



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EXTRACIÓ DE  
VIRUTA CONTROLADO PARA LA INDUSTRIA “MADERAS  
EQUINOCCIO MADEQUISA CIA LTDA”.**

**Título**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓ DE EL TITULO  
DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**ELABORADO POR:**

**SÁENZ CARRERA CARLOS OMAR**

**LATACUNGA, MAYO DEL 2009**

**CERTIFICACIÓ**

Se certifica que el trabajo fue desarrollado por el Sr. Sáenz Carrera Carlos Omar, bajo nuestra supervisión.

---

**ING. GUIDO TORRES**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**ING. MARIO JIMÉNEZ**

**CODIRECTOR DE PROYECTO**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

### **CERTIFICADO**

En nuestra calidad de Director y Codirector certificamos que el Sr. Sáenz Carrera Carlos Omar, ha desarrollado el proyecto de grado titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EXTRACIÓN DE VIRUTA CONTROLADO PARA LA INDUSTRIA MADERAS EQUINOCCIO MADEQUISA CIA LTDA.”**, aplicando las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, por lo que autorizamos al mencionado alumno, reproduzcan el documento definitivo, se presente a las autoridades de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, y se proceda a la exposición de su contenido.

Atentamente,

---

**ING. GUIDO TORRES**

**DIRECTOR**

---

**ING. MARIO JIMÉNEZ**

**CODIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD EXPRESADA**

Quién suscribe, Sáenz Carrera Carlos Omar, portador de la cédula de ciudadanía 171206760-0 con libertad y voluntariamente declaro que el presente tema de investigación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE VIRUTA CONTROLADO PARA LA INDUSTRIA MADERAS EQUINOCCIO MADEQUISA CIA LTDA.”**, su contenido, ideas, análisis, conclusiones y propuestas son originales, atenticas y personales.

En tal virtud son para efectos legales y académicas que se desprenden de la presente tesis es y será de mi exclusiva responsabilidad legal y académica como autores de este proyecto de grado.

Atentamente,

---

**Sr. Sáenz Carrera Carlos Omar**



## ÍNDICE GENERAL

### 1.- CAPITULO

#### GENERALIDADES

1.1	Introducción.	1
1.1.1	Antecedentes.	1
1.1.2	Objetivo general.	1
1.1.3	Objetivo específico.	2
1.1.4	Justificación e importancia.	2
1.1.5	Alcance de metas.	3
1.2	Generalidades de la Empresa.	3
1.2.1	Antecedente.	3
1.2.2	Descripción de las actividades de la empresa.	4
1.2.3	Situación actual del sistema de extracción de polvo .	7
1.3	Aspiración de polvo de madera.	8
1.3.1	Introducción.	8
1.4	Formas de aspiración de polvo.	8
1.4.1	Aspiración unitaria móvil.	9
1.4.2	Aspiración unitaria estacionaria.	9
1.4.3	Aspiración de grupos.	9
1.4.4	Aspiración central de carga total.	9
1.4.5	Aspiración central de carga parcial.	10

1.4.6 Aspiración por medio del sistema de ductos.	10
1.5 Tubos de aspiración	10
1.5.1 Velocidad de flujo de aire.	10
1.5.2 Diámetro de tubos.	11
1.5.3 Instalación de los tubos de aspiración.	12
1.5.3.1 Instalación aérea.	12
1.5.3.2 Instalación bajo el piso.	13
1.5.4 Colectores de virutas.	13
1.6 Caudal de aire.	16
1.7 La presión de aire dentro del sistema de aspiración.	17
1.7.1 Presión dinámica.	17
1.7.2 Presión estática.	18
1.7.3 Resistencias de Presión unitaria.	20
1.7.4 Factores de resistencia unitaria	21
1.8 El extractor.	22
1.8.1 Formas de aletas.	22
1.8.1.1 Aletas planas	23
1.8.1.2 Aletas curvas hacia adelante.	24
1.8.1.3 Aletas curvas hacia atrás.	24
1.9 La potencia del extractor .	26
1.10 La separación de polvo.	27
1.10.1 Sistemas de separación.	28

1.10.2	Ciclones.	28
1.10.3	Filtros.	29
1.11	Silo.	29
1.12	Variador de Frecuencia	29
1.12.1	Composición de un variador de frecuencia	30
1.12.1.1	Etapa rectificadora	30
1.12.1.2	Etapa intermedia	30
1.12.1.3	Inversor o Inverter	30
1.12.1.4	Etapa de control	30
1.12.2	Funcionamiento a par constante	31
1.12.3	Funcionamiento a par variable	32
1.12.4	Principales tipos de variador	32
1.12.4.1	Rectificador controlado motor CC	32
1.12.4.2	Convertidor de frecuencia para motor asíncrono	33
1.13	Motor Eléctrico.	34
1.13.1	Motor de corriente alterna.	34
1.14	Relés	36
1.14.1	Tipos de Relés	37
1.15	Cojinetes	37
1.15.1	Relación entre carga y vida útil.	38
1.15.2	Vida útil de diseño.	38

1.15.3 Cálculo de la carga equivalente radial.	39
--	----

## **2.- CAPITULO**

### **DISEÑO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN**

2.1 Diseño de Ductos.	40
2.1.1 Selección de parámetros.	40
2.1.1.1 Selección de diámetros de colector.	40
2.1.2 Cálculo de diámetro de tubería.	41
2.1.3 Cálculo de presión dinámica.	44
2.1.3.1 Cálculo de peso específico.	45
2.1.4 Cálculo de presión estática.	46
2.1.4.1 Coeficiente de resistencia.	46
2.1.5 Cálculo de resistencias por tramos parciales.	52
2.1.6 Cálculo de caudal de flujo.	59
2.1.7 Selección de cojinete para Carga Radial..	59
2.1.7.1 Cálculo de carga estática	59
2.2 Cálculo de Potencia.	63
2.3 Selección de Variador de Frecuencia.	63

### **3.- CAPITULO**

#### **MONTAJE DEL SISTEMA**

3.1 Construcción de tubería.	66
3.1.1 Tubería de descarga.	67
3.1.1.1 Montaje de tubería.	68
3.1.1.2 Armado y sellado de tubería.	69
3.1.2 Tubería de absorción.	70
3.1.2.1 Montaje de tubería.	70
3.2 Puesta en marcha del Variador MICROMASTER 440.	71
3.2.1 Instalación.	71
3.2.1.1 Instalación Mecánica.	71
3.2.1.2 Ajuste de frecuencia 50/60 Hz.	72
3.2.1.3 Instalación eléctrica Alimentación-Motor.	72
3.2.2 Ajuste de Parámetros y Puesta en Servicio.	73
3.2.2.1 Puesta en marcha.	73
3.2.2.2 Cálculo de datos del motor / de control.	73
3.2.2.3 Corriente magnetizante.	74
3.2.3 Puesta en servicio según aplicación.	74
3.2.3.1 Selección de fuentes de órdenes.	74

3.2.3.2 Entradas digitales (DIN)	76
3.2.3.3 Selección consigna de frecuencia.	76
3.2.3.4 Frecuencia fija.	76
3.2.3.5 Frecuencia límite y de referencia.	78

