 70% at advice of goods ready by credit letter
• OFFER VALIDITY	3 months

We remain at your disposal for any clarification or necessity, and take this opportunity to send our best regards.

NEW AERODINAMICA SRL

NEW AERODINAMICA S.r.l. GENERAL SALES CONDITIONS

Our supplies are exclusively made on the following general sales conditions; any clause or condition established by the purchaser is null and without affect with regard to ourselves, if we do not accept the same in writing beforehand.

1 - Proposals, confirmations, advance payments. The signing of the purchase proposal by the purchaser is irrevocably binding for this latter, while the seller has the unquestionable faculty of accepting or refusing the same, with the obligation of returning the sum paid in advance only if the proposal is rejected. Order confirmations must be accompanied by the prescribed advance payment. The payment made remains acquired by the seller as indemnity in the case where the order is revoked by the purchaser, excepting any greater damage. Advance payments never bear interest.
2 - Prices. The prices are understood to be net of V.AT. and for consignment ex Casazza (BG), except in the case of offers including transport.
3 - Delivery.
a) The delivery of the goods is understood to be at our headquarters at Casazza (BG), except for offers of goods consigned ex-destination.
b) The delivery term is stated purely as a guide: the seller does not incur any sanction if the goods are sent after the aforementioned term.
c) Delivery is understood to be executed to all effects with the sole communication that the goods sold are at the disposal of the purchaser; or when they have been consigned to the carrier for sending on to the destination. All the risks and inherent costs remain the responsibility of the purchaser from the moment of delivery.
d) For the collection of the goods by the purchaser, the essential and peremptory term of 10 days from being made available is established. If collection is not made within this term, the seller has the faculty of considering the contract to be cancelled due to purchaser non-fulfilment with all the legal consequences and the advance payment will be acquired by the seller as indemnity, without affecting greater damage.
e) 15 days after the communication that the goods are ready, the same will be invoiced, remaining at your disposal in our warehouse.
f) At 40 days from the communication that the goods are ready, the sum of 50.00 € will be charged per day, starting from the same date as a contribution to storage.
4 - Payments. Payments are understood to be made at the seller's headquarters. Late payment automatically leads to the purchaser being charged with default interest to the extent of the rate in force + 2 percentage points. Failure to make payment within the established contractual terms will relieve NEW AERODINAMICA Srl from any guarantee obligation and will give the same the right to demand the immediate payment of the entire price still due, without the need for a judicial sentence, with the purchaser losing the benefit of the term for any still due instalments which will thus become immediately collectible with full right; or the immediate rightful cancellation of the contract with the application of the reserved dominion clause and with the obligation of the purchaser to return the machines supplied.
5 - Shipments. Shipments are made on the behalf, risk and at the expense of the purchaser.
6 – Assembly and Testing. The purchaser must provide the technical personnel with the conditions to perform continuous work and must provide the same with the labour, assistance and working means necessary. The purchaser must also arrange a suitable room for safekeeping the material and tools considered necessary in deposit on his premises. The positive test must take place no later than 30 days from the conclusion of the mechanical assembly. If the assembly is not completed (failure to ultimate the works by the purchaser, or other events not attributable to NEW AERODINAMICA Srl) in the first established period, this will lead to extra expenses for travel, board and lodge and daily allowances, independently of the agreed contract.
The same treatment will be applied in the case of a test request and the impossibility of completing the same. The material necessary for changing the system during testing and/or within twelve months from delivery, due to malfunctioning of the same, will be consigned under guarantee, while the labour, travel, board, lodge and daily allowances remain at the purchaser's expense, both if the system is installed by our technical personnel or by the purchaser's personnel.
7 – Construction modifications. There is no obligation to make the modifications applied successively to ordering to products already constructed, or being constructed, destined for the purchaser. Requests for modifications, accessories and extra services not better defined in the negotiations for the system, received successively to the order will give rise to an unquestionable price increase.
8 - Guarantee. The new machinery and equipment are guaranteed for a maximum of twelve months consecutive to the date of delivery via replacement or free repair, at the constructor's choice, for fabricated parts found to be defective following discovery by the purchaser. The following conditions are excluded from the guarantee: defects and faults due to negligent maintenance, wrong operations, failure to observe the maintenance instructions by the purchaser, normal wear, and in particular, the machine parts normally subject to periodical replacement. For components supplied by other producers, the guarantee will only be recognised within the limits granted by the producers themselves. The costs of labour, travel, board and lodge and daily allowances shall be paid by the purchaser, unless different agreements are mentioned in the sales contract.
The guarantee shall cease before the twelve months if the machines are entrusted to mechanics or operators not sufficiently reliable or not officially authorised by NEW AERODINAMICA Srl.
In none of the foreseen cases may the purchaser claim contract resolution or compensation for damages for the period in which the machine is idle.
Unless other written agreements are made, no guarantee is granted for used machines and in any case, if one is granted, any parts requiring replacement will be replaced with other used or reconditioned parts.
9 - Complaints. Any complaints and contestations by the purchaser must be communicated to NEW AERODINAMICA Srl by registered letter within eight days of the conclusion of the mechanical assembly, in order to be considered. No complaint, protest or report of faults can entitle the purchaser to suspend or delay payments.
10 - Insurance. The purchaser must cover the supplies with insurance of adequate value against all risks, in favour of the seller, until the total extinction of the payment (unless different agreements are made); failing this, the contract will be cancelled due to his blame.
11 - Recompense. No recompense for damages is foreseen for production losses deriving from the stoppage of the equipment and/or of the system supplied during the wait and execution of the works, if conducted under guarantee or for payment.
12 – **Competent court.** The Court of Bergamo is exclusively elected for any contestation anyway depending on this contract.

The above mentioned general sales conditions are understood to be tacitly and fully accepted by the purchaser by the sole fact of making the order.

NEW AERODINAMICA SRL

ANEXOS

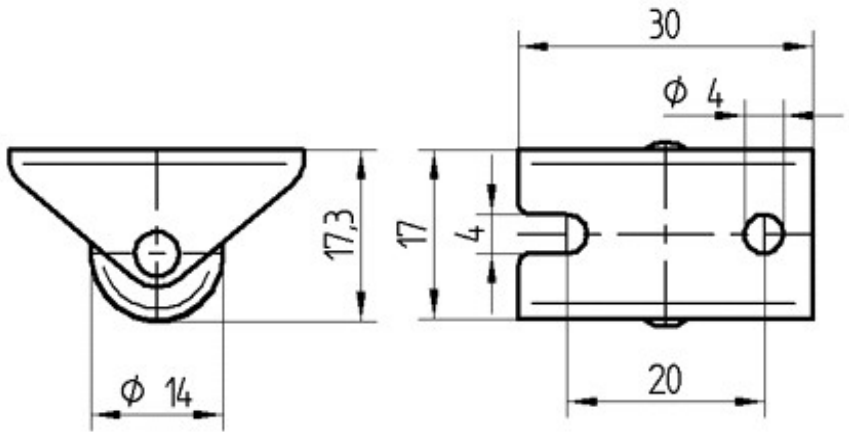
Datos técnicos

2198POI014P60-30x17

EAN 4031582030044

Rueda fija, Horquilla de chapa de acero, zincado cromado, eje remachado, Núcleo de rueda de polipropileno, buje liso, pletina de fijación

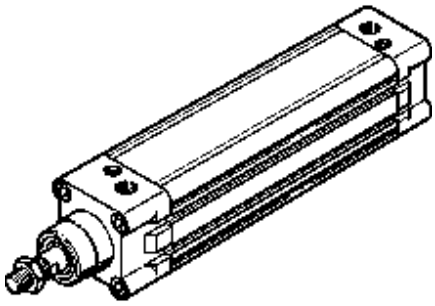
Diámetro de la rueda	14 mm
Ancho de la rueda	14 mm
Medida de pletina	30 x 17 mm
Distancia de agujeros	20 mm
Diámetro de agujero	4 mm
Altura total	17 mm
Temperatura	- 20 / + 60 °C
Norma	EN 12528
Peso de la rueda	0.011 kg
Capacidad de carga	25 kg
Cap. de carga estática	50 kg
Dureza del bandaje	D 65 Shore



© Copyright 2008, TENTE International, www.tente.com, 15/07/2008

Vista detallada

Cilindros normalizados
163302
DNC-32- -



(PDF) Página del catálogo

Según la configuración, los datos técnicos dados en la ficha técnica y los correspondientes accesorios pueden no coincidir exactamente para este producto. Para configurar, colocar primero el producto en la cesta de la compra.

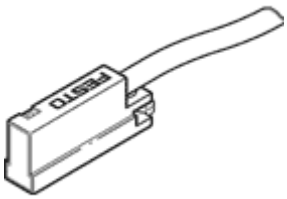
Criterio	**Característica**
Carrera	2 - 2000 mm
Diámetro del émbolo	32 mm
Rosca del vástago	M10x1,25
En base a la norma	ISO 15552 (bisher auch VDMA 24652, ISO 6431, NF E49 003.1, UNI 10290)
Amortiguación	P: elastische Dämpfungsringe/-platten beidseitig
	PPV: pneumatische Dämpfung beidseitig einstellbar
Posición de montaje	indistinto
Construcción	Émbolo
	Vástago

Detección de la posición	ohne
	Para detectores de posición
Variantes	CT: Kupfer- und PTFE-frei
	Bloqueo de posiciones finales: en ambas posiciones finales
	ELH: mit Endlagenverriegelung hinten
	ELV: mit Endlagenverriegelung vorn
	K10: Mayor duración
	K2: prolongación de la rosca exterior del vástago
	K3: vástago con rosca interior
	K5: Rosca especial en el vástago
	K7: Vástago con hexágono exterior
	K8: vástago prolongado
	KP: unidad de bloqueo en el vástago
	Q: vástago cuadrado
	R3: todas las superficies de conexión del cilidnro cumplen los requisitos especificados en la clase de resistencia a la corrosión KBK3 (gran resistencia a la corrosión)
	R8: Protección contra el polvo
	S10: Slow speed (velocidad baja constante)
	S11: baja fricción
	S2: doble vástago
	S20: doble vástago hueco
	S6: juntas resistentes a temperaturas de máximo 150°C
	TT: Tieftemperaturvariante
	V1: válvula monoestable, montada en el lado derecho, vástago retraído en posición normal
	V2: válvula monoestable, montada en el lado derecho, vástago

	avanzado en posición normal
	V3: válvula monoestable, montada en el lado derecho, vástago retraído en posición normal
	V4: válvula monoestable, montada en el lado izquierdo, vástago retraído en posición normal
	V5: válvula monoestable, montada en el lado izquierdo, vástago avanzado en posición normal
	V6: válvula monoestable, montada en el lado izquierdo, vástago retraído en posición normal
	vástago simple
Antigiro/Guía	Vástago cuadrado
Presión de funcionamiento	0,1 - 12 bar
Forma de funcionamiento	De efecto doble
Identificación ATEX	II 2 GD c T4 T120°C
Temperatura ambiente ATEX	-20°C <= Ta <= +60°C
Fluido	Aire comprimido filtrado
CE-Zeichen (siehe Konformitätserklärung)	Según la normativa UE sobre protección contra explosión (ATEX)
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2
	3
Temperatura ambiente	-40 - 120 °C
Homologación	Germanischer Lloyd
Fuerza teórica con 6 bar, retroceso	415 N
Fuerza teórica con 6 bar, avance	415 - 483 N
Tipo de fijación	con rosca interior
	con accesorios
Conexión neumática	G1/8
Indicación sobre el material	Exento de cobre y PTFE
Información sobre el material de la camisa del cilndro	Aleación forjable de aluminio

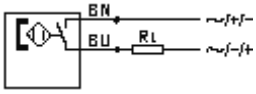
Detector de proximidad SME-8-K-LED-230

imprimir Cesta de la compra



Núm. artículo: 152820
eléctrico, con contacto Reed, para actuadores con ranura 8 para detectores, con cable.

Los detectores de proximidad de Festo están especialmente diseñados para los sensores de detección que estén adaptados y optimizados para actuadores de Festo. Estos sensores se montan en el actuador o bien directamente o bien utilizando piezas de fijación. Para su función el detector de proximidad necesita un imán permanente en el émbolo del actuador.
El detector se monta en el actuador mecánicamente y, a continuación, se procede a su fijación en la posición deseada. Una vez que el émbolo del actuador llega a esa posición, cambia el estado de conmutación.



Detectores para ranura de 8
Ejecuciones
- Detector de proximidad por contacto (SME, SMEO)
- Detector de proximidad sin contacto (SMT, SMTO) con diseños PNP y NPN.
- Detector de proximidad neumático (SMPO)
- Detector de proximidad resistente a corrientes de soldadura (SMTSO)

- Detectores de proximidad termorresistentes (-S6)
- Con cables de diferentes longitudes o conector
- Normalmente cerrada y normalmente abierta
- 24 V DC ó 230 V AC
- Conexión eléctrica frontal o lateral

Indicación del estado de activación mediante diodo (excepto variante -S6).

Festo ofrece un programa de activación versátil para el reconocimiento de posición:

Características
La ranura se encuentra integrada en el actuador o en el conjunto de fijación
- Diseño compacto
- Montaje y puesta en funcionamiento sencillos
- Montaje directo o mediante pieza de fijación
- Recambio sin necesidad de ajuste (-8E)
- Diseño resistente a los trabajos de soldadura (SMTSO)
- Detector de proximidad neumático (SMPO)

Función
SME, SMEO (por contacto) El detector por contacto SME está compuesto de un interruptor Reed que se cierra al acercarse el campo magnético, y que entonces emite una señal de conmutación.
Si las cargas capacitivas son elevadas o los cables son de gran longitud (más de 7,5 m), se tiene que instalar un circuito protector.

Reed:
5-10 millones de maniobras
Elemento conmutador mecánico (Reed)
Corriente de salida de hasta 0,5 A
Sin protección contra cortocircuito
Sin protección contra sobrecarga
Sin protección contra polarización inversa
Sin protección para cargas inductivas o capacitivas

SMT, SMTO (sin contacto) El SMT sin contacto posee un sensor compuesto de resistencias dependientes de un campo magnético o un oscilador.
Un acoplador compuesto por resistencias dependientes de un campo magnético genera una tensión cuando se acerca el imán del émbolo.
Un sistema lógico acoplado a él evalúa el suceso y emite una señal de salida.
Un oscilador modifica el flujo de corriente al acercarse el imán del émbolo. Un sistema lógico acoplado a él evalúa el suceso y emite una

señal de salida.

SMTSO (resistente a trabajos de soldadura) El detector resistente a trabajos de soldadura funciona igual que un detector SMT sin contacto, con la diferencia que la señal de conmutación queda "congelada" si se detecta un campo magnético alterno.
De esta manera no se producen conmutaciones erróneas durante la operación de soldadura.
Los detectores SMTSO se utilizan en equipos de soldadura que generan fuertes campos magnéticos.

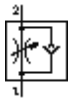
Electrónica:
Gran durabilidad y seguridad
Elemento de conmutación sin contacto
100 millones de maniobras
Corriente de salida de hasta 100 mA
Protección contra cortocircuitos integrada
Sobrecarga integrada
Protección contra polarización inversa integrada
Robusto en cuanto a cargas inductivas y capacitivas

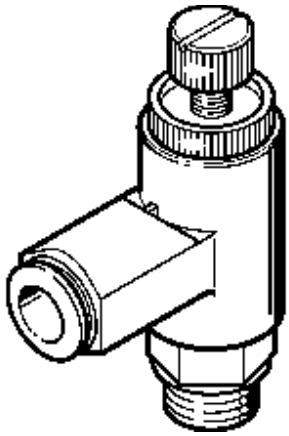
SMPO (neumático) El detector neumático SMPO está compuesto por una válvula de 3/2 vías que se acciona si se acerca un campo magnético. Mediante la activación del detector de proximidad neumático es posible
emitir una señal de salida. Los detectores SMPO se utilizan en equipos en los que se procesan directamente las señales neumáticas.

Comprobador SM-TEST-1
El comprobador permite controlar el funcionamiento de sensores y detectores de proximidad y efectuar su ajuste. El comprobador es un equipo útil durante la operación de puesta en marcha y en caso de efectuar alguna reparación.
- Fuente de tensión para controlar el funcionamiento de los detectores de proximidad
- Ajuste de detectores de proximidad montados en un cilindro
- Detección de la salida de conexión de detectores de proximidad y de sensores con funciones PNP, NPN, NC, NA con indicación mediante los correspondientes diodos luminosos.