#### **4.- CAPITULO**

#### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

4.1 Pruebas.	79
4.1.1 Preparación	79
4.1.2 Desarrollo	79
4.1.2.1 Encendido de equipo mediante dispositivo BIP.	79
4.1.2.2 Variación manual de frecuencia.	80
4.1.2.3 Frecuencia fija.	80
4.2 Análisis de curvas de funcionamiento.	81
4.2.1 Análisis de corriente a 60 Hz	81
4.2.2 Análisis de potencia a 60 Hz	82
4.2.3 Análisis de corri a diferente frecue de funciona.	83
4.2.4 Análisis de potencia a 45 Hz de funcionamiento	84
4.3 Comprobación de velocidad de flujo de aire.	84
4.4 Cálculo de ahorro de potencia	85

4.5 Medición de Particulado de polvo	86
--------------------------------------	----

## **5.- CAPITULO**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones.	80
-------------------	----

5.2 Recomendaciones.	81
----------------------	----

## LISTADO DE FIGURAS

### CAPITULO I

<b>Figura N° 1-1.</b>	Diagrama de proceso productivo	6
<b>Figura N° 1-2.</b>	Métodos de aspiración	8
<b>Figura N° 1-3.</b>	Reducción de velocidad de succión	14
<b>Figura N° 1-4.</b>	Velocidad de la viruta	14
<b>Figura N° 1-5.</b>	Flujo de aire	15
<b>Figura N° 1-6.</b>	Canal secundario	16
<b>Figura N° 1-7.</b>	Fresado desde abajo	16
<b>Figura N° 1-8.</b>	Presión dinámica	17
<b>Figura N° 1-9.</b>	Presión estática	18
<b>Figura N° 1-10.</b>	Paletas planas	23
<b>Figura N° 1-11.</b>	Paletas curvas hacia adelante	24
<b>Figura N° 1-12.</b>	Paletas curvas hacia atrás	25
<b>Figura N° 1-13.</b>	Esquema de principio de un convertidor de frecuencia	31
<b>Figura N° 1-14.</b>	Curva de funcionamiento a par constante	31
<b>Figura N° 1-15.</b>	Curva de funcionamiento a par variable	32
<b>Figura N° 1-16.</b>	Esquema de un rectificador controlado para motor CC	33
<b>Figura N° 1-17.</b>	Esquema de un convertidor de frecuencia	34
<b>Figura N° 1-18.</b>	Motor asíncrono	35
<b>Figura N° 1-19.</b>	Relé	36



<b>Figura N° 1-20.</b> Caja de chumaceras con cojinetes de bolas.	37
---	----

## **CAPITULO II**

<b>Figura N° 2-1.</b> Fuerza sobre eje	60
--	----

<b>Figura N° 2-2.</b> Fuerza sobre eje XZ	61
---	----

<b>Figura N° 2-3.</b> Fuerza sobre eje YZ	61
---	----

## **CAPITULO III**

<b>Figura N° 3-1.</b> Junta de chapa interna y soldadura por puntos	67
---	----

<b>Figura N° 3-2.</b> Tubería de baja presión	68
---	----

<b>Figura N° 3-3.</b> Montaje de tubería del baja presión	68
---	----

<b>Figura N° 3-4.</b> Armado de tramos	69
--	----

<b>Figura N° 3-5.</b> Sellado de tubería	69
--	----

<b>Figura N° 3-6.</b> Tramo de tubería y uniones	70
--	----

<b>Figura N° 3-7.</b> Instalación de ductos internos	71
--	----

<b>Figura N° 3-8.</b> Interruptor DIP para conmutador 50/60 hz	72
--	----

<b>Figura N° 3-9.</b> Conexión entradas digitales	77
---	----

## **CAPITULO IV**

<b>Figura N° 4-1.</b> Analizador de carga	81
---	----

<b>Figura N° 4-2.</b> Anemómetro	85
----------------------------------	----

## **CAPITULO V**

### **LISTADO DE TABLAS**

#### **CAPITULO I**

<b>Tabla N° 1-1.</b>	Velocidad de flujo	11
<b>Tabla N° 1-2.</b>	Diámetros de toma de aspiración	11
<b>Tabla N° 1-3.</b>	Presión atmosférica	20
<b>Tabla N° 1-4.</b>	Resistencia unitaria – codo 90°	21
<b>Tabla N° 1-5.</b>	Resistencia unitaria – codo 135°	21
<b>Tabla N° 1-6.</b>	Resistencia unitaria – derivaciones	22
<b>Tabla N° 1-7.</b>	Resistencia unitaria reducción – ampliación	22
<b>Tabla N° 1-8.</b>	Resistencia unitaria separador de viruta	22
<b>Tabla N° 1-9.</b>	Clasificación NEMA	36
<b>Tabla N° 1-10.</b>	Vida útil de diseño recomendado para cojinetes	38

#### **CAPITULO II**

<b>Tabla N° 2-1.</b>	Diámetro de colector	41
<b>Tabla N° 2-2.</b>	Diámetro de tubería	44
<b>Tabla N° 2-3.</b>	Presión estática por tramos	51

<b>Tabla N° 2-4.</b> Resistencia por tramos totales	58
---	----

### **CAPITULO III**

<b>Tabla N° 3-1.</b> Construcción recomendada para ductos cilíndrico de chapa metálica	66
--	----

<b>Tabla N° 3-2.</b> Parámetro P0340	73
--------------------------------------	----

<b>Tabla N° 3-3.</b> Parámetro P0700	75
--------------------------------------	----

<b>Tabla N° 3-4.</b> Parámetro P0701 – P0725	76
--	----

<b>Tabla N° 3-5.</b> Frecuencia fija	77
--------------------------------------	----

### **CAPITULO IV**

<b>Tabla N° 4-1.</b> Tiempo de aceleración y deceleración	79
---	----

<b>Tabla N° 4-2.</b> Tiempo de pruebas de aceleración y deceleración	80
--	----

<b>Tabla N° 4-3.</b> Comparación Norma Salud Ocupacional Internacional	86
--	----

### **CAPITULO V**

## **LISTADO DE GRÁFICAS**

### **CAPITULO IV**

<b>GRÁFICA N° 4-1.</b>	Curva de corriente a 60Hz	82
<b>GRÁFICA N° 4-2.</b>	Curva de potencias a 60Hz	82
<b>GRÁFICA N° 4-3.</b>	Curva de corriente diferentes frecuencia	83
<b>GRÁFICA N° 4-4.</b>	Curva de potencia diferentes frecuencia de frecuencia	84

## **LISTADO DE ANEXOS**

<b>ANEXO N° 2-1.</b>	Plano de distribución de máquinas
<b>ANEXO N° 2-2.</b>	Sistema de extracción.
<b>ANEXO N° 2-3.</b>	Tramos de Tubería.
<b>ANEXO N° 2-4.</b>	Selección de cojinetes.
<b>ANEXO N° 2-5.</b>	Catálogo MICROMASTER 440
<b>ANEXO N° 3-1.</b>	Bornera de conexiones.
<b>ANEXO N° 3-2.</b>	Puesta en marcha.
<b>ANEXO N° 3-3.</b>	Cálculo de parámetros del motor.
<b>ANEXO N° 3-4.</b>	Identificador de los datos del motor.
<b>ANEXO N° 3-5.</b>	Corriente magnetizante.