Vista detallada

Válvula de estrangulación y antirretorno
162965
GRLA-1/8-QS-6-RS-B





(PDF) Página del catálogo

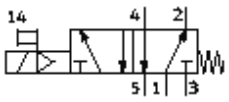
Criterio	Característica
Función de las válvulas	Válvula reguladora de caudal, antirretorno del escape
Conexión neumática 1	QS-6
Conexión neumática 2	G1/8
Tipo de accionamiento	manual
Elemento de ajuste	Tornillo moleteado
Tipo de fijación	atornillable
Caudal nominal normal en el sentido de la estrangulación	520 l/min
Caudal nominal normal en el sentido del antirretorno	400 - 550 l/min
Presión de funcionamiento	0,2 - 10 bar
Temperatura ambiente	-10 - 60 °C
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin ubricar, grado de filtración de 40 µm

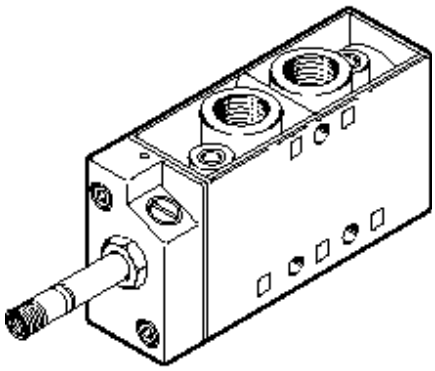
	Aire comprimido filtrado y lubricado, grado de filtración de 40 µm
Posición de montaje	indistinto
Caudal estándar en sentido de regulación del flujo: 6 -> 0 bar	720 l/min
Caudal estándar en sentido de bloqueo: 6 -> 0 bar	600 - 750 l/min
Temperatura de almacenamiento	-10 - 40 °C
Temperatura del medio	-10 - 60 °C
Par de apriete máximo	4 Nm
Momento de accionamiento admisible del tornillo de regulación	0,4 Nm
Peso del producto	25 g
Tamańo del depósito	1
Información sobre el material de la chaveta atornillable	Aleación forjable de aluminio
Información sobre el material de las juntas	NBR
	TPE-U(PU)
Datos sobre el material del anillo de liberación	POM
información sobre el material, botón moleteado	Aleación forjable de aluminio
Datos sobre el material del tornillo de regulación	latón
Datos sobre el material de la junta basculante	PBT reforzado

© 2005 Festo AG & Co. KG

Vista detallada

Electroválvula
9982
MFH-5-1/8





(PDF) Página del catálogo

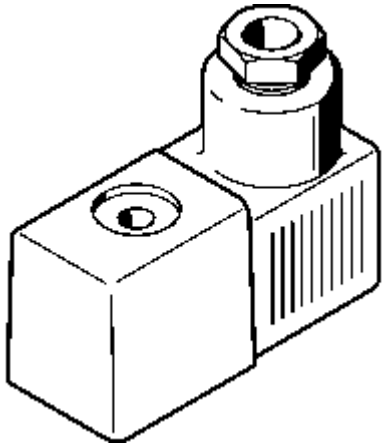
Criterio	Característica
Función de las válvulas	5/2 monoestable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Caudal nominal normal	500 l/min
Presión de funcionamiento	1,8 - 8 bar
Construcción	asiento de plato
Tipo de reposición	muelle mecánico
Homologación	CSA (OL)
Diámetro nominal	5 mm
Posición de montaje	indistinto
Accionamiento manual auxiliar	con enclavamiento
Tipo de control	prepilotado
Desconexión del tiempo de conmutación	36 ms
Conexión del tiempo de conmutación	8 ms

Fluido	Aire seco, lubricado o sin lubricado
Temperatura del medio	-10 - 60 °C
Temperatura ambiente	-5 - 40 °C
Peso del producto	270 g
Conexión eléctrica	a través de bobina F, pedir por separado
Tipo de fijación	a elegir: En el distribuidor PR con taladro pasante
Conexión del aire de escape de pilotaje 84	M5
Conexión neumática 1	G1/8
Conexión neumática 2	G1/8
Conexión neumática 3	G1/8
Conexión neumática 4	G1/8
Conexión neumática 5	G1/8
Información sobre el material de las juntas	NBR
Información sobre el material del cuerpo	Fundición inyectada de aluminio anodizado

© 2005 Festo AG & Co. KG

Vista detallada

Bobina
4527
MSFG-24DC/42AC



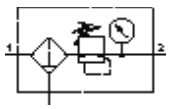
Criterio	Característica
Posición de montaje	indistinto
Indicación de la posición de conmutación	no
Tiempo mínimo de mantenimiento	10 ms
Duración de la conexión	100%
factor de rendimiento cos (phi)	0,7
Valores característicos de las bobinas	24V DC: 4,5W
	42 V AC: 50/60 Hz, Anzugsleistung: 9 VA, Halteleistung: 7 VA
variaciones de frecuencia admisibles	+/- 5 %
Fluctuación de tensión permisible	+/- 10 %
Tipo de protección	IP65
Temperatura ambiente	-5 - 40 °C
Homologación	CSA (OL)
Par de apriete máximo del conector tipo zócalo	0,4 Nm

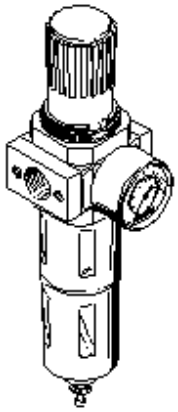
Peso del producto	55 g
Conexión eléctrica	3 contactos
	Clavijas para MSSD-F
Tipo de fijación	Con tuerca moleteada
Información sobre el material, bobina	Acero
	Duroplast
	cobre
información sobre material bobinado	cobre

© 2005 Festo AG & Co. KG

Vista detallada

Unidad de filtro y regulador
159630
LFR-1/8-D-MINI





(PDF) Página del catálogo

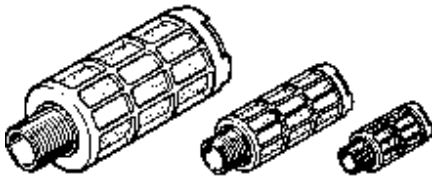
Criterio	Característica
Tamańo	mini
Serie	D
Asegurar el accionamiento	Botón giratorio con enclavamiento
Posición de montaje	vertical +/- 5°
Grado de filtración	40 µm
Evacuación del condensado	giro manual
Construcción	Filtro regulador con manómetro
Cantidad máxima de condensado	22 cm3
Funda de protección	funda protectora metálica
Indicación de la presión	con manómetro
Margen de regulación de la presión	0,5 - 12 bar
Presión incial 1	1 - 16 bar
Histérisis máxima de la presión	0,2 bar
Caudal nominal normal	750 l/min

Fluido	Aire comprimido
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2
Temperatura del medio	-10 - 60 °C
Temperatura ambiente	-10 - 60 °C
Homologación	Germanischer Lloyd
Peso del producto	460 g
Tipo de fijación	a elegir: Montaje del conducto con accesorios
Conexión neumática 1	G1/8
Conexión neumática 2	G1/8
Información sobre el material del cuerpo	Fundición inyectada de cinc
Información sobre el material del depósito del filtro	PC

© 2005 Festo AG & Co. KG

Vista detallada

Silenciadores
2307
U-1/8

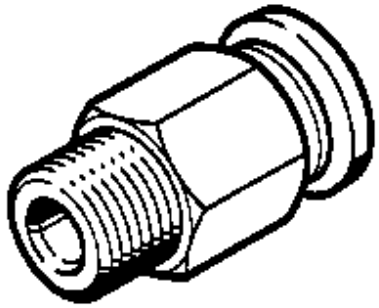


(PDF) Página del catálogo

Criterio	Característica
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	0 - 10 bar
Caudal contra atmósfera	2050 l/min
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricar
	Aire filtrado y lubricado
	Aire seco, lubricado o sin lubricado
Nivel de ruido	77 dB(A)
Temperatura ambiente	-10 - 70 °C
Peso del producto	2 g
Conexión neumática	G1/8
Información sobre el material del amortiguador	PE
Indicación sobre el material	Exento de cobre y PTFE
	Conforme con RoHS

Vista detallada

Racor rápido roscado
153002
QS-1/8-6



(PDF) Página del catálogo

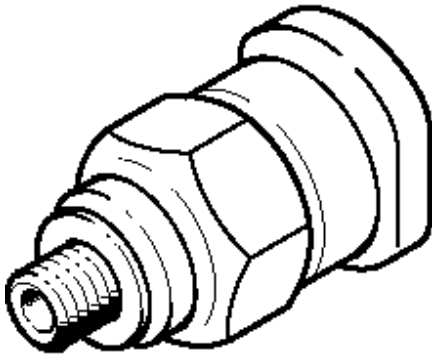
Criterio	Característica
Tamaño	Estándar
Diámetro nominal	4 mm
Tipo de junta del eje atornillable	Recubrimiento
Posición de montaje	indistinto
Tamaño del depósito	10
Construcción	Principio de empuje y tracción
Presión de funcionamiento	-0,95 - 10 bar
Presión de funcionamiento en función de la temperatura	-0,95 - 14 bar
Fluido	Aire comprimido filtrado vacío
Clase de resistencia a la corrosión KBK	1
Temperatura ambiente	-10 - 80 °C
Homologación	Germanischer Lloyd

Par de apriete máximo	7 Nm
Peso del producto	9 g
Conexión neumática	Rosca exterior R1/8
	para diámetro exterior del tubo flexible de 6 m
Color del anillo extractor	azul
Indicación sobre el material	Conforme con RoHS
Información sobre el material del cuerpo	latón
	niquelado
Datos sobre el material del anillo de liberación	POM
Información sobre el material de la junta del tubo flexible	NBR
Datos sobre el material del segmento de sujeción del tubo flexible	Acero inoxidable de aleación fina

© 2005 Festo AG & Co. KG

Vista detallada

Racor rápido roscado
153306
QSM-M5-6



(PDF) Página del catálogo

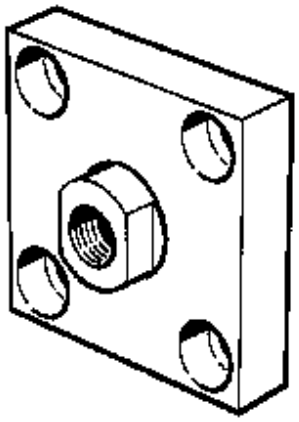
Criterio	Característica
Tamańo	mini
Diámetro nominal	2,1 mm
Tipo de junta del eje atornillable	Junta
Posición de montaje	indistinto
Tamańo del depósito	10
Construcción	Principio de empuje y tracción
Presión de funcionamiento	-0,95 - 10 bar
Presión de funcionamiento en función de la temperatura	-0,95 - 14 bar
Fluido	Aire comprimido filtrado
	vacío
Clase de resistencia a la corrosión KBK	1
Temperatura ambiente	-10 - 80 °C
Homologación	Germanischer Lloyd

Par de apriete máximo	1,5 Nm
Peso del producto	4,5 g
Conexión neumática	Rosca exterior M5
	para diámetro exterior del tubo flexible de 6 m
Color del anillo extractor	azul
Indicación sobre el material	Conforme con RoHS
Información sobre el material del cuerpo	latón
	niquelado
Datos sobre el material del anillo de liberación	POM
Información sobre el material de la junta del tubo flexible	NBR
Datos sobre el material del segmento de sujeción del tubo flexible	Acero inoxidable de aleación fina

© 2005 Festo AG & Co. KG

Vista detallada

Placa de acoplamiento
32963
KSG-M10x1,25



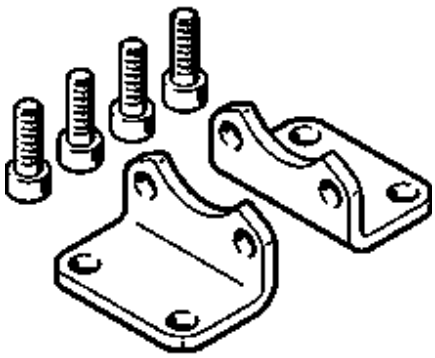
(PDF) Página del catálogo

Criterio	Característica
Tamańo	M10x1,25
Posición de montaje	indistinto
Conexión roscada	Rosca interior M10x1,25
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2
Peso del producto	225 g
Indicación sobre el material	Exento de cobre y PTFE
Información sobre el material del cuerpo	Acero cincado

© 2005 Festo AG & Co. KG

Vista detallada

Pie de fijación
174369
HNC-32



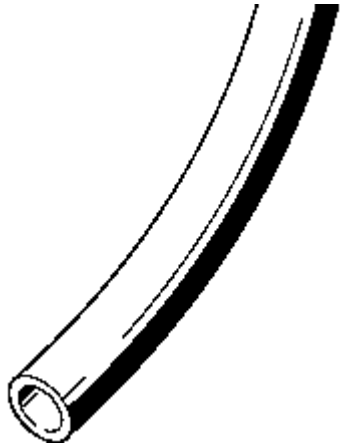
(PDF) Página del catálogo

Criterio	Característica
Tamańo	32
Corresponde a la norma	ISO 15552 (bisher auch VDMA 24652, ISO 6431, NF E49 003.1, UNI 10290)
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2
Peso del producto	135 g
Indicación sobre el material	Exento de cobre y PTFE
información sobre el material, sistema de fijación	Acero
	cincado

© 2005 Festo AG & Co. KG

Vista detallada

Tubo de material sintético
197384
PUN-H-6x1-BL



(PDF) Página del catálogo

Este producto es apropiado para la utilización con las series de racores tipo QS, QS-F, CRQS y CK

Criterio	Característica
Diámetro exterior	6 mm
Radio de flexión relevante para el caudal	26 mm
Diámetro interior	4 mm
Radio máximo de curvatura	10 mm
Presión de funcionamiento en función de la temperatura	-0,95 - 10 bar
Fluido	Aire comprimido filtrado
	vacío
Homologado para la industria alimentaria	FDA
	2002/72/EG
Temperatura ambiente	-35 - 60 °C

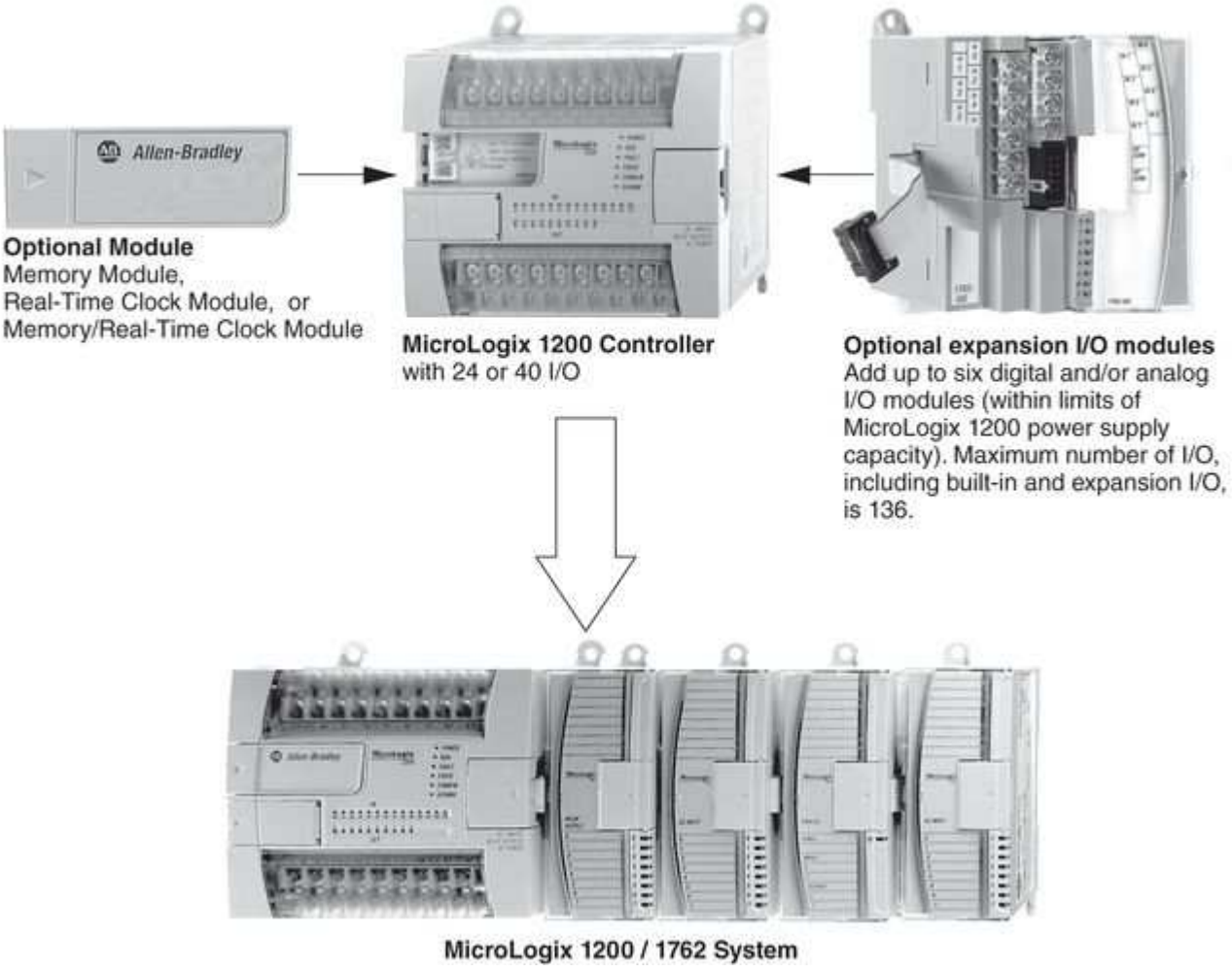
Homologación	TÜV
Peso del producto según la longitud	0,0183 kg/m
Color	azul
Dureza Shore	D 52 +/-3
Indicación sobre el material	Exento de cobre y PTFE
Información sobre el material del tubo flexible	TPE-U(PU)

© 2005 Festo AG & Co. KG

SYSTEM OVERVIEW

System Overview

The MicroLogix 1200/1762 system provides functionality between the MicroLogix 1000/1761 and MicroLogix 1500/1764 systems, using the proven MicroLogix and SLC family architecture. The 6K-word memory provides for a maximum program of 4K words and maximum data of 2K words with 100% data retention. An optional memory module provides program and data backup with program upload and download capability. The optional real-time clock enables time scheduling of control activities. The flash upgradeable operating system lets you upgrade system software without replacing hardware.



MicroLogix 1200 / 1762 System

Benefits

- *Small Footprint*—The MicroLogix 1200 controller is designed to optimize panel space. Integrated packages just 90mm (3.54 in) high (110mm high including mounting tabs) and 110 or 160mm (4.33 or 6.30 in) wide include processor, embedded inputs and outputs, and power supply. Expansion I/O modules add only 40mm (1.57 in) each in width.