**ANEXO N° 3-6.** Entrada digital (DIN).

**ANEXO N° 3-7.** Selección consigna de frecuencia.

**ANEXO N° 3-8.** Frecuencia fija (FF).

**ANEXO N° 4-1.** Monitoreo de Material Particulado

## **RESUMEN**

El proyecto consiste en el diseño y implementación de un sistema de tubería de absorción controlado, el cual servirá para evacuar los desechos de viruta y polvo producido por el maquinado de la madera propia de la actividad que realiza la empresa.

El diseño de tubería se encuentra realizada de acuerdo a la velocidad de absorción requerida por cada máquina y las especificaciones técnicas para que el transporte de la viruta y polvo, desde la máquina hasta el depósito final sea el adecuado.

Para tener un proceso eficiente y óptimo en la absorción se realiza el control del sistema, que consiste en la regulación de velocidad de absorción en la entrada de cada tubería dependiendo de la necesidad de cada máquina.

Se utiliza un variador de frecuencia el cual será el encargado de realizar el control de la velocidad requerida mediante la variación de frecuencia, que será controlada con el encendido y apagado de cada máquina.

Los resultados obtenidos en este proyecto son favorables ya que se tiene un ahorro considerable de energía, la evacuación correcta de los desechos, así como la eliminación de polvo en el ambiente de trabajo, lo que beneficia en la salud de los trabajadores y el medio ambiente.

# I.- CAPÍTULO

## 1.1 INTRODUCCIÓN

### 1.1.1 Antecedentes

La Industria maderera en nuestro país ha tenido un crecimiento acelerado, convirtiéndose en una de las industrias más importantes dentro del mercado productivo Ecuatoriano.

Con el crecimiento del Mercado del Sector Maderero también se van presentando problemas dentro de las Industrias en sus procesos de manufactura, porque existe una gran diferencia entre el volumen de materia prima que en un principio se trabajaba, con la que el mercado en la actualidad requiere, lo que ha obligado a la adquisición de nuevas maquinarias y equipos. Esto ha llevado a que muchos sistemas como es el de Extracción de Desechos y Polvos, se encuentren obsoletos y no funciones de una manera óptima y eficiente.

Otro problema que se presenta en estas industrias es la relacionada con su entorno social, siendo este toda el área de influencia que se encuentra a su alrededor. Debido al crecimiento poblacional, estas áreas que antes eran zonas industriales ahora se han convertido en zonas urbanas y por esta razón las Normas Ambientales para prevenir la contaminación son cada vez más estrictas lo que lleva a tener procesos y sistemas eficientes que no contaminen y afecten al ecosistema y salud humana.

### **1.1.2 Objetivo General**

Diseñar, seleccionar e implementar un Sistema Controlado de Absorción y Extracción de Viruta, el cual permita optimizar el flujo de aire acuerdo a la necesidad de volumen de desechos extraída en el proceso.

### **1.1.3 Objetivos Específicos**

- Diseñar, seleccionar e implementar un Sistema de tuberías de absorción.
- Diseñar, seleccionar e implementar tomas adecuadas para cada máquina.
- Desarrollar el software y hardware para el control del Sistema.
- Reducir los niveles de contaminación por polvo.

### **1.1.4 Justificación e importancia.**

Implementar este sistema controlado de absorción y extracción de viruta y polvo que se obtiene de los diferentes procesos que es sometida la madera en el área de aserrío, dará muchos beneficios como es la optimización del sistema y ahorro de energía al lograr un control automatizado del flujo de absorción que será regulado de acuerdo a las máquinas que se encuentre en funcionamiento. Este sistema se regulará automáticamente en el instante en que una máquina sea encendida o apagada dependiendo de las necesidades de producción. Se lograra tener una evacuación completa de la viruta y polvo lo que ayudara al mantenimiento de las máquinas al no estar expuestas a un ambiente abrasivo y contaminado.



También se obtendrá un ambiente de trabajo libre de polvo lo que beneficiara directamente a los operarios para que no afecte su salud por ser estas partículas muy irritantes para el sistema respiratorio. Se tendrá una mayor productividad puesto que ya no se tendrá que parar las máquinas para evacuar manualmente las fundas de recolección de viruta que se tiene actualmente, trasladarlas hasta el depósito de desechos y colocar nuevamente las fundas en los aspiradores individuales y se evitara la expulsión de partículas de polvo hacia el medio ambiente lo que ayudara a reducir la contaminación ambiental, beneficiando directamente al entorno poblacional.

#### **1.1.5 Alcance de Metas.**

- Seleccionar la tubería individual de acuerdo al requerimiento de cada máquina.
- Implementar un sistema de cerrado y apertura de la tubería de cada máquina.
- Seleccionar la tubería principal que transportara has ta el depósito.
- Implementar un software y hardware que permita seleccionar la máquina que se encuentre trabajando y regule el flujo de caudal de absorción necesario.
- Evacuar de una manera rápida los desechos que se producen durante el maquinado.
- Reducir los niveles de polvo en el lugar de trabajo y en el entorno de la empresa.

## **1.2 GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

### **1.2.1 Antecedentes.**

MADEQUISA Cía. Ltda., es una empresa industrial dedicada a la fabricación de puertas de madera, la planta empezó a funcionar en Cotocollao en 1980 y en el año de 1997, se traslado a la parroquia de Calderón en donde funciona actualmente en un área total de 5070m<sup>2</sup>, está afiliada a la Cámara de la Pequeña Industria de Pichincha, cuenta con un promedio de 18 personas en producción y 6 personas en administración que trabajan en horario de 7h30 – 12h30 por la mañana y de 13h00 – 17h00 por la tarde.

La empresa se encuentra ubicada en el informe de regulación metropolitana, en un área de Suelo Urbano (SU), de uso principal (R1), residencial de baja densidad.

El proceso productivo principal de MADEQUISA es la elaboración de puertas y marcos de madera. Los procesos productivos presentan un flujo adecuado entre uno y otro, la empresa ha ido adecuando sus instalaciones para comodidad y seguridad del personal, vecindad y para conseguir remediar y disminuir el posible impacto ambiental que se esté causando.

Actualmente la empresa tiene un convenio con FUNDEPYN (Fundación para el Desarrollo de Pequeñas y Medianas Empresas), mediante el cual a sesores externos evalúan la empresa y mediante datos contables, financieros y la aplicación de la teoría de restricciones se reducen los gastos operativos; la filosofía de la metodología utilizada es que al realizar cambios físicos en las instalaciones el empleado mejora su productividad y mediante datos financieros se evalúan las necesidades requeridas, en base a esta

información se genera un plan de capacitación y implementación de nuevos sistemas .

### **1.2.2 Descripción de las actividades de la empresa.**

Los procesos productivos de la empresa empiezan con la recepción de la madera, se trabaja con diferentes proveedores que traen la madera del oriente de tres tipos: colorado, seike y laurel, la misma que se selecciona en dos tipos dependiendo de su calidad en primera y segunda clase. Se continúa con la clasificación por medida y por tipo de madera en: largueros, tablonés, cuarterones y doble pieza.

El siguiente proceso es el pre-secado que se lo hace a la intemperie por un tiempo de 4 a 6 meses cubierta por techos para protegerla del sol y la lluvia, la madera se apila y cada ruma registra cantidades de cada variedad de fechas.