- *Flexibility*—A range of I/O and communication options let you configure a MicroLogix 1200 controller for a variety of applications:
    - 24 or 40 built-in I/O. The inputs are either 24V dc (sink or source) or 120V ac. Outputs are relay contact or FET.
    - Add up to 96 I/O in up to 6 digital and/or analog I/O modules (within the limits of power supply capacity, for a total of 136 I/O maximum).
- *Wide range of communication options:*
    - DF1 full- or half-duplex, DF1 Radio Modem, Modbus RTU slave and RTU master. Communication interface modules support DH-485, DeviceNet, and EtherNet/IP.
    - MicroLogix 1200R controllers also provide a Programming / HMI port with fixed communication parameters to provide an additional means to communicate to the controller.
- *High Functionality*—The MicroLogix 1200 / 1762 system provides powerful features that let you tackle tough applications:
    - 20k-Hz high-speed counter.
    - 20k-Hz PTO (Pulse Train Output) or PWM (Pulse Width Modulation).
    - 6K-word non-volatile memory (4K-word maximum program, 2K-word maximum data).
    - 4 interrupt inputs.
    - 4 latching inputs.
    - 2 built-in trim potentiometers.
    - optional memory, real-time clock, or memory/real-time clock module.
    - powerful instruction set with support for PID and ASCII.
    - uses RSLogix 500 programming software.
    - field-upgradeable flash operating system.
- *Low Price*—This compact but powerful control solution will fit well within your budget.

Product Design

The MicroLogix 1200 controller and expansion I/O modules provide a modular, rackless control system designed for ease of installation and maintenance. Each MicroLogix 1200 controller includes a processor, built-in I/O, and power supply. Expansion I/O modules install to the right of the controller. Cables built into the I/O modules provide connection to the adjacent I/O module or controller. Controllers and I/O modules can be mounted either on a panel or on a DIN-rail. I/O on both controller and expansion I/O modules have finger-safe terminal blocks to meet global safety standards. The 40-I/O controllers have removable terminal blocks to facilitate ease of wiring and maintenance.

- *Four latching or pulse-catch inputs*—Latching inputs let the controller capture and hold very brief (microsecond) signals for input processing.
- *20k Hz high-speed counter*—The built-in independent high-speed counter uses 32-bit integers for extended range, features 8 modes of operation, and supports direct control of outputs independent of program scan.
- *Programmable Limit Switch Function*—The Programmable Limit Switch function allows you to configure the high-speed counter to operate as a programmable limit switch or rotary cam switch.
- *Trim potentiometers*—Two built-in 3/4-turn analog trim potentiometers with a digital output (range from 0 to 250) allow quick and easy adjustments of timers, counters, setpoints, and more.
- *Program data security*—Data file download protection lets a program be reloaded into the controller without overwriting protected data.
- *Floating Point Data Files*—You can create data files that can contain up to 256 IEEE-754 floating point values.
- *Memory, real-time clock, or memory/real-time clock modules*—Memory backup provides protection and transportability for programs and data. The real-time clock lets you easily solve time/date scheduling applications, and can be synchronized with an external source via a program instruction.
- *Four interrupt inputs*—Interrupt inputs let the controller scan a specific program file (subroutine) when an input condition is detected from a sensor or field device.

Operator Interfaces

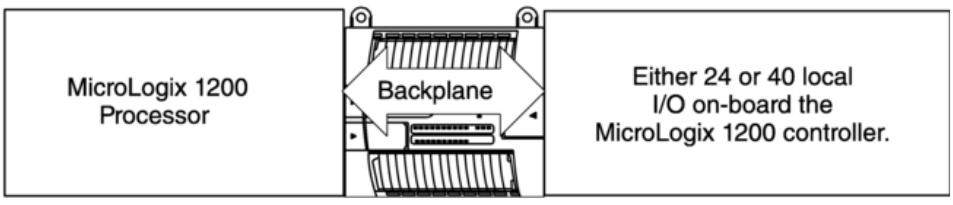
Many Allen-Bradley operator interface products can be used with MicroLogix 1200 controllers. The PanelView 300 Micro operator interface is a small, low cost, easy-to-use operator interface that is designed for use with the MicroLogix 1200 controller.

Communication

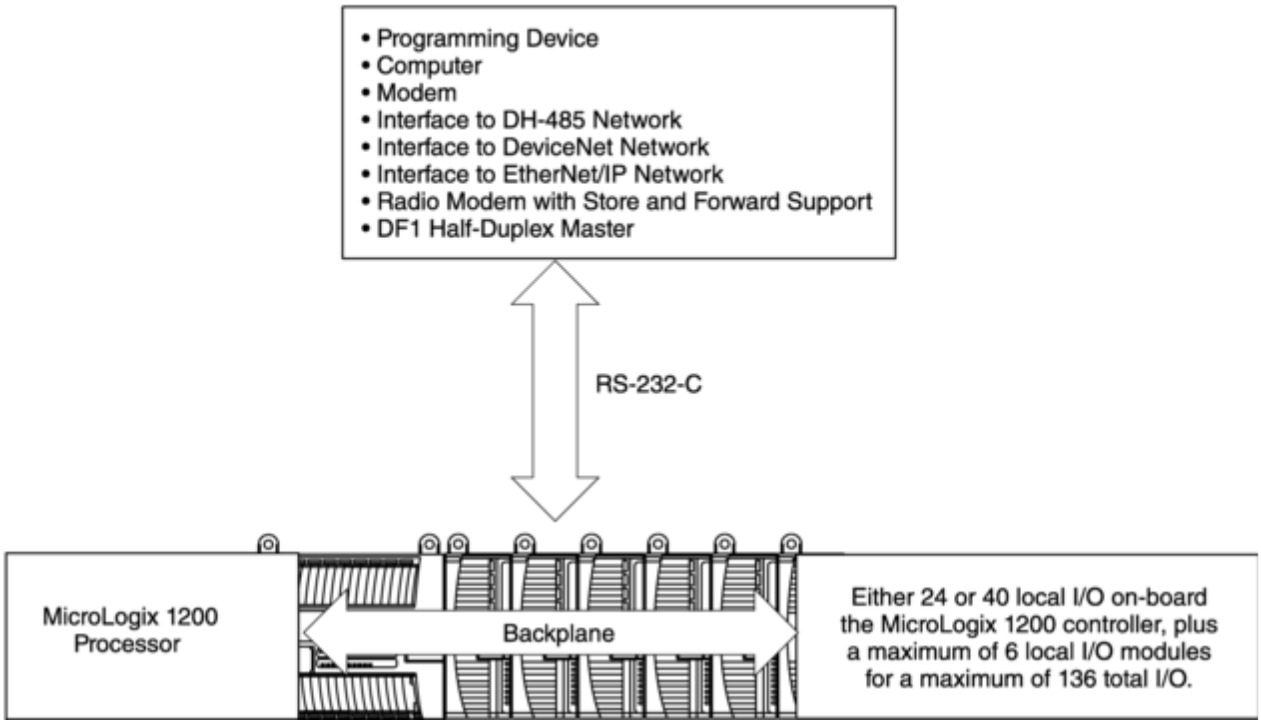
MicroLogix 1200 controllers provide a built-in RS-232-C port. MicroLogix 1200R controllers provide an additional built-in RS-232-C port that supports DF1 Full Duplex protocol only. This second port lets you connect the controller to a computer running RSLogix 500 programming software or connect to an HMI device, such as a PanelView display, without removing the existing connection or requiring a network connection. The Channel 0 communication port available on all MicroLogix 1200 and 1200R controllers can be used for the following types of communication:

- *RS-232-C*—The built-in Channel 0 RS-232-C port supports DF1 full-duplex, DF1 half-duplex slave, new DH1 half-duplex master, DH-485, Modbus RTU slave and new Modbus RTU master protocols, report-by-exception, and peer-to-peer data exchange. This port can be used for direct connection of programming and operator interface devices (e.g. a personal computer), and supports dial-in remote programming.
- *DeviceNet*—You can connect the controller to a DeviceNet network of up to 64 devices through a DeviceNet Interface (catalog number 1761-NET-DNI). The DeviceNet interface provides slave I/O, peer-to-peer, and program upload/download capability.
- *EtherNet/IP*—You can connect the controller to an EtherNet/IP network through an EtherNet/IP-to-RS-232-C interface (catalog number 1761-NET-ENI). This module supports program monitoring and upload/download, data collection, and controller peer-to-peer communication. It can also send e-mail messages via SMTP and display status and configuration information through a built-in internet server.
- *DH-485*—You can connect the controller to a DH-485 network through an Advanced Interface Converter (catalog number 1761-NET-AIC). The DH-485 network may connect up to 32 devices.
- Modbus RTU slave and new Modbus master functionality available.
- *New DF1 Radio Modem protocol*—You can transmit data through DF1 Radio Modem protocol, an efficient way to transmit data. Each read/write transaction requires only one TX from initiator and one TX from the responder, so “key-ups” and power consumption are minimized. For more information see the MicroLogix 1200 Document Update, publication 1762-DU002 or the Instruction Set Reference Manual 1762-RM001.

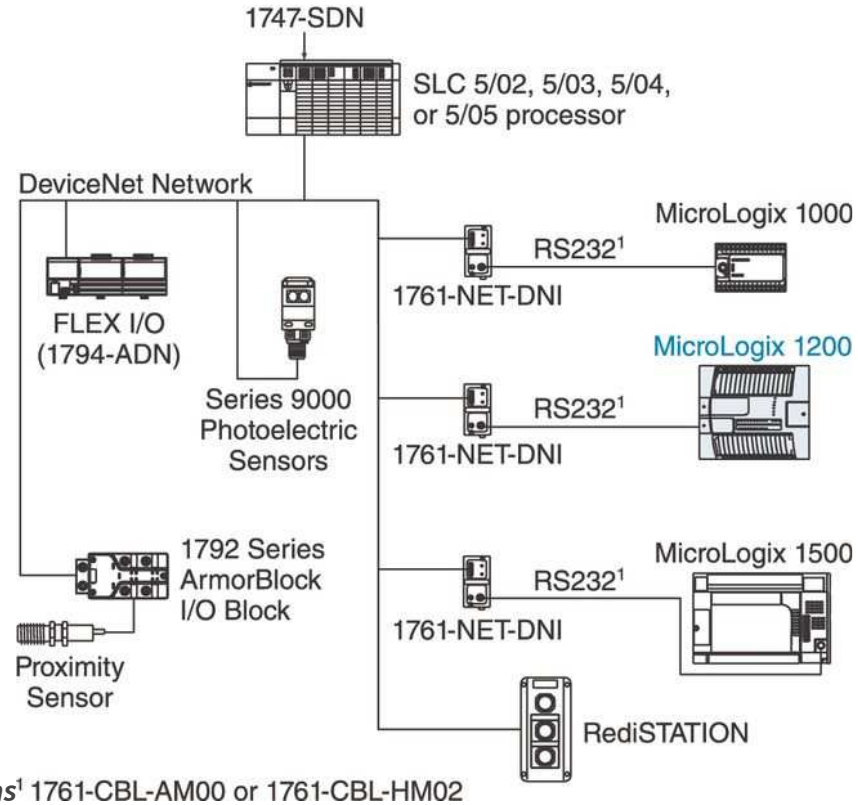
A simple system can consist of only a stand-alone controller with its on-board I/O and no communication



Multiple processors can communicate across networks and share I/O data.
Local I/O modules can be added to the processor.

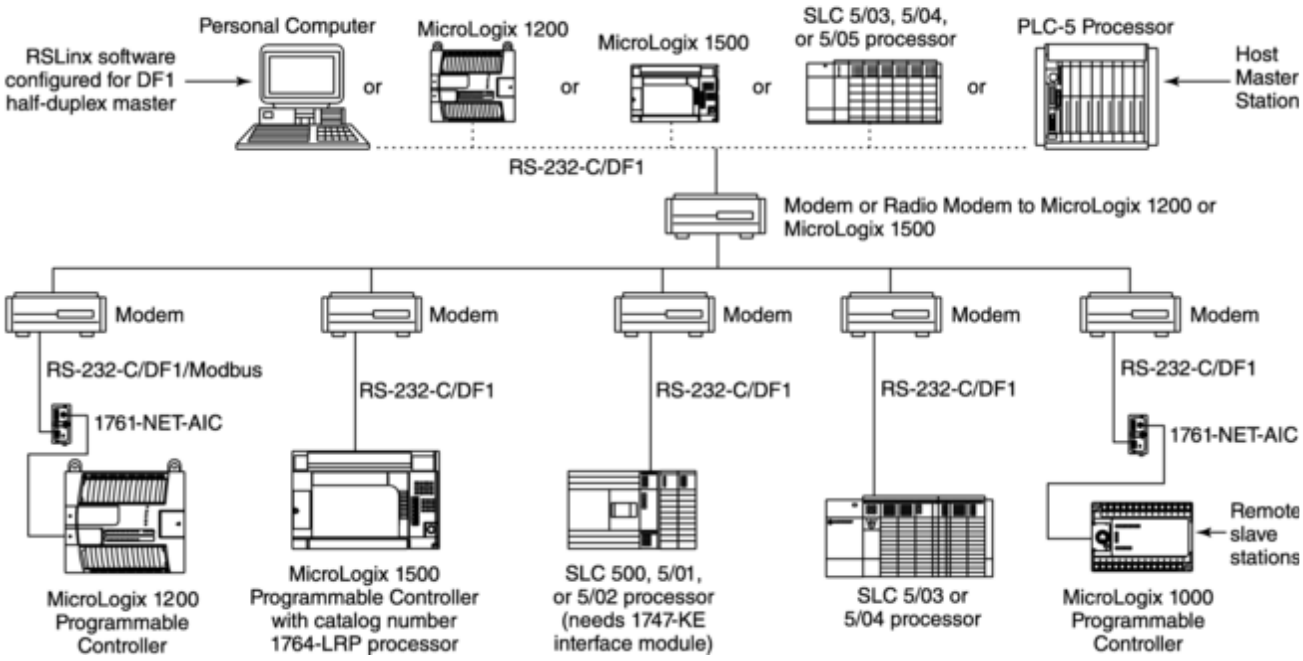


Typical
DeviceNet Network Configuration

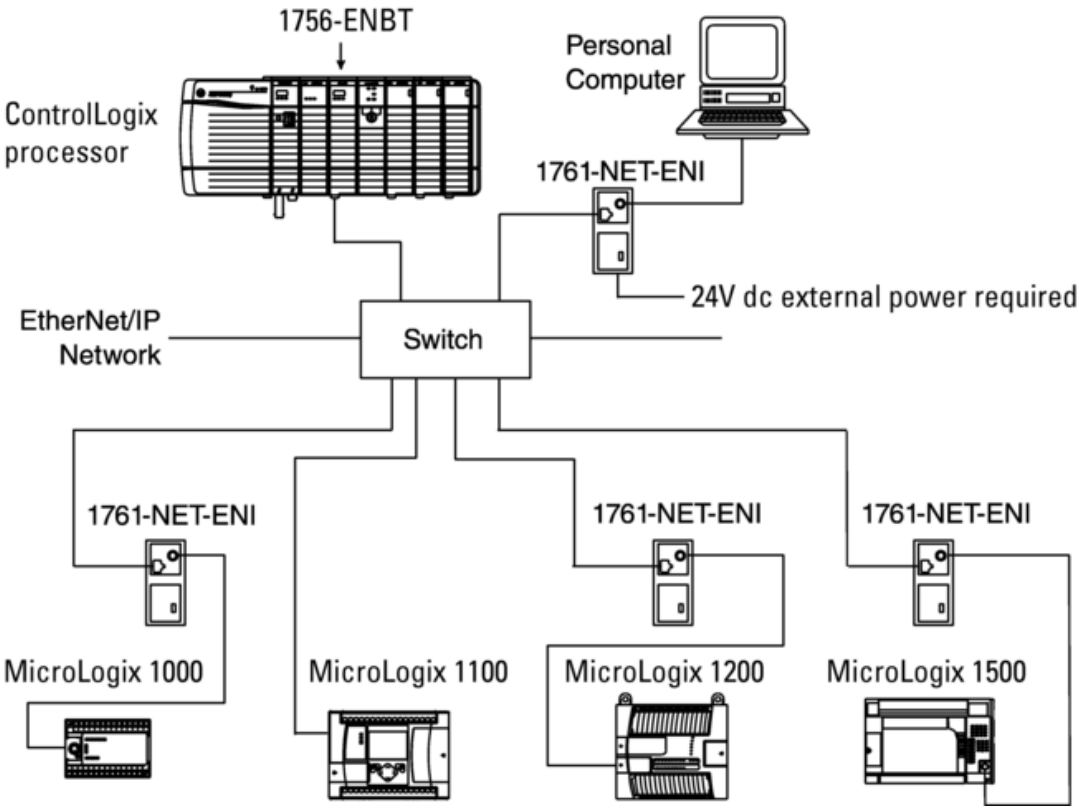


Configurations[1] 1761-CBL-AM00 or 1761-CBL-HM02

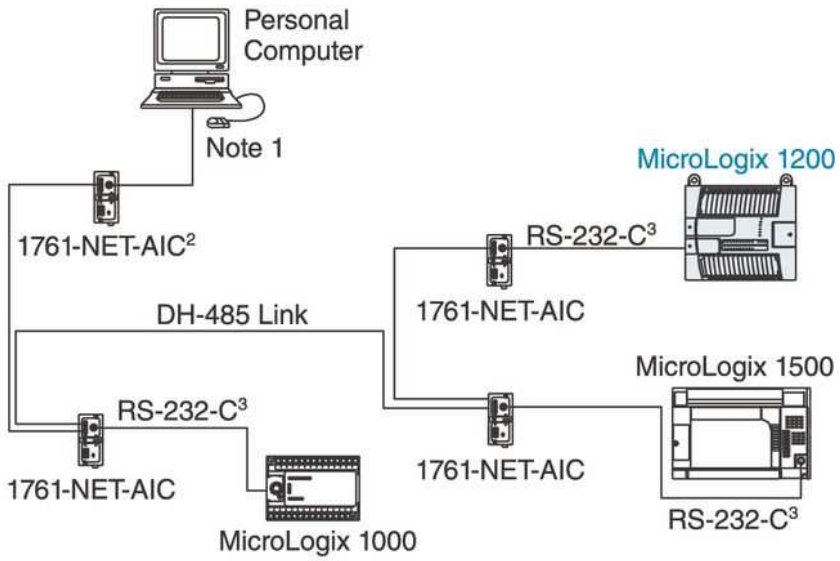
SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) Remote Systems