El proceso de secado es de vital importancia para el desarrollo de los procesos que le continúan, ya que la madera debe tener una humedad de 10 a 12%) para poder realizar la elaboración del producto final, por lo que es necesario manejar y controlar adecuadamente todos los parámetros para garantizar que este proceso sea óptimo. Por tal motivo la madera debe entrar a secadores en los cuales se requerirá de 15 a 20 días, depende del grado de humedad de la madera, en el peor de los casos cuando se encuentre con 100% de humedad al no haber pasado el tiempo necesario en el secado a la intemperie o cuando esta se encuentra oreada que contiene 35% de humedad. La empresa cuenta con 2 secadores cada uno con 2 cámaras que funcionan en base a un caldero pirotubular cuyo combustible es sólido

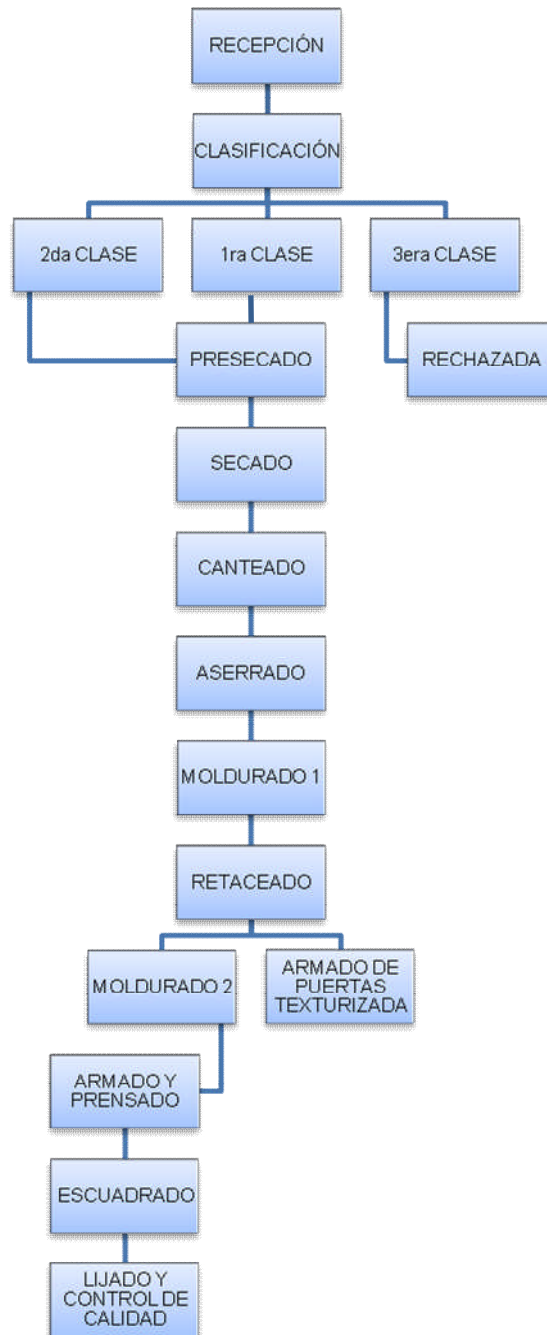
(aserrín y leña) proveniente de los procesos de canteado, corte, retaceado y escuadrado. El Aserrín se usa como combustible de 15 a 20 sacos al día, durante la noche se usa leña, ya que por la variación del clima la presión baja y la leña ayuda a subir la presión, se usan de 4 a 5 tanques de leña.

El armado de puertas sólidas comprende la fabricación de las estructuras y de los paneles dependiendo las dimensiones deseadas las cuales son armadas y ensambladas para posteriormente ser prensadas. Las puertas corregidas pasan por la lijadora calibradora y finalmente por una revisión que ayuda a corregir defectos profundos que la máquina no puede corregir se los tapa y lija manualmente, las piezas que pasan por esta revisión son selladas por control de calidad.

Existe un área de la empresa que se dedica a la elaboración de tarugos que constituyen en subproducto de uso propio y a la venta. Así mismo para la fabricación de la variedad de puertas, se cortan estructuras y rellenos, para estos procesos se utilizan los residuos que salen de los anteriores procesos.

Otro servicio es el armado de puertas texturizadas, utilizando planchas que ya vienen dimensionadas, se colocan sobre estructuras a medida para armar la puerta, este tipo de puertas requieren relleno los cuales son pegados y pasan a ser prensadas por un tiempo en el cual se encuentran listas para pasar a una máquina que escuadra y les da las dimensiones exactas deseada. Posteriormente pasa a un riguroso control de calidad. En la figura 1 -1 se detalla el proceso productivo.

## Diagrama de bloque del proceso



*Figura No. 1-1 Diagrama de Proceso Productivo*

### 1.2.3 Situación actual del sistema de extracción.

El sistema actual de extracción de MADEQUISA, se encuentra en un punto crítico, por el mal funcionamiento que este presta, con una eficiencia de

aproximadamente un 40% de absorción las causa que llevan a este colapso del sistema, podemos enumerarlos a continuación.

- El Sistema no cuenta con un diseño adecuado para su funcionamiento.
- El dimensionamiento de las tomas de absorción de las máquinas no están dentro de los parámetro requeridos.
- El flujo de absorción no es el adecuado para el sistema.
- Existe daños en los diferentes tramos de la tubería
- No existe en buen sellado en las compuertas de apertura y cierre de cada máquina.
- Las tomas de cada máquina no son las adecuadas.
- Existe deformaciones en tramos y codos por tiempo de uso.

### **1.3 ASPIRACIÓN DE POLVO DE MADERA**

### 1.3.1 Introducción

Un sistema de aspiración de polvo hoy en día debería formar parte de cualquier planta de maquinado de madera. Las grandes cantidades de aserrín, virutas o polvo no permiten un flujo normal del proceso de trabajo y un buen funcionamiento de las máquinas. Especialmente se advierte contra polvo de maderas tropicales por causar reacciones alérgicas a la piel y a las vías respiratorias. Por el peligro para la salud que produce el polvo de madera es necesario limitar su emisión con normas respectivas, con el fin de proteger a las personas expuestas a respirar aire contaminado con polvo de madera.

La norma permite una concentración máxima de 10 mg/m<sup>3</sup> de polvo en el caso de máquinas o sistemas de aspiración nuevas, o 15 mg/m<sup>3</sup> si se trata de sistemas de trabajo instalados antes del año 1989, en máquinas que no tienen un sistema de aspiración, se mide hasta más de 100 mg de polvo por m<sup>3</sup> de aire<sup>1</sup>.

### 1.4 Formas de Aspiración de Polvo

Según el número de máquinas que deben ser aspirados por un solo ventilador, tenemos las siguientes formas de sistemas de aspiración. La figura 1-2 muestra los diferentes métodos de aspiración



**Figura No. 1-2** Métodos de Aspiración

<sup>1</sup> AVGIH (TLV) Norma de Salud Ocupacional Internacional.

#### 1.4.1 Aspiración unitaria móvil.

Se utiliza ventajosamente en caso de máquinas ubicadas de forma aislada o si por causa de normas de seguridad (peligro de explosión de polvo) se debe almacenar los residuos de forma separada de los demás virutas a aspirarse.

#### **1.4.2 Aspiración unitaria estacionaria**

La aspiración se conecta automáticamente cuando empieza a funcionar la máquina. Esto economiza el consumo de energía eléctrica. Este sistema de aspiración permite una fácil ampliación, si la maquinaria aumenta. Al apagar la máquina los extractores se desconectan luego de unos 15 segundos de post-aspiración. La capacidad instalada de aspirar coincide exactamente con la necesidad de acuerdo a las máquinas existentes. La aspiración unitaria es la más costosa en comparación a los otros sistemas pero puede amortizarse debido a su menor consumo energético.