EtherNet/IP Network Configuration



DH-485 Network Configuration



[1] 1761-CBL-AP00 or 1761-CBL-PM02
[2] Requires 24V dc power source
[3] 1761-CBL-AM00 or 1761-CBL-HM02

Rockwell Automation

MICROLOGIX 1200 CONTROLLERS

General Specifications

Cat. No.	1762-L24AWA 1762-L24AWAR	1762-L24BWA 1762-L24BWAR	1762-L24BXB 1762-L24BXBR	1762-L40AWA 1762-L40AWAR	1762-L40BWA 1762-L40BWAR	1762-L40BXB 1762-L40BXBR
Dimensions (HxWxD), Approx.	90 x 110 x 87mm (3.54 x 4.33 x 3.43 in)✶			90 x 160 x 87mm (3.54 x 6.30 x 3.43 in)✶		
Weight	0.9 kg (2.0 lb)			1.1 kg (2.4 lb)		
Input Voltage Range	85…265V ac @ 47…63 Hz		20.4…26.4V dc	85…265V ac @ 47…63 Hz		20.4…26.4V dc
Input Voltage, Nom.	100/120V ac, 200/240V ac		24V dc	100/120V ac, 200/240V ac		24V dc
Apparent Input Power, Max.	68 VA	70 VA	27 VA	80 VA	82 VA	40 VA
Real Input Power, Max.	29W	31W	27W	37W	38W	37W
Power Supply Maximum Inrush	25A for 8 ms @ 120V ac 40A for 4 ms @ 240V ac		15A for 20 ms @ 24V dc	25A for 8 ms @ 120V ac 40A for 4 ms @ 240V ac		15A for 20 ms @ 24V dc
Power Supply Output	400 mA @ 5V dc 350 mA @ 24V dc	400 mA @ 5V dc❄ 350 mA @ 24V dc❄	400 mA @ 5V dc 350 mA @ 24V dc	600 mA @ 5V dc 500 mA @ 24V dc	600 mA @ 5V dc‡ 500 mA @ 24V dc‡	600 mA @ 5V dc 500 mA @ 24V dc
User Output Power	—	24V dc @ 250 mA❄ 400 µF max.	—	—	24V dc @ 400 mA‡ 400 µF max.	—
Operating Temperature	0…55 °C (32…131 °F) ambient					
Storage Temperature	-40…85 °C (-40…185 °F) ambient					
Operating Humidity	5…95% (without condensation)					
Vibration						
Operating	10…500 Hz, 5 g, 0.030 in max. peak-to-peak					
Relay	1.5 g					

Operation	
Shock	
Shock, Operating	30 g
Shock, Relay Operation	7 g
Shock, Non-Operating	50 g panel mounted, 40g DIN rail mounted
Agency Certification	• UL 508 • C-UL under CSA C22.2 no. 142 • Class I, Div. 2, Groups A, B, D, B (UL 1604, C-UL under CSA C22.2 no. 213) • CE/C-Tick compliant for all applicable directives/acts.
Electrical/EMC	The controller has passed testing at the following levels: • IEC1000-4-2: 4 kV contact, 8 kV air, 4 kV indirect • IEC1000-4-3: 10V/m • IEC1000-4-4: 2 kV, 5 kHz; communication cable: 1 kV, 5 kHz • IEC1000-4-5: communication cable 1 kV DM (differential mode) • I/O: 2 kV CM (common mode), 2 kV DM (differential mode) • Power Supply: 4 kV CM (common mode), 2 kV DM (differential mode) • IEC1000-4-6: 10V, communication cable 3V§

✶ Height = 104 mm (4.09 in) with DIN latch open.
❄ Total load of the 5V, 24V, and user power output shall not exceed 12W.
‡ Total load of the 5V, 24V, and user power output shall not exceed 16W.
§ Conducted immunity frequency range may be 150 kHz to 30 MHz if the radiated immunity frequency range is 30 MHz to 1000 MHz.

MicroLogix 1200 Controllers

The MicroLogix 1200 controller is available with 24 or 40 built-in I/O. Controllers with 24V dc inputs that also have ac-input power supplies include a built-in power supply for user output power.

Cat. No.	Number of I/O	Input Type	Input Signal Delay	Output Type	Continuous Output Current, Max.	User Output Power
1762-L24BWA 1762-L24BWAR	14 inputs 10 outputs	24V dc sink or source	Selectable: 0.025, 0.075, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, or 16 ms	Relay Contact	(See relay contact output specs.) • 8A/common • 30A total @ 150V ac • 20A total @ 240V ac	24V dc @ 250 mA
1762-L40BWA 1762-L40BWAR	24 inputs 16 outputs					24V dc @ 400 mA
1762-L24BXB 1762-L24BXBR	14 inputs 10 outputs			5 Relay 5 FET (24V dc)	(See FET and relay contact output specs.) • 7.5A/common • 30A total @ 150V ac • 20A total @ 240V ac	—
1762-L40BXB 1762-L40BXBR	24 inputs 16 outputs			8 Relay 8 FET (24V dc)	(See FET and relay contact output specs.) • 8A/common • 30A total @ 150V ac • 20A total @ 240V ac	
1762-L24AWA 1762-L24AWAR	14 inputs 10 outputs	120V ac	On: 2…20 ms Off: 10…20 ms	Relay Contact		
1762-L40AWA 1762-L40AWAR	24 inputs 16 outputs					

Input Specifications

Cat. No.	1762-L24AWA, 1762-L40AWA 1762-L24AWAR, 1762-L40AWAR	1762-L24BWA, 1762-L24BXB, 1762-L40BWA, 1762-L40BXB 1762-L24BWAR, 1762-L24BXBR, 1762-L40BWAR, 1762-L40BXBR	
		Inputs 0 to 3	Inputs 4 and up
On-State Voltage Range	79…132V ac	14…26.4V dc @ 55 °C (131 °F) 14…30.0V dc @ 30 °C (86 °F)	10…26V dc @ 55 °C (131 °F) 10…30.0V dc @ 30 °C (86 °F)
Off-State Voltage Range	0…20V ac	0…5V dc	
Operating Frequency	47…63 Hz	0…20 kHz	0…1 kHz (depends on scan time)
On-State Current			
Minimum	5.0 mA @ 79V ac	2.5 mA @ 14V dc	2.0 mA @ 10V dc
Nominal	12 mA @ 120V ac	7.3 mA @ 24V dc	8.9 mA @ 24V dc

Maximum	16.0 mA @ 132V ac	12.0 mA @ 30V dc	12.0 mA @ 30V dc
Off-State Leakage Current, Max.	2.5 mA	1.5 mA	
Impedance, Nom.	12 kΩ @ 50 Hz 10 kΩ @ 60 Hz	3.3 kΩ	2.7 kΩ
Inrush Current	250 mA	—	—

Relay Contact Output Specifications

Maximum Voltage	Current			Apparent Power	
	Make	Break	Continuous	Make	Break
240V ac	7.5A	0.75A	2.5A	1800 VA	180 VA
120V ac	15A	1.5A	2.5A		
125V dc	0.22A		1.0A	28 VA	
24V dc	1.2A		2.0A		

FET Output Specifications

Cat. No.	1762-L24BXB, 1762-L24BXBR, 1762-L40BXB, 1762-L40BXBR	
	General Operation	High-Speed Operation✶ (Output 2 Only)
On-State Voltage Drop		
at maximum load current	1V dc	—
at maximum surge current	2.5V dc	
Current Rating per Output		
maximum load	1.5A @ 30 °C (86 °F), 1.0A @ 55 °C (131 °F)	100 mA
minimum load	1.0 mA	10 mA
maximum leakage	1.0 mA	1.0 mA
Turn-On Time, Max.	0.1 ms	6 ms
Turn-Off Time, Max.	1.0 ms	18 ms
Repeatability, Max.	—	2 ms
Drift, Max.	—	1s per 5 °C (9 °F)

✶ Output 2 has increased functionality over the other FET outputs. Output 2 can be used as the other FET outputs. But, in addition, within a limited current range, it may be operated at a higher speed. Output 2 also provides a pulse train output (PTO) or pulse width modulation output (PWM) function.

BULLETIN 800L 18 MM/22 MM/30 MM INDICATORS

Bulletin 800L — 18 mm/22 mm/30 mm Indicators

Build a Catalog Number

- Economical, Commercial-Grade Indicators
- LED/Strobe/Incandescent
- Shallow Back-of-Panel Depth
- Type 4/4X/13, Watertight/Oiltight

Standards Compliance and Certifications

UL508
cULus Listed (File No. E14840, Guide No. NKCR)
CE Marked

Product Selection

Type	Lamp	Volts	Color	Cat. No.
30 mm	LED	120V AC	Red	800L-30L10R
			Green	800L-30L10G
			Amber	800L-30L10A
		24V AC/DC	Red	800L-30L24R
			Green	800L-30L24G
			Amber	800L-30L24A
	Strobe	120V/240V AC	Red	800L-30S10R
		24V DC		800L-30S24R
22 mm	LED	120V AC	Red	800L-22L10R
			Green	800L-22L10G
			Amber	800L-22L10A
		24V AC/DC	Red	800L-22L24R
			Green	800L-22L24G
			Amber	800L-22L24A
	Strobe	120V/240V AC	Red	800L-22S10R
		24V DC		800L-22S24R
18 mm	LED	120V AC	Red	800L-18L10R
			Green	800L-18L10G
			Amber	800L-18L10A
		24V AC/DC	Red	800L-18L24R
			Green	800L-18L24G
			Amber	800L-18L24A

Product Selection, Continued

800L– 30 L 24 R

a b c d

a	
Indicator Size	
Code	**Description**
18	18 mm✶
22	22.5 mm
30	30.5 mm

b	
Illumination Type	
Code	**Description**
C	Incandescent
L	LED❄ §
S	Xenon Strobe❄

c	
Voltage	
Code	**Description**
24	24V AC/DC♣
10	120V AC
20	240V AC‡

d	
Lens Color	
Code	**Description**
R	Red
G	Green
A	Amber
B	Blue
C	Clear

✶ 18 mm indicators are only available with LED or incandescent illumination. For 18 mm devices with 120V incandescent lamps, it is recommended that the lens is changed with lamp replacement.

❄ LED and Xenon Strobe lamps are integral to indicators and are not field replaceable. Entire indicator must be replaced upon lamp failure.

‡ Incandescent illumination not available in 240V option. For 240V strobe, order voltage code ‘10’ as strobe is rated for both 120V/240V AC.

§ LED color will match lens color specified. White LED supplied for clear lens.

♣ Strobes rated for 24V DC only.

Replacement Parts

Replacement Lens Caps

Color	18 mm	22 mm	30 mm
Red	800L-N18R	800L-N22R	800T-N26R
Green	800L-N18G	800L-N22G	800T-N26G
Amber	800L-N18A	800L-N22A	800T-N26A
Blue	800L-N18B	800L-N22B	800T-N26B
Clear	800L-N18C	800L-N22C	800T-N26C

Replacement Lamps➢

Lamp Type	Voltage	ANSI No.	Cat. No.
Incandescent	24V AC/DC	757	800T-N157
	120V AC/DC	949	800T-N169

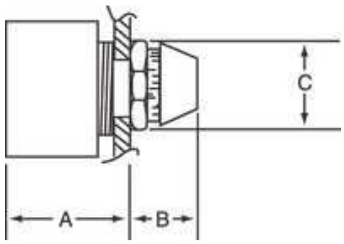
➢ LED and Xenon Strobe lamps are integral to indicators and are not field replaceable. Entire indicator must be replaced upon lamp failure.

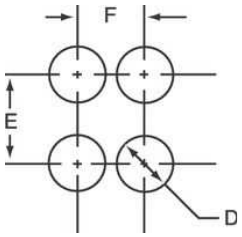
Specifications ✶

Mechanical Ratings		
Vibration	10…2000 Hz 1.52 mm displacement (peak-to-peak) max./10G max	
Shock	1/2 cycle sine wave for 11 ms ≥ 25 G	
Degree of protection	Type 1/4/4X/12/13; watertight/oiltight IEC 529 IP66	
Environment		
Temperature range	Operating	-40…+131 °F (-40…+55 °C)
	Storage	-40…+185 °F (-40…+85 °C)
Humidity		50% at 104 °F (40 °C)
Lamp Ratings		
Lamp life	Incandescent	5 000 Hrs.
	LED	100 000 Hrs.
	Strobe	1 000 000 Flashes
Flash frequency	Strobe	1…2 Hz

✶ Performance Data — SeePerformance Data .

Approximate Dimensions





Indicator	A	B	C	D	E	F
	Inches (mm)					
18 mm	1-21/64 (33.7)	57/64 (22.6)	1-1/32 (26.2)	3/4 (18.6)	2-9/32 (58.0)	1-1/8 (28.6)
22 mm	1-21/64 (33.7)⌘	57/64 (22.6)	1-7/32 (31.0)	15/16 (22.6)	2-9/32 (58.0)	1-8/32 (32.5)
30 mm	1-9/16 (39.7)⌘	1-9/64 (29.0)	1-19/32 (40.5)	1-13/64 (30.6)	2-9/32 (58.0)	1-29/32 (48.5)

⌘ Dimension 'A' for 22 mm devices with strobe illumination is 2-7/8 (73) and for 30 mm devices it is 3-1/8 (79).

BULLETIN 800F 22.5 MM PUSH BUTTONS

Bulletin 800F Plastic and Metal Operators

Build a Catalog Number

- 22.5 mm Mounting Hole
- IP65/66 Type 4/4X/13
- Internationally Rated Operators

Bulletin 800FP Plastic Operators

- Type 4/4X/13, IP65/66
- Engineering grade thermoplastics
- Chemical-resistant for harsh environments

800FP Plastic Operators

Bulletin 800FM Metal Operators

- Type 4/13, IP65/66
- Die-cast metal construction
- Chrome-plated

800FM Die-Cast Metal Operators

Overview, Continued

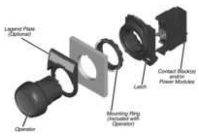
3-Across x 2-Deep Back-of-Panel (6 Circuits Maximum)

- Rugged snap-fit design for plastic or metal latch
- Stackable contact blocks
- Rotating collar for easy one-hand latch removal
- Color-coded contact block plungers for contact identification

Plastic Latch with Contact Block

Metal Latch with Contact Block

Assembly Overview



Standards Compliance and Certifications

Product Certifications

Certifications	UR/UL, CSA, CCC, CE
Conformity to standards — CE marked	NEMA ICS-5; UL 508, EN 418, EN 60947-1, EN 60947-5-1, EN 60947-5-4, EN 60947-5-5
Terminal identification	IEC 60947-1
Shipping approvals	ABS

Quick Selection

Components

Operator Style	Description	Color	Construction	Cat. No.	Pkg. Quantity
	Non-Illuminated, Flush Push Button	Black	Plastic	800FP-F2	1
	Non-Illuminated, Flush Push Button	Green		800FP-F3	
	Non-Illuminated, Extended Push Button	Red		800FP-E4	
	Non-Illuminated, Flush Push Button	Black	Metal	800FM-F2	

	Non-Illuminated, Flush Push Button	Green		800FM-F3	
Flush Operator, Cat. No. 800FP-F3	Non-Illuminated, Extended Push Button	Red		800FM-E4	
	Illuminated, Flush Push Button	Green	Plastic	800FP-LF3	1
	Illuminated, Extended Push Button	Red		800FP-LE4	
	Illuminated, Flush Push Button	Yellow		800FP-LF5	
	Illuminated, Flush Push Button	Green	Metal	800FM-LF3	
	Illuminated, Extended Push Button	Red		800FM-LE4	
Flush Operator, Cat. No. 800FM-LF4	Illuminated, Flush Push Button	Yellow		800FM-LF5	
	Diffused Pilot Light	Green	Plastic	800FP-P3	1
		Red		800FP-P4	
		Yellow		800FP-P5	
		Green	Metal	800FM-P3	
		Red		800FM-P4	
Diffused Pilot Light, Cat. No. 800FP-P7		Yellow		800FM-P5	
	Non-Illuminated, 2-Position, Maintained Selector Switch	Black	Plastic	800FP-SM22	1
	Non-Illuminated, 3-Position, Maintained Selector Switch			800FP-SM32	
	Non-Illuminated, 3-Position, Spring Return from Both Positions Selector Switch			800FP-SB32	
	Non-Illuminated, 2-Position, Maintained Selector Switch		Metal	800FM-SM22	
	Non-Illuminated, 3-Position, Maintained Selector Switch			800FM-SM32	
Selector Switch, Cat. No. 800FP-SM32	Non-Illuminated, 3-Position, Spring Return from Both Positions Selector Switch			800FM-SB32	
	Non-Illuminated, 40 mm Twist-to-Release Maintained Mushroom	Red	Plastic	800FP-MT44	1
	Non-Illuminated, 40 mm Push-Pull Maintained Mushroom			800FP-MP44	
	Non-Illuminated, 40 mm Twist-to-Release Maintained Mushroom		Metal	800FM-MT44	
40 mm Trigger Action Twist-to-Release Mushroom Cat. No. 800FP-MT44	Non-Illuminated, 40 mm Push-Pull Maintained Mushroom			800FM-MP44	

Back of Panel	Description	Cat. No.	Pkg. Quantity
	Metal Latch	800F-ALM	10
	Plastic Latch	800F-ALP	
	Normally Open Contact Block	800F-X10	
	Normally Closed Contact Block	800F-X01	
	Integrated LED Module with Plastic Latch — Red LED	800F-PNxR✶	1
	Integrated LED Module with Plastic Latch — Green LED	800F-PNxG✶	
	Integrated LED Module with Plastic Latch — Yellow LED	800F-PNxY✶	

	Integrated LED Module with Metal Latch — Red LED	800F-MNxR✶
	Integrated LED Module with Metal Latch — Green LED	800F-MNxG✶
Power Module with Latch Cat. No. 800F-MN3G	Integrated LED Module with Metal Latch — Yellow LED	800F-MNxY✶

✶ To complete the cat. no., replace the **x** with one of the following voltage codes: 3 = 24V, 5 = 120V, 7 = 240V.