#### **1.4.3 Aspiración de Grupo**

Un extractor aspira a varias máquinas que forman una unidad, puede ser esta local por su ubicación o según su interdependencia en su funcionamiento.

#### **1.4.4 Aspiración central de carga total**

Un solo extractor aspira a todas las máquinas existentes. Este sistema es el más económico respecto a su instalación pero tiene un consumo excesivo de energía eléctrica en el caso que solamente funcionen algunas de las



máquinas. Es por eso solamente recomendable para empresas grandes con alta probabilidad de ocupación simultánea de toda la maquinaria.

#### **1.4.5 Aspiración central de carga parcial**

La diferencia con “el sistema antes mencionado es en considerar un factor, de simultaneidad de la ocupación de las máquinas en el dimensionamiento del extractor. La capacidad del ventilador permite aspirar solamente una determinada parte de las máquinas. Al funcionar toda la maquinaria al mismo tiempo el volumen de aire ya no alcanza para abastecer debidamente a las máquinas conectadas.

El paso de aire de la aspiración de máquinas no utilizadas debe ser cerrado para no bajar la velocidad de flujo de aire dentro de ductos que están aspirando o sea transportando virutas de madera.

Las compuertas de cierre del paso de aire pueden ser accionados manualmente o mecánicamente por ejemplo mediante un pistón neumático. Existen hoy sistemas de accionamiento de ventiladores que aumentan el caudal en caso de un mayor número de máquinas que están en funcionamiento.

#### **1.4.6 Aspiración por medio del sistema de ductos**

Los ductos de tubos de aspiración son el camino de transporte del polvo y de las virutas a aspirarse. Para que este transporte se realice sin mayores

problemas, el aire debe tener una velocidad de flujo de aproximadamente el doble de la velocidad de suspensión de la pieza a transportarse.

## 1.5 TUBOS DE ASPIRACIÓN <sup>1</sup>

### 1.5.1 Velocidad de flujo de aire

Velocidades recomendadas para polvo y virutas de madera tabla (1-1):

Polvo fino	10 – 15 m/seg
Aserrín y viruta de cepilladoras o fresadoras	15 – 25 m/seg
Viruta gruesa o humedad	25 – 35 m/seg

**Tabla No. 1-1** Velocidad de flujo

Con el fin de disminuir la concentración de polvo en el aire la norma alemana exige una velocidad de flujo mínima de 20 m/seg en el colector de la máquina para aserrín normal y 28 m/seg para aserrín y virutas húmedas.

### 1.5.2 Diámetros de tubos

Las máquinas estándares de carpintería vienen con determinado diámetro del colector para la aspiración de virutas como muestra la tabla (1 -2).

<b>DIÁMETROS DE TOMAS DE ASPIRACIÓN</b>	
<b>Máquina</b>	<b>Diámetro</b>
Fresadora de cadena	80mm
Sierra cinta hasta 1000mm	120mm
Sierra circular hasta discos de 500mm	120mm
Sierra circular aspiración superior	80mm
Tupí superior	120mm
Tupí de mesa	120mm
Canteadora hasta 400 mm de ancho	140mm
Canteadora hasta 700 mm de ancho	160mm
Regruesadora hasta 600 mm de ancho	160mm
Regruesadora hasta 700 mm de ancho	180mm
Lijadora de filos	140mm
Lijadora de banda larga	180mm
Sierra múltiple	200mm

**Tabla No. 1-2 Diámetros de toma de aspiración**

---

<sup>1</sup> APPEL Josef, Manual de Aspiración de Polvo y Viruta de Madera

El área del tubo principal debe ser igual a la suma de áreas de los tubos que se desvían de él. Su diámetro se calcula con la fórmula:

$$d_p = \sqrt{\sum d_n^2} \quad [\text{Ec. 1-1}]$$

donde:

$d_p$  = diámetro del tubo principal

$\sum d_n^2$  = suma de los diámetros cuadrados de los demás tubos

Al modificar el diámetro de los ductos se cambia también la velocidad de flujo si se mantiene constante el caudal de aire. La función matemática entre diámetros y velocidades de flujo es:

$$v_2 \times d_2^2 = v_1 \times d_1^2 \quad [\text{Ec. 1-2}]$$

donde:

$v_2$  = Velocidad de flujo con diámetro de tubo modificado

$v_1$  = Velocidad de flujo con diámetro de tubo inicial

$d_1$  = diámetro de tubo inicial

$d_2$  = diámetro de tubo modificado

### 1.5.3 Instalación de los tubos de aspiración

Los ductos de aspiración pueden ser instalados de forma aérea o debajo del piso. Las dos formas tienen sus ventajas y desventajas:

### **1.5.3.1 Instalación aérea**

#### **Ventajas:**

- Se puede instalar los tubos en línea directa a la máquina .
- Los tubos son de fácil acceso para limpieza o reparaciones .
- Los tubos son prolongables sin mayores problemas .
- Los ductos y sus canales no estorban en el transporte de material en el piso .
- Las máquinas son reubicables fácilmente .

#### **Desventajas:**

- Los ductos pueden molestar en la iluminación (sombra) .
- Los tubos se cubren con polvo .
- Los ductos ascendentes de las máquinas pueden molestar en el cortado de piezas largas.

### **1.5.3.2 Instalación debajo del piso:**

#### **Ventajas:**

- No hay problemas de sombra en la iluminación
- No hay acumulación de polvo encima de los tubos
- Libre manejo de piezas largas, especialmente en el caso de sierras circulares es recomendable instalar el tubo debajo del piso hasta subirlo a lo largo de una pared.

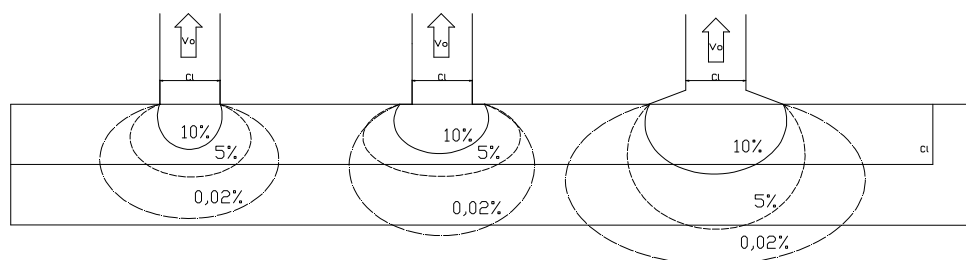
### Desventajas:

- Las modificaciones en la ubicación de las máquinas son complicadas.
- Se requiere generalmente de más codos y con ellos sube la resistencia del sistema de ductos y aumenta el peligro de obstrucciones de virutas.
- Es aconsejable reforzar los bordes de los canales de los tubos con perfiles metálicos "L" para que no se dañen en el transporte interno del material.
- Los canales deben ser cubiertas con planchas metálicas o con madera sólida cuya fibra es de sentido transversal al recorrido del canal.

### 1.5.4 Colectores de virutas

El diseño y la ubicación de los colectores de viruta requieren de mucho cuidado y atención. El sistema de aspiración no puede funcionar si estos elementos no recogen debidamente las virutas.

El aire aspirado reduce rápidamente su velocidad de flujo a poca distancia antes de la entrada del ducto. En la siguiente figura (1-3) se observa que en dependencia de la forma de salida, la velocidad de flujo con una distancia equivalente a su diámetro, se reduce a un 7 a 13 % de su velocidad inicial.



\_\_\_\_\_  $V = 0.10\% V_0$

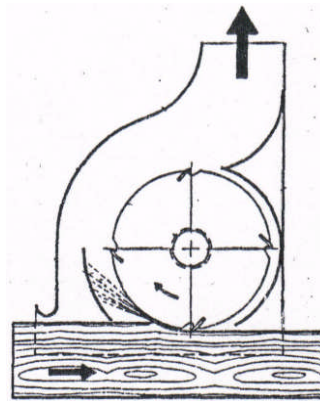
-----  $V = 0.05\% V_0$

-.-.-.-.  $V = 0.02\% V_0$

**Figura No.1-3** Reducción de velocidad de succión.

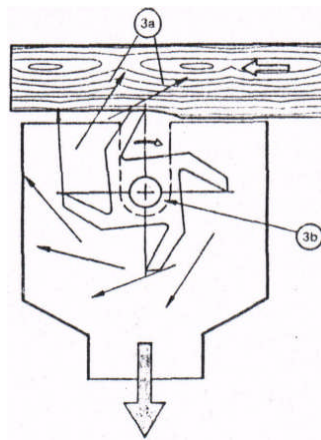
Las virutas al momento de producirse tienen una velocidad equivalente de la velocidad de corte ( $v_c$ ) de la herramienta como se muestra en la figura (1-4), es decir de 40 a 70 m/seg. Eso nos indica que es prácticamente imposible influir la dirección de vuelo de las virutas mediante una velocidad de flujo superior a este.

Se debe mas bien tratar de diseñar y ubicar los colectores de tal forma que las virutas vuelen por si solos a la boca del sistema de aspiración. Para ello puede ser necesario colocar unas latas de guía para las virutas



**Figura No. 1-4** Velocidad de la viruta

En el diseño del colector (figura 1-5) se debe observar bien el flujo de aire generado por el movimiento giratorio de la misma herramienta (3<sup>a</sup>). El efecto de ventilación de la herramienta y un mal diseño del colector pueden reducir notablemente la eficiencia del sistema de aspiración. Las graficas demuestran que se utiliza con preferencia herramientas de forma redonda con pequeños espacios de virutamiento para minimizar este efecto de ventilación que puede tirar virutas y polvo fuera del colector.



**Figura No. 1-5** Flujo de aire.

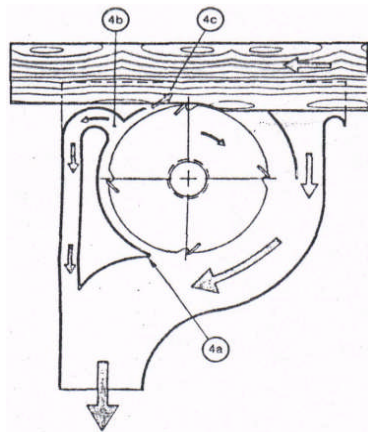
Por lo que un ventilador o sea la herramienta succiona aire del centro y lo presiona hacia afuera, es importante que el colector tape lo más posible la abertura por el eje de la máquina (3b) para evitar este fenómeno.

La dirección principal del flujo de aire causada por la herramienta debe coincidir con la dirección de flujo del sistema de aspiración. Debe existir una fuerza de succión en el punto de virutación de la madera, girando la viruta por la circunferencia de la herramienta y separarla en un punto que tiene un

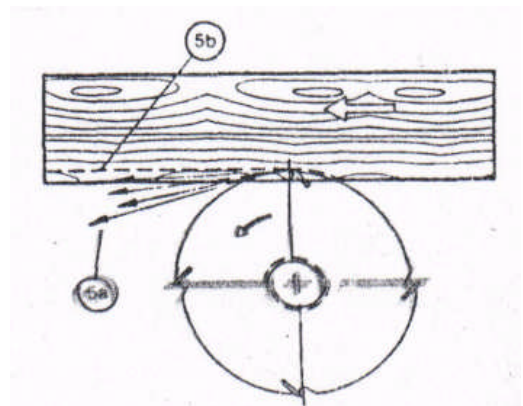


ángulo de por lo menos 150 grados desde su punto de separación en sentido giratorio de la herramienta. Para evitar que la herramienta genere un flujo de aire con turbulencias no controlables, es recomendable poner una guía de aire lo más cerca a la línea de vuelo de la herramienta.

Para mejorar la aspiración (figura 1-6) se puede dejar un canal secundaria (4b) cerca a la salida de la herramienta, por el cual se aspira polvo fino, reduciendo al mismo tiempo la salida de aire en el punto (4c). En el proceso de fresado desde abajo (figura 1-7), las virutas tienden a volar a lo largo de la superficie inferior de la madera a cortarse. El polvo puede escaparse sobre todo, cuando se fresa interiormente a la madera.



**Figura No. 1-6** Canal secundario



**Figura No. 1-7** Fresado desde abajo

## 1.6 EL CAUDAL DE AIRE (m<sup>3</sup>/seg., m<sup>3</sup>/min.,m<sup>3</sup>/h)

El medio de transporte de las virutas es el aire. El volumen necesario depende de su velocidad de flujo (m/seg.) y del diámetro del tubo por el cual circula. El caudal de aire que debe ser generado por un extractor en un tiempo determinado, es equivalente a la cantidad de aire que pasara por el tubo en el mismo tiempo.

**Volumen Aire** = velocidad de flujo **X** áreas sección tubo **X** seg./ minuto

$$Q = V \times A \times 60 \quad [\text{Ec. 1-3}]$$

donde:

Q = Caudal de aire (m<sup>3</sup>/min)

V = velocidad de flujo de aire (m/seg)

A = Área de sección del tubo de aspiración. (m<sup>2</sup>)

60 = segundos por minuto, este factor de multiplicación es de 3600

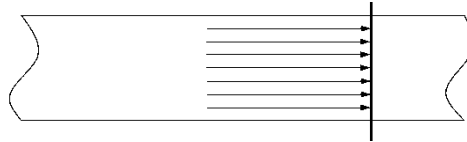
(seg/hora) en caso de necesitar el caudal de aire por hora (m<sup>3</sup>/h)

## 1.7 PRESIÓN DE AIRE DENTRO DEL SISTEMA DE ASPIRACIÓN

### 1.7.1 Presión dinámica

Para lograr un movimiento del aire debe existir una diferencia de presión entre dos puntos, misma que en un sistema de aspiración es generado por un

extractor. El aire en movimiento, a su vez produce una determinada presión que podemos medir si ponemos un cierre en medio del flujo. Figura (1-8)



**Figura No. 1-8 Presión dinámica**

Esta presión se denomina “Presión dinámica” y se calcula con la fórmula:

$$P_{din} = \frac{V^2 \times \rho_{aire}}{2 \times g} \quad [Ec. 1-4]$$

donde:

$P_{din}$  = presión dinámica (daN/m<sup>2</sup>)

V = velocidad de flujo de aire (m/seg)

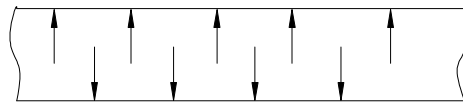
$\rho_{aire}$  = peso específico del aire (kg/m<sup>3</sup>)

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

La unidad de medida de la presión según el SI es el Pa (Pascal) esto equivale a una presión de 1 daN/m<sup>2</sup>. A veces la presión de un ventilador también está expresado en mbar (milésima parte de un bar), 1 bar = 10 daN/cm<sup>2</sup>.