Complete Units✶

Non-Illuminated Push Buttons, Momentary (Screw Terminal Connections)

	Description	Type of Contact		Color	Construction	Cat. No.	Pkg. Quantity
		N.O.	N.C.				
	Flush	1	—	Green	Plastic Operator / Plastic Latch	800FP-F3PX10	1
				Black		800FP-F2PX10	
				Green	Metal Operator / Metal Latch	800FM-F3MX10	
Flush Operator, Cat. No. 800FP-F3PX10				Black		800FM-F2MX10	
	Extended	—	1	Red	Plastic Operator / Plastic Latch	800FP-E4PX01	
Cat. No. 800FM-E4MX01					Metal Operator / Metal Latch	800FM-E4MX01	
	Multi-Function (Flush / Extended)	1	1	Green/ Red	Plastic Operator / Plastic Latch	800FP-U2E4F3PX11	
					Metal Operator / Metal Latch	800FM-U2E4F3MX11	
				Green "1"/ Red "0"	Plastic Operator / Plastic Latch	800FP-U2EFFEPX11	
Cat. No. 800FP-U2E4F3PX10					Metal Operator / Metal Latch	800FM-U2EFFEMX11	

Non-Illuminated Selector Switches (Screw Terminal Connections)

	Description	Type of Contact		Style	Construction	Cat. No.	Pkg. Quantity
		N.O.	N.C.				
	Standard Lever, Black	1	—	2-position maintained	Plastic Operator / Plastic Latch	800FP-SM22PX10	1
		1	1	2-position maintained	Plastic Operator / Plastic Latch	800FP-SM22PX11	
		1	—	2-position	Metal Operator /	800FM-SM22MX10	

				maintained	Metal Latch	
		1	1	2-position maintained	Metal Operator / Metal Latch	800FM-SM22MX11
		2	—	3-position maintained	Plastic Operator / Plastic Latch	800FP-SM32PX20
Cat. No. 800FP-SM22PX10		2	—	3-position maintained	Metal Operator / Metal Latch	800FM-SM32MX20

✶ For complete units not listed and configuration assistance, see RAISE product selection software.

Complete Units, Continued ✶

Non-Illuminated Emergency Stop Operators, ∅40 mm, Red (Screw Terminal Connections)

	Description	Type of Contact❄		Construction	Cat. No.	Pkg. Quantity
		N.O.	N.C.			
	Twist-to-Release	—	1	Plastic Operator / Plastic Latch	800FP-MT44PX01S	1
		—	1	Metal Operator / Metal Latch	800FM-MT44MX01S	
		1	1	Plastic Operator / Plastic Latch	800FP-MT44PX11S	
Cat. No. 800FP-MT44PX01S		1	1	Metal Operator / Metal Latch	800FM-MT44MX11S	

❄ Self-monitoring contact block included when N.C. is specified.

Pilot Lights with Integrated LED Modules (Screw Terminal Connections)

	Voltage	Style	Construction	Cat. No.	Pkg. Quantity
	24V AC/DC	Green	Plastic Operator / Plastic Latch	800FP-P3PN3G	1
		Red		800FP-P4PN3R	
		Yellow		800FP-P5PN3Y	
		Blue		800FP-P6PN3B	
		White		800FP-P7PN3W	
	120V AC	Green		800FP-P3PN5G	
		Red		800FP-P4PN5R	
		Yellow		800FP-P5PN5Y	
		Blue		800FP-P6PN5B	
		White		800FP-P7PN5W	
	240V AC	Green		800FP-P3PN7G	

		Red		800FP-P4PN7R
		Yellow		800FP-P5PN7Y
		Blue		800FP-P6PN7B
Cat. No. 800FP-P7PN3W		White		800FP-P7PN7W

✶ For complete units not listed and configuration assistance, see RAISE product selection software.

Specifications

Front-of-Panel (Operators)

Mechanical Ratings			
Description		**Plastic (Bulletin 800FP)**	**Metal (Bulletin 800FM)**
Vibration (assembled to panel)		Tested at 10…2000 Hz, 1.52 mm displacement (peak-to-peak) max./10 G max. for 3 hr duration, no damage	
Shock		Tested at 1/2 cycle sine wave for 11 ms; no damage at 100 G	
Degree of protection❄		IP65/66 (Type 3/3R/4/4X/12/13)	IP65/66 (Type 3/3R/4/12/13)
Mechanical durability per EN 60947-5-1 (Annex C)	10,000,000 Cycles	Momentary Push Buttons, Momentary Mushroom	
	1,000,000 Cycles	Multi-Function, Selector Switch, Key Selector Switch, Selector Jog, SensEject™ Key Selector Switch	
	500,000 Cycles	Non-Illuminated Push-Pull E-Stop	
	300,000 Cycles	Twist-to-Release E-Stop, Illuminated Push-Pull E-Stop, Alternate Action Push Buttons	
	100,000 Cycles	Potentiometer, Toggle Switch	
Operating forces (typical with one contact block)		Flush/extended = 5 N, E-stop = 36 N Mushroom = 9 N	
Operating torque (typical application with one contact block)		Selector switch = 0.25 N•m	
Environmental			
Temperature range (operating)		-25…+70°C (-13…158°F)‡	
Temperature range (short term storage)		-40…+85°C (-40…185°F)	
Humidity		50…95% RH from 25…60°C (77…140°F) per: Procedure IV of MIL-STD-810C, Method 507.1 cycling test	

✶ Performance Data — see page Important-2 of the Industrial Controls catalog (A115-CA001A-EN-P).
❄ Momentary mushroom operators are IP65. Plastic keyed operators are IP66, Type 4/13; not Type 4X.
‡ Operating temperatures below 0°C (32°F) are based on the absence of freezing moisture and liquids, UL recognized to 55°C (131°F) - Incandescent module Max 40°C (104°F).

Back-of-Panel Components

Electrical Ratings	
Standard contact block ratings	A600, Q600 600V AC

		AC 15, DC 13 to IEC/EN 60947-5-1 and UL 508, 17V, 5 mA min.		
Low voltage contact block ratings❄		5V, 1 mA DC min. C300, R150, AC 15, DC 13 to EN 60947-5-1 and UL 508		
	Nominal Voltage	**Range**	**Current Draw**	**Frequency**
LED Module Ratings	24V AC 24V DC 120V AC 240V AC	10…29V AC 10…30V DC 70…132V AC 180…264V AC	31 mA 24 mA 25 mA 22 mA	50/60 Hz DC 50/60 Hz 50/60 Hz
Thermal current		10 A max. enclosed (40°C ambient) to UL508, EN 60947-5-1		
Insulation voltage (Ui)		Screw terminal = 690V, spring-clamp = 300V		
Wire capacity (screw terminal)		#18…12 AWG (0.75…2.5 mm^2) Max. (2) #14 AWG or (1) #12 AWG		
Wire capacity (spring-clamp terminal)		#18…14 AWG (0.75…1.5 mm^2)		
Recommended tightening torque on screw terminals		0.7…0.9 N•m (6…8 lb-in.)		
Dielectric strength (minimum)		2500V for one minute		
External short circuit protection	Standard blocks	10 A type gL/gG cartridge fuse to EN 60269-2-1 or gN (Class J to UL 248-8 or Class C to UL 248-4)		
	Low voltage contact blocks	6 A type gL/gG cartridge fuse to EN 60269-2-1 or gN (Class J to UL 248-8 or Class C to UL 248-4)		
Electrical shock protection		Finger-safe conforming to IP2X		
Mechanical Ratings				
Vibration (assembled to panel)		Tested at 10…2000 Hz, 1.52 mm displacement (peak-to-peak) max./10 G max. 6 hr		
Shock		Tested at 1/2 cycle sine wave for 11 ms and no damage at 100 G max.		
Contact durability per EN 60947-5-1 (Annex C)		10,000,000 cycles		
Contact operation	N.O.	Slow double make and break		
	N.C.	Slow double make and break — positive opening		
		⊖		
	N.O.E.M.	Double break / double make, early make		
	N.C.L.B.	Double break / double make, late break — positive opening		
		⊖		
	N.C.E.B.	Double break / double make, early break — positive opening		
		⊖		
Push button travel to change electrical state		N.C. and N.O.E.M.	1.5 mm (0.060 in.)	
		N.O. and N.C.L.B.	2.5 mm (0.1 in.)	
Operating forces (typical)	Single circuit contact block	3.4 N		
	Dual circuit contact block	5…6.5 N		
Illumination				
LED Dominant Wavelength	Green Red Yellow Blue White	525 nm 629 nm 590 nm 470 nm —		

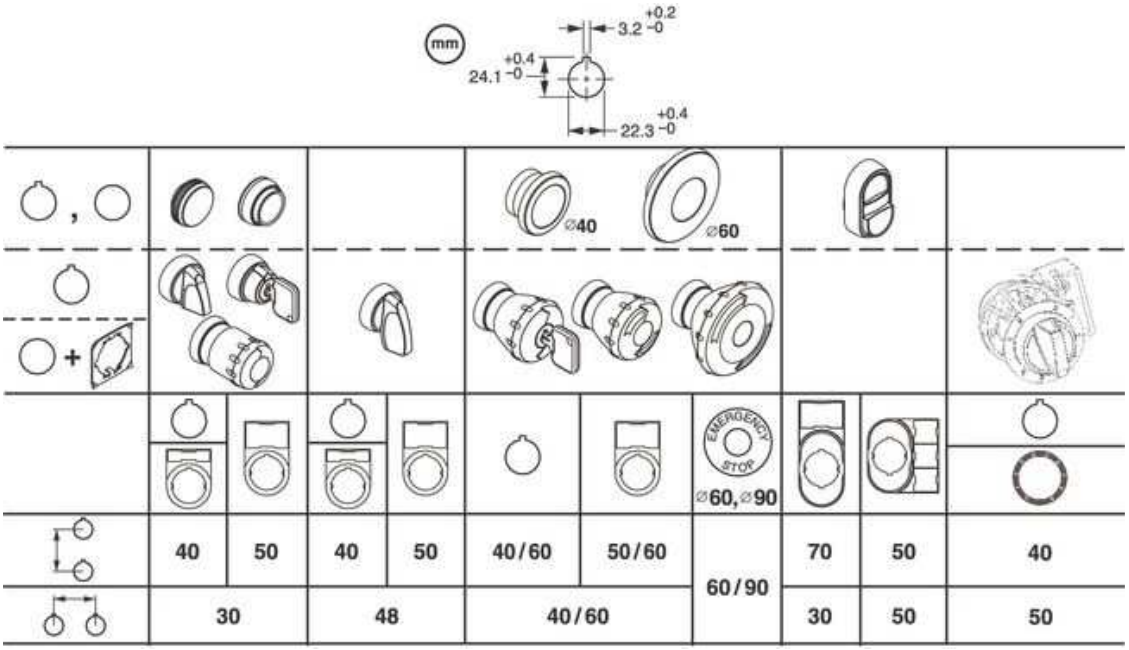
LED Luminous Intensity	Green Red Yellow Blue White	890 mcd 890 mcd 690 mcd 193 mcd 412 mcd
Incandescent maximum wattage		2.6 W
Materials		
Springs		Stainless steel and zinc coated music wire
Electrical contacts	Standard	Silver-nickel
	Low voltage	Gold-plated over silver
Terminals	Screw	Brass
	Spring-clamp	Silver-plated brass

✶ Performance Data — see page Important-2 of the Industrial Controls catalog (A115-CA001A-EN-P).
❄ Low voltage contacts are recommended for applications below 17V, 5 mA.

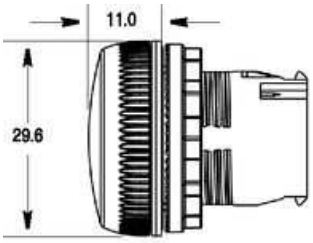
Approximate Dimensions

Dimensions in millimeters. Dimensions are not intended to be used for manufacturing purposes. Refer to RAISE software for additional dimensional information.

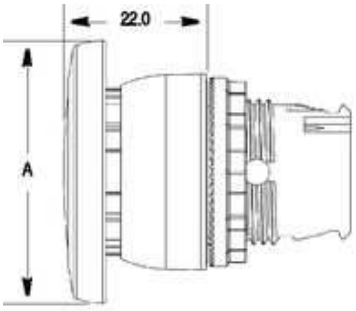
Panel Hole Spacing



Pilot Light Operators



Illuminated and Non-Illuminated
Momentary Mushroom Operators
40 mm and 60 mm

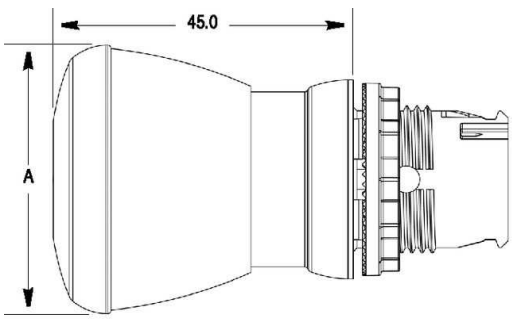


Operator	A
40 mm	39.8
60 mm	59.8

Dimensions in millimeters. Dimensions are not intended to be used for manufacturing purposes.

Illuminated and Non-Illuminated
Push-Pull Mushroom Operators
30 mm, 40 mm, and 60 mm

Operator	A
30 mm	30.0
40 mm	40.0
60 mm	60.0



871TM 3 hilos CC, ferro o no ferro selectivo

Cara de acero inoxidable/cuerpo roscado de acero inoxidable

871TM tipo cable de CC
12, 18, 30 mm

871TM tipo conector
Mini de CC
12, 18, 30 mm

871TM tipo conector
Micro de CC
12, 18, 30 mm

Características

- Operación por 3 cables
- Conexión de 3 conductores o 4 pines
- 10 - 30 VCC
- Detección selectiva férrica o no férrica
- Protección contra cortocircuito, sobrecarga, impulsos falsos, inversión de polaridad y ruido transitorio
- Salida normalmente abierta o cerrada
- Lista UL, certificación CSA y marca CE para todas las directivas aplicables (pueden no estar disponibles para algunos modelos bajo pedido especial)

Nota: Los modelos de CA/CC también están disponibles como ítems bajo pedido especial. Comuníquese con la fábrica para obtener detalles.

Especificaciones

Corriente de carga	≤200 mA
Carga capacitiva	≤1 μF
Corriente de fuga	≤10 μA
Voltaje de trabajo	10 - 30 VCC
Caída de voltaje	≤1 VCC a 200 mA
Capacidad de repetición	≤10% a temperatura constante
Histéresis	10% típico
Protección contra pulsos en falso	Incorporada
Protección contra ruido transitorio	Incorporada
Protección contra inversión de polaridad	Incorporada
Protección contra cortocircuitos	Incorporada (se activa normalmente a 340 mA)
Protección contra sobrecargas	Incorporada
Aprobaciones	Lista UL, certificación CSA y marca CE para todas las directivas aplicables (pueden no estar disponibles para algunos modelos bajo pedido especial)
Envolvente	NEMA 1, 2, 3, 3R, 4, 4X, 6, 6P, 12, 13, IP67 (IEC 529), Proyecciones de agua de 1200 psi (8270 kPa) Cara y cuerpo de acero inoxidable
Conexiones	Cable: 2 m (6.5 pies) longitud A2- PVC de 3 conductores C2-ToughLink de 3 conductores #22 AWG™ H2-ToughLink de 3 conductores #18 AWG™ Conector: tipo Mini de 4 pines tipo Micro de 4 pines
Indicadores LED	Rojo: Activación de salida Verde: Alimentación eléctrica/cortocircuito (parpadeante) – modelos de 18 mm solamente
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a +70 °C (-13 °F a +158 °F)
Impacto	30 g, 11 ms
Vibración	55 Hz, 1 mm amplitud, 3 planos

Factores de corrección

Material del objeto	Factor de corrección	
	Selectivo Férrico	Selectivo no Férrico
Acero	1.0	0.0
Acero inoxidable	0-1.0❶	0-1.0❶
Latón	0.0	1.0
Aluminio	0.0	1.0
Aluminio con grosor >0.003	0.0	1.0
Cobre	0.0	1.0

❶ Variación debido a diferencias en la composición de la aleación.