### 1.7.2 Presión estática

La presión dinámica se reduce a lo largo de un sistema de aspiración debido a fuerzas de rozamiento del aire en las paredes de los tubos. El accionamiento del extractor debe generar la energía necesaria para vencer esta diferencia de presión causada por la fuerza de rozamiento, denominada presión estática ( $p_{est}$ ) Figura (1-9).



**Figura No. 1-9** Presión Estática.

La presión estática se calcula según la fórmula:

$$P_{est} = l \frac{\lambda}{D} \times P_{din} \quad [\text{Ec. 1-5}]$$

$$P_{est} = l \frac{\lambda}{D} \times \frac{\rho_{aire} \times V^2}{2 \times g}$$

**[Ec. 1-6]**

**donde:**

$P_{est}$  = presión estática (daN/m<sup>2</sup>)

$P_{din}$  = presión dinámica (daN/m<sup>2</sup>)

L = longitud de los tubos (m)

D = diámetro del tubo (m)

$\rho_{aire}$  = peso específico de aire (kg/m<sup>3</sup>)

V = velocidad de flujo de aire (m/seg)

G = fuerza de gravedad (9,81 m/seg<sup>2</sup>)

$\lambda$  = coeficiente de resistencia de tubo

Para la determinación del coeficiente de resistencia del tubo hay diferentes métodos, el que a continuación utilizamos es según el coeficiente de resistencia no tiene dimensión y tiene una magnitud de:

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{D} \quad [\text{Ec. 1-7}]$$

donde:

$\lambda$  = coeficiente de resistencia de tubo

D = diámetro de tubo (m)

El peso específico de aire depende de su presión atmosférica, de su temperatura y de su contenido de humedad relativa. El peso específico de

aire a 0 metros sobre el nivel de mar, con 20 °C de temperatura, y con 60 % de humedad relativa es:

$$\rho_{\text{aire}} = 1,1992 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \quad [\text{Ec. 1-8}]$$

En caso de variaciones en la altura sobre el nivel de mar (a.s.n.m.) se calcula el peso específico según fórmula:

$$\frac{P_1}{\rho_1} = \frac{P_2}{\rho_2} \quad [\text{Ec. 1-9}]$$

$$\rho_2 = \frac{P_2 \times \rho_1}{P_1} \quad [\text{Ec. 1-10}]$$

**donde:**

$P_1$  = presión de aire a 0 m.s.n.m. = (1013 mbar)

$P_2$  = presión de aire a X m.s.n.m

$\rho_1$  = peso esp. De aire a 0 m.s.n.m. = (1,199 kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_2$  = peso esp. De aire a X metros m.s.n.m.

La presión atmosférica se mide en mbar (milibar) y depende de la altura sobre el nivel de mar:

Altura m.s.n.m	P atm mbar
0	1013
200	989
400	966
600	943
800	921
1000	899
1500	850
2000	795
2500	750
3000	701

**Tabla No. 1-3 Presión atmosférica**

### **1.7.3 Resistencia de presión unitaria**

A la resistencia tubos rectos se debe sumar las de los diferentes codos, desviaciones, reducciones, colectores y la resistencia del separador de virutas. Estos se llaman resistencias unitarias ( $r_u$ ) y se calcula mediante un factor de resistencia unitaria (zeta) que se multiplica con la presión dinámica ( $p_d$ ) del aire en el tubo. La pérdida de presión por las diferentes resistencias unitarias se calcula mediante la fórmula:

$$r_u = \zeta \times P_{din} \quad [\text{Ec. 1-11}]$$

$$P_{ru} = \sum \zeta_n = \frac{\rho_{aire} \times V^2}{2 \times g} \quad [\text{Ec. 1-12}]$$

donde:

$P_{ru}$  = pérdida presión por resistencias unitarias

$P_{din}$  = presión dinámica (daN/m<sup>2</sup>)

$\zeta$  = factor de resistencia unitaria

$\sum \zeta_n$  = suma de factores de resistencia

$\rho_{aire}$  = peso específico aire (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = velocidad de flujo de aire(m/seg)

$g$  = fuerza de gravedad (m/seg<sup>2</sup>)

El radio (r) de codos no debería ser menor de 2 a 3 veces el diámetro (d) del tubo. Las reducciones de tubos, en el caso posible de realizar serían de un largo aproximado de un metro.

#### 1.7.4 Factores de resistencia unitaria



### Codos de 90°

$r = d$	→	$\zeta = 0.30$
$r \geq 2d$	→	$\zeta = 0.15$
$r \geq 6d$	→	$\zeta = 0.01$

**Tabla No. 1-4 Resistencia unitaria – codos 90°**

### Codos de 135°

$r \geq 2d$	→	$\zeta = 0.05$
-------------	---	----------------

**Tabla No. 1-5 Resistencia unitaria – codos 135°**

### Derivaciones

$\alpha = 15^\circ$	→	$\zeta = 0.1$
$\alpha = 30^\circ$	→	$\zeta = 0.2$
$\alpha = 45^\circ$	→	$\zeta = 0.25$
$\alpha = 60^\circ$	→	$\zeta = 0.5$

**Tabla No. 1-6 Resistencia unitaria – Derivaciones**

**Resistencia por reducción – ampliación de diámetros**

	→	←
$\alpha^\circ$	$\zeta$	$\zeta$
5	0.15	0.12
10	0.25	0.15
15	0.4	0.16
30	0.8	0.23

**Tabla No. 1-7 Resistencia unitaria reducción – ampliación**

Factor resistencia por separación de viruta

$\zeta$ ciclón	$\approx$	1,5... 2,5... 3,5
$\zeta$ filtro	$\approx$	1,5... 10

**Tabla No. 1-8 Resistencia unitaria separador de viruta.**

En el cálculo de la resistencia de un sistema de aspiración con varios tramos, se considera el tramo con la mayor de esta. Para ello se calcula la resistencia de los diferentes puntos de aspiración para poder tomar en cuenta el más alto de ellos.

## **1.8 EL EXTRACTOR**

Los extractores son elementos importantes de sistemas de aspiración. Normalmente son instalados en el flujo de aire bruto, es decir antes del separador de virutas. En este caso las aletas del ventilador corren el riesgo de desgastarse o dañarse por pequeños pedazos de madera, llevados por el flujo de aire. Es por eso recomendable poner una trampa de pedazos para evitar que piezas pequeñas choquen contra las aletas del ventilador.

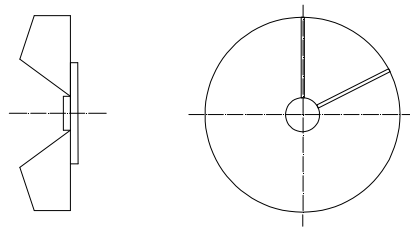
### **1.8.1 Formas de aletas**

Respecto a las aletas de ventiladores se conoce 3 formas diferentes: aletas planas, aletas curvas hacia adelante y aletas curvas hacia atrás.