871TM 3 hilos CC, ferro o no ferro selectivo

Cara de acero inoxidable/cuerpo roscado de acero inoxidable

Selección de productos

Diám. del cuerpo	Distancia de detección nominal mm (pulg.)	Blindado	Configuración de salida		Frecuencia de conmutación (Hz)	Tipo de objeto	Número de Catálogo			
							Cable PVC	Cable ToughLink	Tipo conector Mini	Tipo conector Micro
12 mm	1 (0.04)	S	N.A.	PNP	25	Férrico	871TM-DF1NP12-A2	871TM-DF1NP12-C2	871TM-DF1NP12-N4	871TM-DF1NP12-D4
				NPN			871TM-DF1NN12-A2	871TM-DF1NN12-C2	871TM-DF1NN12-N4	871TM-DF1NN12-D4
			N.C.	PNP			871TM-DF1CP12-A2	871TM-DF1CP12-C2	871TM-DF1CP12-N4	871TM-DF1CP12-D4
				NPN			871TM-DF1CN12-A2	871TM-DF1CN12-C2	871TM-DF1CN12-N4	871TM-DF1CN12-D4
	2 (0.08)		N.A.	PNP		No férrico	–	871TM-DN2NP12-C2*	871TM-DN2NP12-N4*	871TM-DN2NP12-D4*
				NPN			–	871TM-DN2NN12-C2*	871TM-DN2NN12-N4*	871TM-DN2NN12-D4*
			N.C.	PNP			–	871TM-DN2CP12-C2*	871TM-DN2CP12-N4*	871TM-DN2CP12-D4*
				NPN			–	871TM-DN2CN12-C2*	871TM-DN2CN12-N4*	871TM-DN2CN12-D4*
18 mm	3 (0.12)		N.A.	PNP	10	Férrico	–	871TM-DF3NP18-H2	871TM-DF3NP18-N4	871TM-DF3NP18-D4
				NPN			–	871TM-DF3NN18-H2*	871TM-DF3NN18-N4	871TM-DF3NN18-D4*
			N.C.	PNP			–	871TM-DF3CP18-H2*	871TM-DF3CP18-N4*	871TM-DF3CP18-D4*
				NPN			–	871TM-DF3CN18-H2*	871TM-DF3CN18-N4*	871TM-DF3CN18-D4*
	5 (0.20)		N.A.	PNP	20	No férrico	871TM-DN5NP18-A2	871TM-DN5NP18-H2	871TM-DN5NP18-N4	871TM-DN5NP18-D4
				NPN			–	871TM-DN5NN18-H2*	871TM-DN5NN18-N4*	871TM-DN5NN18-D4*
			N.C.	PNP			–	871TM-DN5CP18-H2*	871TM-DN5CP18-N4*	871TM-DN5CP18-D4*
				NPN			–	871TM-DN5CN18-H2*	871TM-DN5CN18-N4*	871TM-DN5CN18-D4*
30 mm	7.5 (0.30)		N.A.	PNP	15	Férrico	–	871TM-DF8NP30-H2*	871TM-DF8NP30-N4*	871TM-DF8NP30-D4*
				NPN			–	871TM-DF8NN30-H2*	871TM-DF8NN30-N4*	871TM-DF8NN30-D4*
			N.C.	PNP			–	871TM-DF8CP30-H2*	871TM-DF8CP30-N4*	871TM-DF8CP30-D4*
				NPN			–	871TM-DF8CN30-H2*	871TM-DF8CN30-N4*	871TM-DF8CN30-D4*
	10 (0.39)		N.A.	PNP		No férrico	871TM-DN10NP30-A2	871TM-DN10NP30-H2	871TM-DN10NP30-N4	871TM-DN10NP30-D4
				NPN			–	871TM-DN10NN30-H2*	871TM-DN10NN30-N4*	871TM-DN10NN30-D4*
			N.C.	PNP			–	871TM-DN10CP30-H2*	871TM-DN10CP30-N4*	871TM-DN10CP30-D4*
				NPN			–	871TM-DN10CN30-H2*	871TM-DN10CN30-N4*	871TM-DN10CN30-D4*
Conjunto recomendado de cables de conector normal (-6F = 1.8 m (6 pies), -2 = 2 m (6.5 pies))									889N-F4AFC-6F	889D-F4AC-2

* Disponible como artículo bajo pedido especial. Los modelos de CA/CC también están disponibles. Las especificaciones y las dimensiones pueden cambiar. Se requiere que los pedidos sean de un mínimo de quince piezas. Comuníquese con la fábrica para obtener precios y tiempos de avance.

Conjuntos de cables de conector y accesorios

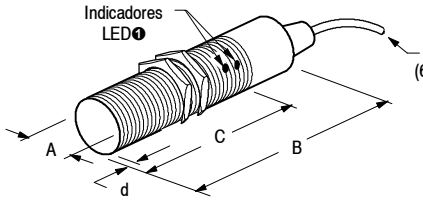
Descripción	Número de página
Otros conjuntos de cables disponibles	NO TAG
Cajas de terminales	NO TAG
Escuadras de montaje	R2-196 - R2-200
Tapas protectoras	R2-205, R2-206
Tuercas de montaje	R2-207 - R2-208

871TM 3 hilos CC, ferro o no ferro selectivo

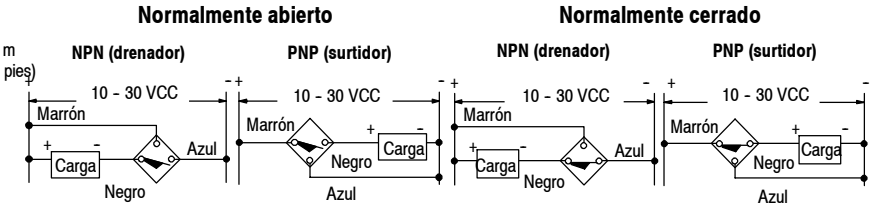
Cara de acero inoxidable/cuerpo roscado de acero inoxidable

Dimensiones; mm (pulgadas)

Tipo de cable



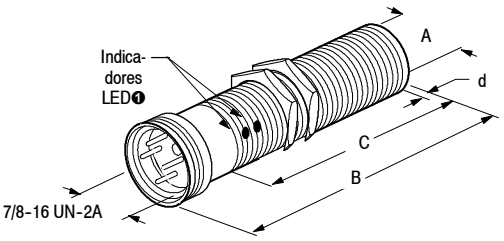
Diagramas de cableado

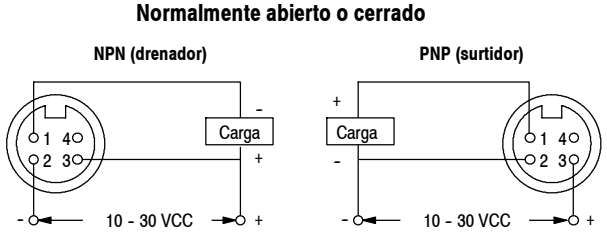


❶ Disponible para modelos de 18 mm solamente

Tamaño de la rosca	Blindado	Tipo de objeto	mm (pulgadas)			
			A	B	C	d
M12 X 1	S	Férrico y no férrico	12.0 (0.47)	51.0 (2.01)	27.5 (1.08)	–
M18 X 1		Férrico	18.0 (0.71)	76.8 (3.02)	65.0 (2.56)	–
		No férrico	18.0 (0.71)	74.7 (2.94)	60.0 (2.36)	2.5 (0.10)
M30 x 1.5		Férrico y no férrico	30.0 (1.18)	77.5 (3.05)	63.0 (2.48)	2.5 (0.10)

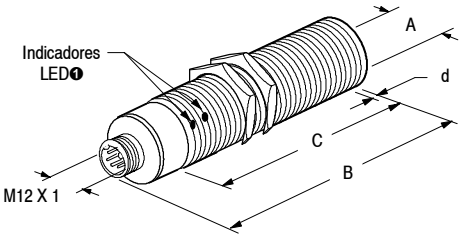
Tipo conector Mini

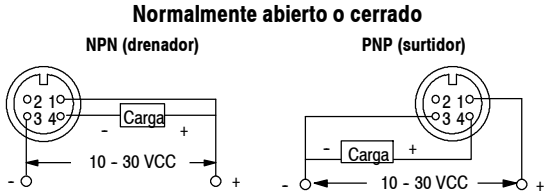




Tamaño de la rosca	Blindado	Tipo de objeto	mm (pulgadas)			
			A	B	C	d
M12 X 1	S	Férrico y no férrico	12.0 (0.47)	61.3 (2.45)	30.4 (1.20)	–
M18 X 1		Férrico	18.0 (0.71)	78.5 (3.14)	60.0 (2.40)	–
		No férrico	18.0 (0.71)	76.6 (3.02)	54.9 (2.16)	2.5 (0.10)
M30 x 1.5		Férrico y no férrico	30.0 (1.18)	86.0 (3.39)	63.5 (2.50)	2.5 (0.10)

Tipo conector Micro





❶ Disponible para modelos de 18 mm solamente

Tamaño de la rosca	Blindado	Tipo de objeto	mm (pulgadas)			
			A	B	C	D
M12 X 1	S	Férrico y no férrico	12.0 (0.47)	62.3 (2.45)	30.4 (1.20)	0.9 (0.04)
M18 X 1		Férrico	18.0 (0.71)	85.0 (3.35)	65.5 (2.58)	2.0 (0.08)
		No férrico	18.0 (0.71)	84.3 (3.32)	60.0 (2.36)	2.5 (0.10)
M30 x 1.5	S	Férrico y no férrico	30.0 (1.18)	85.5 (3.37)	63.0 (2.48)	2.5 (0.10)

440P interruptores de final de carrera de seguridad

Interruptores metálicos de posición de 30 mm

Los interruptores metálicos de final de carrera de seguridad de 30 mm cumplen con las especificaciones EN 50041 y han sido desarrollados para ofrecer una gama de opciones que incluye envolventes metálicos y de plástico de varios tamaños, configuraciones a elegir de acción instantánea, apertura/cierre lento de 2, 3 ó 4 contactos y una selección de cabezales de accionador.

El rango Senator ofrece la opción de girar el cabezal en incrementos de 90° antes de la instalación para dar facilidad de montaje.

Los interruptores de final de carrera Guardmaster/Allen–Bradley se pueden usar en aplicaciones distintas a las de puertas de guarda, por ejemplo en fundaciones móviles, brazos de grúas, montacargas, elevadores, etc.

La operación de estos interruptores de final de carrera se realiza por la acción deslizante de la guarda u otro objeto móvil que desvía el pistón o palanca. Para las aplicaciones de seguridad es importante que ante el accionamiento, el resguardo u otros objetos movibles no pasen completamente por el interruptor y permitan que el pistón o la palanca regresen a su posición original.

Especificaciones

Estándares	EN954−1, ISO13849−1, IEC/EN60204−1, NFPA79, EN1088, ISO14119, IEC/ EN60947−5−1, ANSI B11.19, AS4024.1				
Categoría	Dispositivo Cat. 1 según el estándar EN954−1, enclavamientos de dos canales aptos para los sistemas Cat. 3 ó 4				
Homologaciones	cULus, TUV y marca CE para todas las directivas aplicables				
Contactos de seguridad	1 N.C. de acción instantánea, 2 N.C., 3 N.C. o 4 N.C. de acción lenta				
Contactos auxiliares	1 N.A. (con 2 N.C.)				
Designación/Cat. de utilización					
A600/AC−15	**(Ue)**	600 V	500 V	240 V	120 V
	(Ie)	1.2 A	1.4 A	3 A	6 A
N600/DC−13	**(Ue)**	600 V	500 V	250 V	125 V
	(Ie)	0.4 A	0.55 A	1.1 A	2.2 A
Corriente mín.	5 V, 5 mA, CC				
Corriente térmica (Ith)	10 A				
Voltaje nominal de aislamiento	600 VCA				
Voltaje nominal impulsivo no disruptivo	2500V				
Recorrido para abertura positiva	Varios (vea la tabla Selección de productos)				
Velocidad máx. de conmutación	250 mm/s				
Velocidad mín. de conmutación	100 mm/min				
Frecuencia máx. de conmutación	6000 operaciones por hora				
Material del envolvente	Aleación de metal fundido				
Material del accionador	Consulte la tabla "Selección de productos"				
Protección del envolvente	IP 66				
Temperatura de funcionamiento	Mín. −25 °C (−18 °F) máx. 80 °C (+176 °F)				
Grado de contaminación ❶	3				
Vida mecánica útil	1 x 107				
Entrada del conducto	M20 o 1/2 pulg. NPT				
Fijo	2 x M5				
Montaje	Cualquier posición				
Color	Rojo				

❶ Se presenta contaminación conductiva, o bien, se presenta contaminación no conductiva seca que se hace conductiva debido a la condensación.

Especificaciones

- Gran selección de cabezales de accionador
- Operación positiva, desconexión forzada de contactos
- Bloques de contactos de acción instantánea, de cierre lento antes de apertura o de apertura lenta antes de cierre
- Contactos 1 N.C. + 1 N.A., 2 N.C. + 1 N.A. 3 N.C., 2 N.C. + 2 N.A., 3 N.C. + 1 N.A., ó 4 N.C.
- Cumple con las especificaciones EN 50041, EN 1088, EN 60947–5–1, EN 292 y EN 60204–1

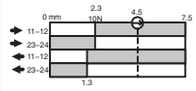
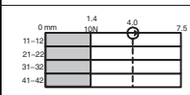
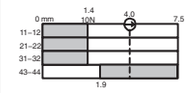
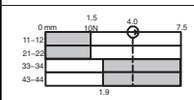
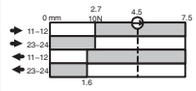
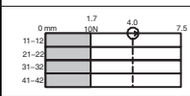
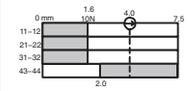
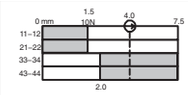
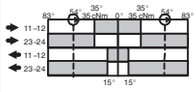
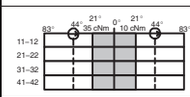
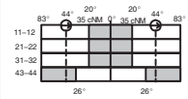
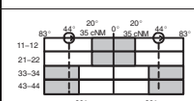
Interruptores metálicos de posición de 30 mm

Selección de productos . . . . . página 5–66
Diagramas de cableado . . . . . página 5–69
Dimensiones . . . . . página 5–70

440P interruptores de final de carrera de seguridad

Interruptores metálicos de posición de 30 mm

Selección de productos

Tipo de operador	Contactos: Seguridad	Contactos: Aux.	Tipo de contacto	Fuerza/par típico para operar	Características de apertura de contacto	Número de Catálogo: Conducto de 1/2 pulg. NPT	Número de Catálogo: Conducto M20	Número de Catálogo: Conector ❶
Pistón de metal de rodillo	1N.C.	1 N.A.	Acción instantánea	13N		440P–MRPS11E	440P–MRPS11B	440P–MRPS11N5
	4 N.C.	—	—	11N		440P–MRPB04E	440P–MRPB04B	440P–MRPB04M9
	3 N.C.	1 N.A.	AAC	11N		440P–MRPB13E	440P–MRPB13B	440P–MRPB13M9
	2 N.C.	2 N.A.	AAC	11N		440P–MRPB22E	440P–MRPB22B	440P–MRPB22M9
Pistón de metal abovedado	1N.C.	1 N.A.	Acción instantánea	13N		440P–MDPS11E	440P–MDPS11B	440P–MDPS11N5
	4 N.C.	—	—	11N		440P–MDPB04E	440P–MDPB04B	440P–MDPB04M9
	3 N.C.	1 N.A.	AAC	11N		440P–MDPB13E	440P–MDPB13B	440P–MDPB13M9
	2 N.C.	2 N.A.	AAC	11N		440P–MDPB22E	440P–MDPB22B	440P–MDPB22M9
Palanca de metal corta	1N.C.	1 N.A.	Acción instantánea	0.34 Nm		440P–MSLS11E	440P–MSLS11B	440P–MSLS11N5
	4 N.C.	—	—	0.20 Nm		440P–MSLB04E	440P–MSLB04B	440P–MSLB04M9
	3 N.C.	1 N.A.	AAC	0.34 Nm		440P–MSLB13E	440P–MSLB13B	440P–MSLB13M9
	2 N.C.	2 N.A.	AAC	0.34 Nm		440P–MSLB22E	440P–MSLB22B	440P–MSLB22M9
Conjunto de cables normal recomendado de 2 m, conector Mini de 5 pines. Consulte la página 8–1 para longitudes adicionales.								889N–F5AE–6F
Conjunto de cables normal recomendado de 2 m, de 12 pines, cable 9. Consulte la página 8–1 para longitudes adicionales.								889M–F12X9AE–2

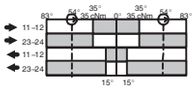
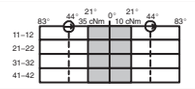
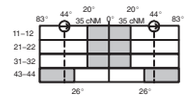
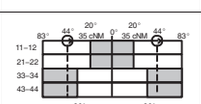
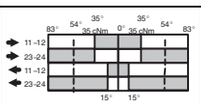
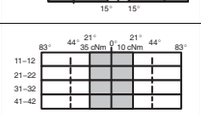
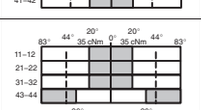
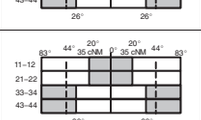
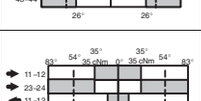
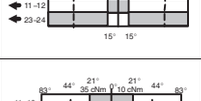
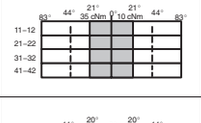
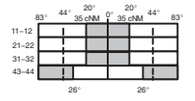
❶ N5 = conector Mini de 5 pines.
M9 = conector M23 de 12 pines (use cable 9).

Diagramas de cableado: Vea la página 5–69.
Dimensiones: Vea la página 5–70.

440P interruptores de final de carrera de seguridad

Interruptores metálicos de posición de 30 mm

Selección de productos (continuación)

Tipo de operador	Contactos		Tipo de contacto	Fuerza/par típico para operar	Características de apertura de contacto □ Abierto ■ Cerrado ◓ Punto de apertura positiva	Número de Catálogo		
	Seguridad	Aux.				Conducto de 1/2 pulg. NPT	Conducto M20	Conector ❶
 Palanca de metal corta, rodillo metálico	1N.C.	1 N.A.	Acción instantánea	0.34 Nm		440P–MMHS11E	440P–MMHB11B	440P–MMHS11N5
	4 N.C.	—	—	0.20 Nm		440P–MMHB04E	440P–MMHB04B	440P–MMHB04M9
	3 N.C.	1 N.A.	AAC	0.34 Nm		440P–MMHB13E	440P–MMHB13B	440P–MMHB13M9
	2 N.C.	2 N.A.	AAC	0.34 Nm		440P–MMHB22E	440P–MMHB22B	440P–MMHB22M9
 Palanca de metal ajustable ❷	1N.C.	1 N.A.	Acción instantánea	0.34 Nm		440P–MALS11E	440P–MALS11B	440P–MALS11N5
	4 N.C.	—	—	0.20 Nm		440P–MALB04E	440P–MALB04B	440P–MALB04M9
	3 N.C.	1 N.A.	AAC	0.34 Nm		440P–MALB13E	440P–MALB13B	440P–MALB13M9
	2 N.C.	2 N.A.	AAC	0.34 Nm		440P–MALB22E	440P–MALB22B	440P–MALB22M9
 Palanca de metal de vástago ❷	1N.C.	1 N.A.	Acción instantánea	0.34 Nm		440P–MARS11E	440P–MARS11B	440P–MARS11N5
	4 N.C.	—	—	0.20 Nm		440P–MARB04E	440P–MARB04B	440P–MARB04M9
	3 N.C.	1 N.A.	AAC	0.34 Nm		440P–MARB13E	440P–MARB13B	440P–MARB13M9
	2 N.C.	2 N.A.	AAC	0.34 Nm		440P–MARB22E	440P–MARB22B	440P–MARB22M9
Conjunto de cables normal recomendado de 2 m, conector Mini de 5 pines. Consulte la página 8–1 para longitudes adicionales.								889N–F5AE–6F
Conjunto de cables normal recomendado de 2 m, de 12 pines, cable 9. Consulte la página 8–1 para longitudes adicionales.								889M–F12X9AE–2

❶ N5 = conector Mini de 5 pines. M9 = conector M23 de 12 pines (use cable 9).

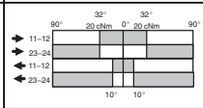
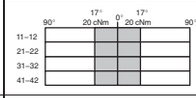
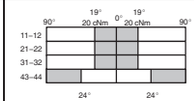
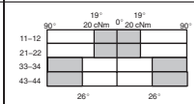
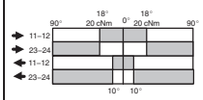
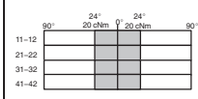
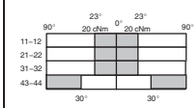
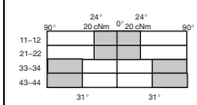
❷ Sin apertura positiva

Diagramas de cableado: Vea la página 5–69.
Dimensiones: Vea la página 5–70.

440P interruptores de final de carrera de seguridad

Interruptores metálicos de posición de 30 mm

Selección de productos (continuación)

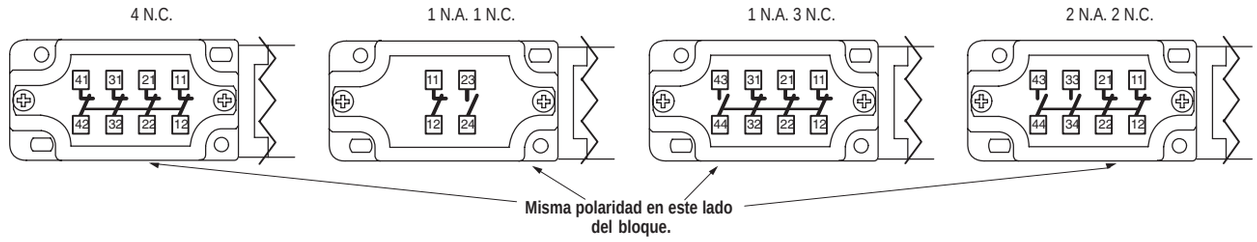
Tipo de operador	Contactos: Seguridad	Contactos: Aux.	Tipo de contacto	Fuerza/par típico para operar	Características de apertura de contacto	Número de Catálogo: Conducto de 1/2 pulg. NPT	Número de Catálogo: Conducto M20	Número de Catálogo: Conector ❶
Vástago de resorte de metal ❷	1N.C.	1 N.A.	Acción instantánea	0.20 Nm		440P–MSRS11E	440P–MSRB11B	440P–MSRS11N5
	4 N.C.	—	—	0.20 Nm		440P–MSRB04E	440P–MSRB04B	440P–MSRB04M9
	3 N.C.	1 N.A.	AAC	0.20 Nm		440P–MSRB13E	440P–MSRB13B	440P–MSRB13M9
	2 N.C.	2 N.A.	AAC	0.20 Nm		440P–MSRB22E	440P–MSRB22B	440P–MSRB22M9
Brazo telescópico ❷	1N.C.	1 N.A.	Acción instantánea	0.20 Nm		440P–MTAS11E	440P–MTAS11B	440P–MTAS11N5
	4 N.C.	—	—	0.20 Nm		440P–MTAB04E	440P–MTAB04B	440P–MTAB04M9
	3 N.C.	1 N.A.	AAC	0.20 Nm		440P–MTAB13E	440P–MTAB13B	440P–MTAB13M9
	2 N.C.	2 N.A.	AAC	0.20 Nm		440P–MTAB22E	440P–MTAB22B	440P–MTAB22M9
Conjunto de cables normal recomendado de 2 m, conector Mini de 5 pines. Consulte la página 8–1 para longitudes adicionales.								889N–F5AE–6F
Conjunto de cables normal recomendado de 2 m, de 12 pines, cable 9. Consulte la página 8–1 para longitudes adicionales.								889M–F12X9AE–2

❶ N5 = conector Mini de 5 pines. M9 = conector M23 de 12 pines (use cable 9).

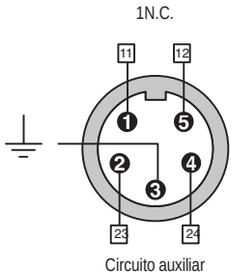
❷ Sin apertura positiva

Diagramas de cableado: Vea la página 5–69.
Dimensiones: Vea la página 5–70.

Diagrama de cableado típico



Conector Mini de 5 pines de 2 circuitos, conector N5



Conector M23 de 12 pines M9

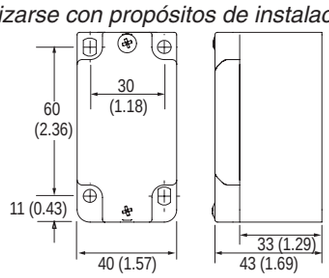
Configuración de pines del conector		4 N.C.		3 N.C. 1 N.A.		2 N.C. 2 N.A.	
		Terminal	Contacto	Terminal	Contacto	Terminal	Contacto
	1	11	N.C.	11	N.C.	11	N.C.
	3	12		12		12	
	4	21	N.C.	21	N.C.	21	N.C.
	6	22		22		22	
	7	31	N.C.	31	N.C.	33	N.A.
	8	32		32		34	
	9	41	N.C.	43	N.A.	43	N.A.
	10	42		44		44	
	12	Tierra					

440P interruptores de final de carrera de seguridad

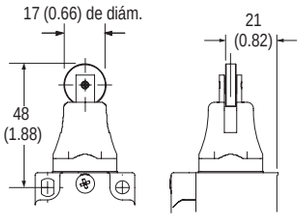
Interruptores metálicos de posición de 30 mm

Dimensiones aproximadas; mm (pulgadas)

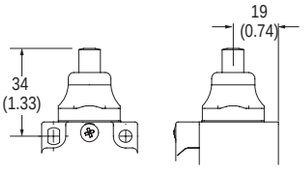
Las dimensiones no están diseñadas para utilizarse con propósitos de instalación.



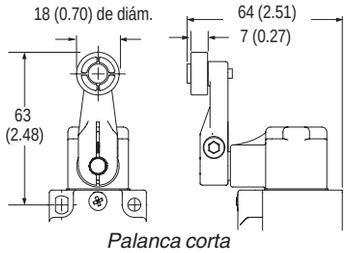
Cuerpo



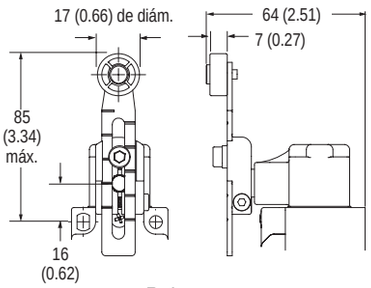
Pistón con rodillo



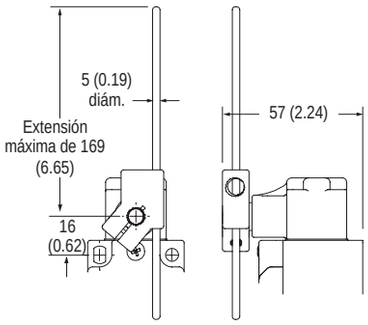
Pistón abovedado



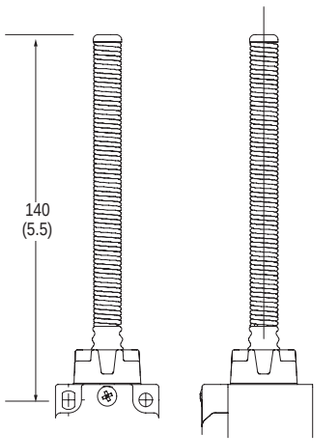
Palanca corta (rodillo metálico y de plástico)



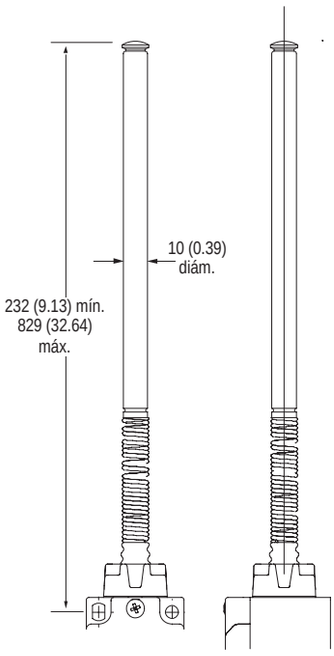
Palanca ajustable



Palanca de vástago



Vástago de resorte



Brazo telescópico

Descripción

La palanca con rodillo de ajuste con micrómetro, número de catálogo 802T–W6, está diseñada especialmente para instalaciones en las que la posición exacta del rodillo resulta crítica. Esta palanca tiene un rodillo con pivote que se puede girar lateralmente. Después de fijar la palanca al eje del interruptor, la posición del rodillo se puede ajustar de manera precisa a través de un arco de 7.5° en cada lado del centro o de la posición de línea recta.

Palancas con rodillo

Tipo	Rodillo			Número de catálogo
	Material	Diám.	Ancho	
Palanca de fundición de radio no ajustable de 0.75″	Metal	0.75″	0.27″	**802T–W9A**
Palanca de fundición de radio no ajustable de 1.5″ Rodillo al frente	Nylon	0.75″	0.28″	**802T–W1**
	Nylon	0.75″	1″	**802T–W1H**
	Doble nylon	0.75″	1″ cada uno	**802T–W1HH**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T–W1A**
	Acero	0.75″	0.75″	**802T–W1N**
	Cojinete de bolas	0.75″	0.23″	**802T–W1B**
	Cobre al berilio (no produce chispas)	0.75″	0.28″	**802T–W1J**
	Nylon	0.75″	0.75″	**802T–W1L**
Palanca de fundición de radio no ajustable de 1.5″ Rodillo trasero	Nylon	0.75″	0.28″	**802T–W1E**
	Nylon	0.75″	1″	**802T–W1D**
	Nylon	1.5″	0.28″	**802T–W1G**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T–W1F**
	Acero	0.75″	0.75″	**802T–W1C**
	Nylon	0.75″	0.75″	**802T–W1M**
Palanca de acero de radio no ajustable de 2.0″ Rodillo al frente	Nylon	0.75″	0.28″	**802T–W20**
	Nylon	0.75″	1″	**802T–W20D**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T–W20A**
	Acero	0.75″	0.75″	**802T–W20B**
	Cojinete de bolas	0.75″	0.23″	**802T–W20C**
	Cobre al berilio	0.75″	0.28″	**802T–W20E**
Palanca de acero de radio no ajustable de 2.0″ Rodillo trasero	Nylon	0.75″	0.28″	**802T–W20J**
	Nylon	0.75″	1″	**802T–W20K**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T–W20L**
	Acero	0.75″	0.75″	**802T–W20M**
	Cojinete de bolas	0.75″	0.23″	**802T–W20N**
	Cobre al berilio	0.75″	0.28″	**802T–W20P**
Palanca de acero de radio no ajustable de 2 1/8″ Rodillo al frente	Nylon	0.75″	0.75″	**802T–W18**
	Nylon	0.75″	1″	**802T–W18A**

Tipo	Rodillo			Número de catálogo
	Material	Diám.	Ancho	
Palanca de acero de radio no ajustable de 2.5″ Rodillo al frente	Nylon	0.75″	0.28″	**802T–W25**
	Nylon	0.75″	1″	**802T–W25D**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T–W25A**
	Acero	0.75″	0.75″	**802T–W25B**
	Cojinete de bolas	0.75″	0.23″	**802T–W25C**
	Cobre al berilio	0.75″	0.28″	**802T–W25E**
Palanca de acero de radio no ajustable de 2.5″ Rodillo trasero	Nylon	0.75″	0.28″	**802T–W25J**
	Nylon	0.75″	1″	**802T–W25K**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T–W25L**
	Acero	0.75″	0.75″	**802T–W25M**
	Cojinete de bolas	0.75″	0.23″	**802T–W25N**
	Cobre al berilio	0.75″	0.28″	**802T–W25P**
Palanca de acero de radio no ajustable de 3.0″ Rodillo al frente	Nylon	0.75″	0.28″	**802T–W30**
	Nylon	0.75″	1″	**802T–W30D**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T–W30A**
	Acero	0.75″	0.75″	**802T–W30B**
	Cojinete de bolas	0.75″	0.23″	**802T–W30C**
	Cobre al berilio	0.75″	0.28″	**802T–W30E**
Palanca de acero de radio no ajustable de 3.0″ Rodillo trasero	Nylon	0.75″	0.28″	**802T–W30J**
	Nylon	0.75″	1″	**802T–W30K**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T–W30L**
	Acero	0.75″	0.75″	**802T–W30M**
	Cojinete de bolas	0.75″	0.23″	**802T–W30N**
	Cobre al berilio	0.75″	0.28″	**802T–W30P**
Palanca de radio ajustable de 1.19″ a 3″	Nylon	0.75″	0.28″	**802T–W2**
	Nylon	0.75″	1″	**802T–W2D**
	Nylon	1.5″	0.28″	**802T–W2A**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T–W2B**
	Cojinete de bolas	0.75″	0.23″	**802T–W2C**
	Acero	1.4″	0.27″	**802T–W2E**
	Caucho	1.5″	0.5″	**802T–W2R**
	Cobre al berilio	0.75″	0.28″	**802T–NX94**
Palanca de radio ajustable de 1.19″ a 4″	Nylon	0.75″	0.28″	**802T–W17**
		1.5″		**802T–W17A**

❶ La palanca con rodillo ajustable con micrómetro está diseñada especialmente para instalaciones en las que la posición del rodillo es un factor determinante. Esta palanca tiene un rodillo con pivote que se puede girar lateralmente. Después de fijar la palanca al eje del interruptor, la posición del rodillo se puede ajustar de manera precisa a través de un arco de 7.5° en cada lado del centro o de la posición de línea recta.

Dimensiones: Vea la página 5–42.

Palancas de operación

Palancas con rodillo (continuación)

Tipo	Rodillo			Número de catálogo
	Material	Diám.	Ancho	
Palanca de horquilla de 1.5″ de radio	Nylon; rodillo al frente mano izquierda; rodillo trasero mano derecha.	0.75″	0.28″	**802T−W4**
	Acero; rodillo al frente mano izquierda; rodillo trasero mano derecha	0.75″	0.25″	**802T−W4B**
	Nylon; ambos rodillos al frente	0.75″	0.28″	**802T−W4A**
	Nylon; ambos rodillos atrás	0.75″	0.28	**802T−NX115**
	Nylon; ambos rodillos al frente	0.75″	1″	**802T−W4F**
	Acero; ambos rodillos al frente	0.75″	0.25″	**802T−W4C**
	Nylon; rodillo trasero mano izquierda; rodillo al frente mano derecha	0.75″	0.28″	**802T−W4D**
Palanca de ajuste con micrómetro ❶ de 1.5″ de radio	Nylon mano derecha ajust.	0.75″	0.28″	**802T−W6**
	Acero mano derecha ajust.	0.75″	0.25″	**802T−W6A**
	Cojinete de bolas mano derecha ajust.	0.75″	0.23″	**802T−W6B**
	Nylon mano izquierda ajust.	0.75″	0.28″	**802T−W6C**
	Acero mano izquierda ajust.	0.75″	0.25″	**802T−W6D**
	Cojinete de bolas mano izquierda ajust.	0.75″	0.23″	**802T−W6E**
	Nylon mano derecha ajust.	0.75″	1″	**802T−W6F**
Palanca unidireccional de radio no ajustable de 1.5″	Nylon	0.75″	0.28″	**802T−W7❶**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T−W7A❶**
	Cojinete de bolas	0.75″	0.23″	**802T−W7B❶**
Palanca acodada de radio no ajustable de 1.44″ Rodillo al frente	Nylon	0.75″	0.28″	**802T−W12❷**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T−W12A❷**
	Rodillo con cojinete	0.75″	0.23″	**802T−W12B**
Palanca acodada de radio no ajustable de 1.44″ Rodillo trasero	Nylon	0.75″	0.28″	**802T−W12E**
	Acero	0.75″	0.25″	**802T−W12F**

Palancas con rodillo; resistentes a la corrosión

Tipo	Material	Rodillo		Número de catálogo
		Diám.	Ancho	
Radio de 1.5″ Rodillo al frente	Rodillo de acero inoxidable tipo 316, pin de rodillo y pin de abrazadera El brazo de aluminio fundido en una pieza está protegido con TUFRAM®❺	0.75″	0.25″	**802MC−W1A**
Radio de 1.5″ Rodillo trasero	Rodillo de nylon El brazo de aluminio fundido en una pieza está protegido con TUFRAM®❺	1.5″	0.28″	**802MC−W1G**
Palanca acodada de radio no ajustable de 1.44″ Rodillo al frente	Rodillo de nylon El brazo de aluminio fundido en una pieza está protegido con TUFRAM®❺	0.75″	0.28″	**802MC−W12**
Radio ajustable de 1.19″ − 3″	Rodillo de acero inoxidable tipo 316, pin de rodillo, pin de abrazadera y brazo de palanca ajustable El bloque es de aluminio fundido protegido con TUFRAM❺	0.75″	0.25″	**802MC−W2B**

Dimensiones: **Vea la página 5–42.**

❶ No se use en interruptores de final de carrera de contacto mantenido.

❷ Al montarse en dispositivos enchufables, la palanca acodada proporciona un seguimiento de leva equivalente al de los dispositivos no enchufables que utilizan palancas con número de catálogo 802T−W1.

❸ Se recomienda para su uso con interruptores de par bajo de operación.

❹ No son para uso con interruptores tipo 802M−NPY5 ó 802M−ASY5.

❺ El TUFRAM es un recubrimiento sinergístico que combina las ventajas del anodizado con una infusión controlada de teflón para una mayor resistencia a la corrosión.

Palancas de vástago

Tipo	Material	Diám.	Número de catálogo
	Vástago de acero inoxidable de 5″ de largo	0.13″	**802T–W3❸**
	Vástago de acero inoxidable de 8.5″ de largo	0.13″	**802T–W3B❸**
	Vástago de acero inoxidable de 12″ de largo	0.13″	**802T–NX50**
	Vástago de acero inoxidable de 11.5″ de largo	0.13″	**802T–W3A**
		0.08″	**802T–W3F❹**
	Vástago de acero inoxidable de 14″ de largo	0.13″	**802T–NX159**
	Vástago de nylon de 12″ de largo	0.25″	**802T–W3C** **802T–NX142 ❻**
	Vástago de acero inoxidable de 5″ de largo	0.06″	**802T–W5❸**
	Vástago unidireccional de acero inoxidable de 5″ de largo	0.06″	**802T–W8❶**
	Vástago de lazo de nylatron de 6″ de largo, lazo de 2″ de ancho	0.18″	**802T–W14**
	Vástago de acero de 9″ de largo	0.25″	**802T–W16**
	Vástago de nylon de 9″ de largo	0.25″	**802T–W16A**

Palancas de vástago; resistentes a la corrosión

Tipo	Material	Diám.	Número de catálogo
	Vástago de acero inoxidable tipo 316 de 5″ de largo El bloque es de aluminio fundido protegido con TUFRAM❺	0.13″	**802MC–W3**
	Vástago de acero inoxidable tipo 316 de 11.5″ de largo El bloque es de aluminio fundido protegido con TUFRAM❺	0.08″	**802MC–W3A**
	Vástago de nylon de 12″ de largo El bloque es de aluminio fundido protegido con TUFRAM❺	0.25″	**802MC–W3C**

Dimensiones: **Vea la página 5–42.**

❶ No se use en interruptores de final de carrera de contacto mantenido.

❷ Al montarse en dispositivos enchufables, la palanca acodada proporciona un seguimiento de leva equivalente al de los dispositivos no enchufables que utilizan palancas con número de catálogo 802T–W1.

❸ Se recomienda para su uso con interruptores de par bajo de operación.

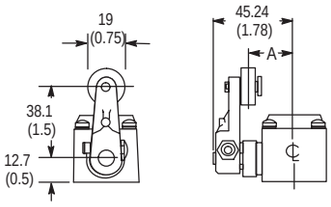
❹ No son para uso con interruptores tipo 802M–NPY5 ó 802M–ASY5.

❺ El TUFRAM es un recubrimiento sinergístico que combina las ventajas del anodizado con una infusión controlada de teflón para una mayor resistencia a la corrosión.

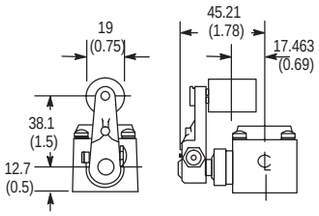
❻ Se recomienda para aplicaciones de alto impacto.

Palancas de operación

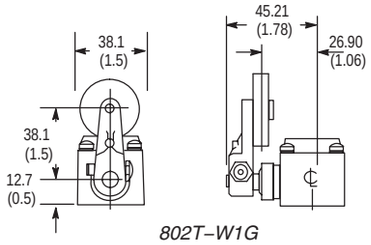
Dimensiones – mm (pulgadas)



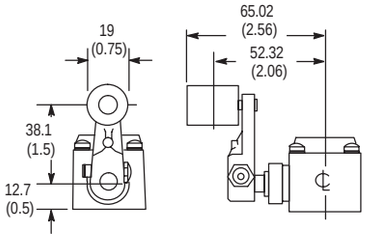
802T–W1C (Dimens. A = 0.81″);
802T–W1E y 802T–W1F (Dimens. A = 1.03″)
Peso de envío, 57 g (2 onzas). (W1C), 1 onza (W1E), 43 g (1.5 onzas) (W1F)



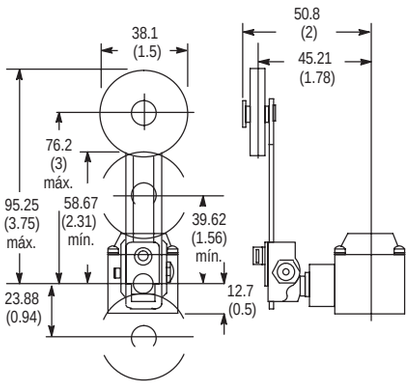
802T–W1D
Peso de envío, 43 g (1.5 onzas)



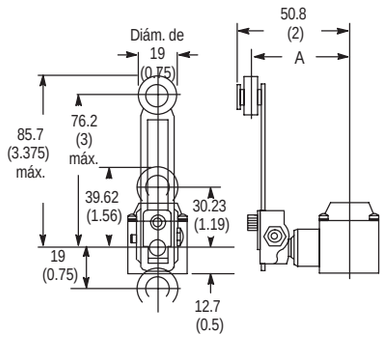
802T–W1G
Peso de envío, 28 g (1 onzas)



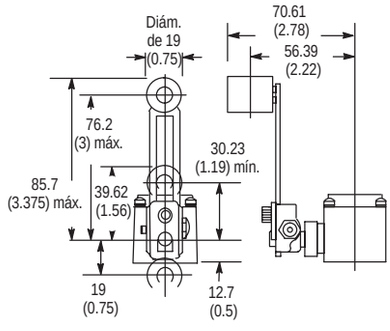
802T–W1H
Peso de envío, 43 g (1.5 onzas)



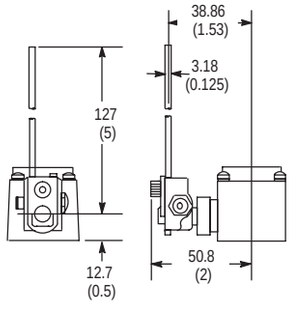
802T–W2A
Peso de envío, 57 g (2 onzas)



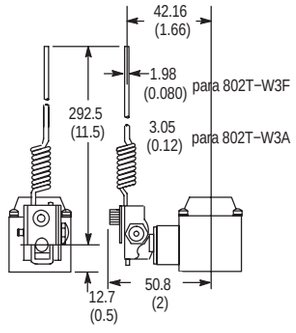
802T–W2 y 802T–W2B (Dimens. A = 1.78″);
802T–W2C (Dimens. A = 1.81″)
Peso de envío, 57 g (2 onzas)



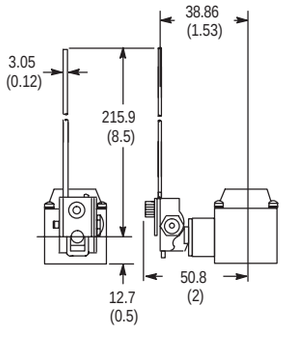
802T–W2D
Peso de envío, 57 g (2 onzas)



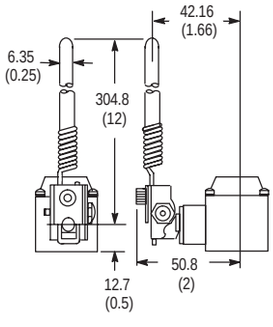
802T–W3
Peso de envío, 43 g (1.5 onzas)



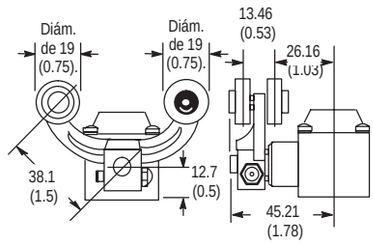
802T–W3A y 802T–W3F
Peso de envío, 57 g (2 onzas)



802T–W3B y 802T–W3F
Peso de envío, 43 g (1.5 onzas)

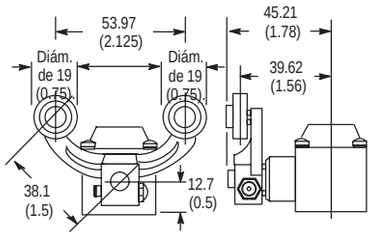


802T–W3C
Peso de envío, 57 g (2 onzas)

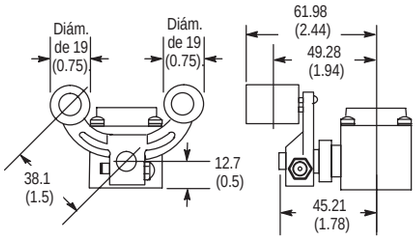


802T–W4 y 802T–W4D
Peso de envío, 43 g (1.5 onzas) 802T–W4B
Peso de envío, 57 g (2 onzas)

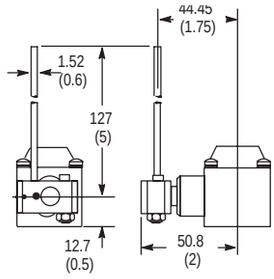
Dimensiones; mm (pulgadas) (continuación)



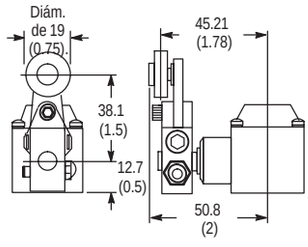
802T–W4A y 802T–W4C
Peso de envío, 57 g (2 onzas)



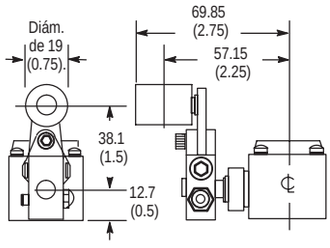
802T–W4F
Peso de envío, 57 g (2 onzas)



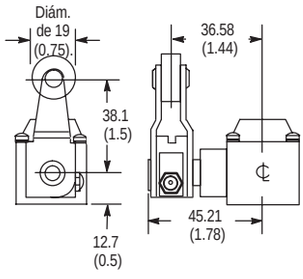
802T–W5
Peso de envío, 28 g (1 onzas)



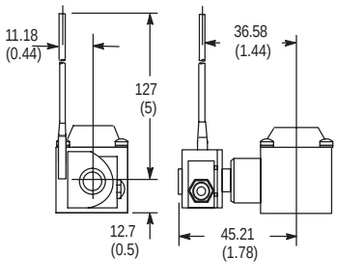
802T–W6, 802T–W6A,
802T–W6B, 802T–W6E
Peso de envío, 57 g (2 onzas)



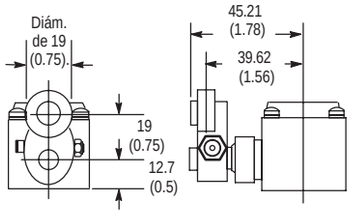
802T–W6F
Peso de envío, 57 g (2 onzas)



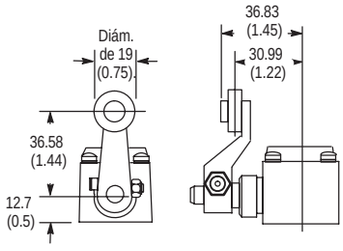
802T–W7, 802T–W7A y
802T–W7B
Peso de envío 57 g (2 onzas)



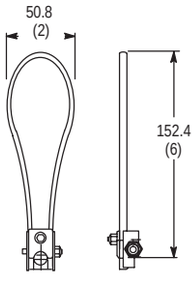
802T–W8
Peso de envío, 43 g (1.5 onzas)



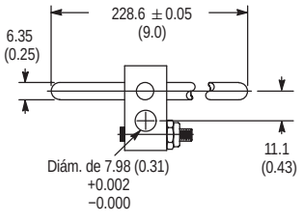
802T–W9
Peso de envío, 28 g (1 onzas)



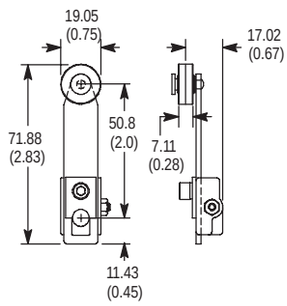
802T–W12 Peso de envío, 1 onza y
802T–W12A 802T–W6B, 802T–W6EPeso de
envío, 43 g (1.5 onzas)



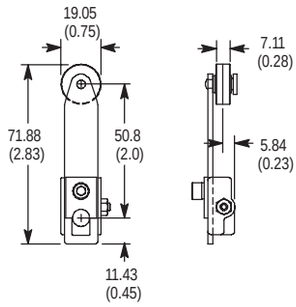
802T–W14
Peso de envío, 43 g (1.5 onzas)



802T–W16
802T–W16A



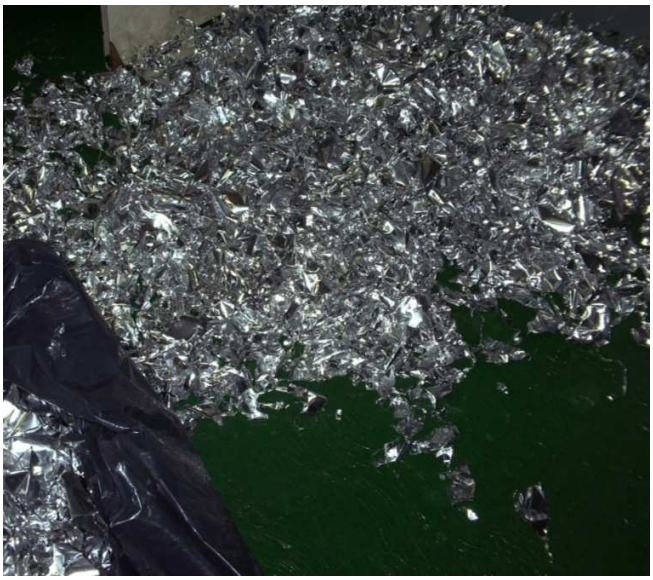
802T–W20
Peso de envío, 57 g (2 onzas)



802T–W20J
Peso de envío, 57 g (2 onzas)

Anexo 17. Imágenes de la prueba realizada con el ventilador

Lámina de aluminio troquelada (Desperdicio sin cortar)



Desperdicio a la salida del ventilador

(Prueba realizada con el ventilador)

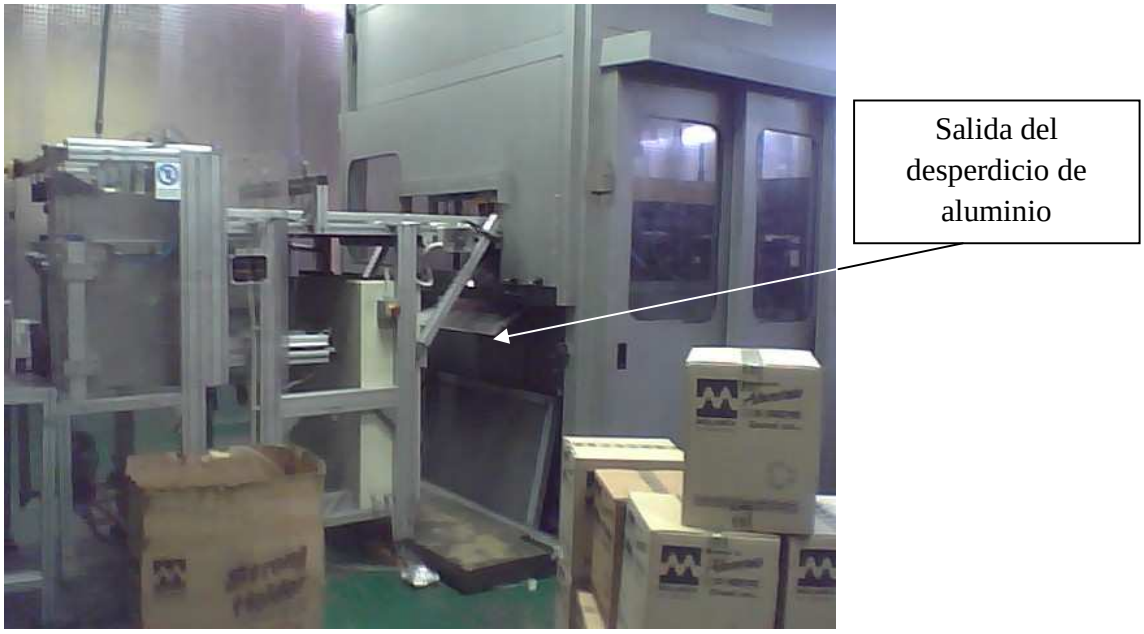
Aluminio a la salida del ventilador.

(Prueba realizada con el ventilador)

Aluminio a la salida del ventilador.

(Estimación de la densidad del desperdicio procesado por el ventilador)

Anexo 18. Desperdicio manejado actualmente por el operador



Vista lateral de la máquina troqueladora I

Desperdicio acumulado al salir de la troqueladora.

Anexo 19. Imágenes de la prensa con la paca formada

Paca de desperdicio saliendo de la compactadora

Compactadora con la paca formada