#### **1.8.1.1 Aletas planas**

Es la forma más simple de aletas (figura 1-10) y tiene la ventaja que pueden funcionar en las 2 direcciones. Otra ventaja es, que no se acumula polvo en las superficies de las aletas lo que puede causar un desequilibrio y con ello un

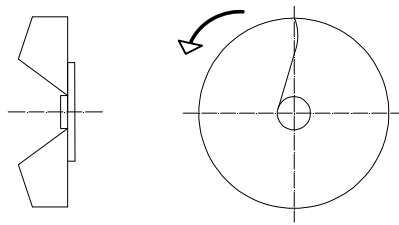
daño de las chumaceras. Su desventaja consta en su bajo rendimiento que es de máximo 45%. Las aletas planas se utilizan con preferencia para la succión de aire con un alto grado de substancias sólidas. Ventiladores de aletas planas llegan a presiones de máximo 0,1 bar (100 mbar).



**Figura No. 1-10 Aletas planas**

### **1.8.1.2 Aletas curvas hacia adelante**

Los ventiladores con aletas curvas hacia adelante (figura 1-11), tienen un grado de rendimiento de hasta 73 %. Frecuentemente son construidos con un gran número de aletas que permiten, *en* caso de un determinado caudal de aire, un pequeño diámetro a bajo número de revoluciones. Su gran desventaja es su tendencia a ensuciarse en su cara interior con la cual empuja el aire como una cuchara. Este tipo de ventiladores se utiliza sobre todo, cuando el medio de transporte es relativamente limpio, como es el caso en tareas de aireación o climatización.

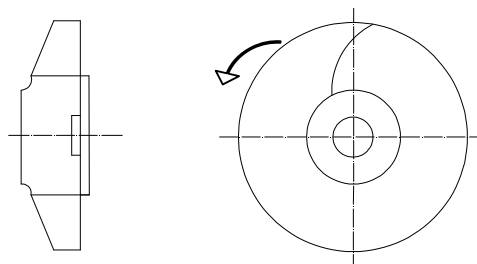


**Figura No. 1-11 Paletas curvas hacia adelante**

### 1.8.1.3 Aletas curvas hacia atrás

Ventiladores de este tipo (figura 1-12) alcanzan grados de rendimientos más altos normalmente 85 % y mayores en caso de construcciones especiales. La forma aerodinámica de las aletas evita turbulencias de aire y permite una alta velocidad circunferencial. Estos ventiladores tienen normalmente pocas aletas y se caracterizan por su efecto de auto limpieza. Estos ventiladores se utilizan de preferencia para el transporte de aire con alto grado de substancias sólidas.

El espacio entre las aletas y el tubo de entrada de aire debe ser lo más pequeño posible para no reducir el grado de rendimiento, cuando más reducido es este espacio menor son las pérdidas. Por otro lado es un punto crítico dentro del ventilador si las aletas al girarse tienen contacto con el tubo de entrada, esto podría generar chispas que causan explosiones de polvo. Es por eso que a veces el filo del tubo de entrada es de metal no férrico (bronce o cobre) para evitar este peligro. Al prender extractores hay que tomar en cuenta que la corriente de arranque es de 5 a 7 veces mayor que su corriente nominal.



**Figura No. 1-12 Paletas curvas hacia atrás.**

El accionamiento del ventilador puede ser directo o mediante poleas. Accionamiento directo es más económico pero tiene la desventaja de no poder modificar el número de revoluciones y con ello el caudal del ventilador. El caudal de aire de un ventilador se aumenta de forma lineal igual al aumento del número de revoluciones.

Entre el número de revoluciones secundarias ( $n_2$ ) al número de revoluciones primarias ( $n_1$ ) existe la siguiente relación a los caudales, y de forma aproximada a las presiones estáticas y las potencias eléctricas de consumo:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{Q_2}{Q_1} \quad [\text{Ec.1-13}]$$

$$\frac{n_2^2}{n_1^2} = \frac{P_{est1}}{P_{est2}} \quad [\text{Ec. 1-14}]$$

$$\frac{n_2^3}{n_1^3} = \frac{P_2}{P_1} \quad [\text{Ec. 1-15}]$$

donde:

$n_1$  = numero revoluciones inicial

$n_2$  = número revoluciones modificado

$Q$  = caudal de aire ( $m^3$ )

$P_{est}$  = presión estática ( $daN/m^2$ )

$P$  = Potencia motor (kw)

## 1.9 POTENCIA DEL EXTRACTOR

La potencia requerida para el accionamiento de un extractor, depende de los siguientes factores:

- Caudal de aire ( $m^3/seg$ )
- Longitud de los tubos
- Numero de resistencia unitaria
- El peso del aire ( $kg/m^3$ )
- La cantidad de viruta en el aire (kg)
- La velocidad de flujo de aire (m/seg)
- El grado de rendimiento del ventilador
- El grado de rendimiento del motor

La potencia de un ventilador se calcula mediante la fórmula:

$$P = \frac{\sum P_{est} \times V_{aire} \times 1.25}{\eta_{vent} \times \eta_{mot} \times 10^2}$$

[Ec. 1-16]

donde:

$P$  = potencia motor (kW)

$\sum P_{est}$  = suma perdida presión estática (N/m<sup>2</sup>)

$V_{aire}$  = volumen de aire (m<sup>3</sup>/seg)

1,25 = factor de reserva (25 %)

$\eta_{vent}$  = rendimiento ventilador (0,45. . .0,8)



$\eta_{\text{mot}}$ = rendimiento motor ( $\approx 0,8$ )

### **1.10 SEPARACIÓN DE POLVO Y VIRUTA**

La mezcla de aire, virutas y polvo se debe separar de alguna forma con el fin de poder manipular las virutas sin mayores problemas y que el aire separado contenga la mínima parte de polvo. El tamaño de las partículas de madera a transportar y separarse varía algunos centímetros hasta unas pocas micras. Virutas de madera con menos de 0,3mm se denomina polvo. Este polvo no solamente es producto de máquinas lijadoras sino también las sierras, fresas y cepilladoras producen fuera de virutas grandes, una mayor o menor parte de polvo, es mayor cuando más gastados son los filos de las herramientas de corte.

Es problemático y peligroso especialmente el polvo fino de un tamaño de 0,03 a 0,1 mm (30 a 100 micras) como son:

- El polvo fino se mantiene mucho tiempo en el aire y puede molestar a las vías respiratorias hasta causar peligrosos daños de salud.
  
- Su separación del aire es bastante difícil y se logra un resultado satisfactorio solamente con filtros textiles los cuales se deben limpiar periódicamente.
  
- La mezcla de polvo y aire se pone explosivo si alcanza una concentración de  $12 \text{ g/m}^3$  o superior a ello. El aire de esta concentración se quema de forma

explosiva si una chispa lo enciende. Explosiones de polvo son frecuentes causantes de incendios en plantas de labrado de madera. El peligro de una explosión de polvo en los ductos de aire, se reduce mediante velocidades altas de flujo de aire.

- El rozamiento de las partículas de polvo entre sí y en las paredes del ducto pueden generar una carga electrostática cuya chispa de descargue podría encender una mezcla crítica de aire y polvo. Por esta razón se evita la utilización de tubos plásticos y es por eso necesario que los ductos de transporte de polvo se encuentren puestos a tierra.

### **1.10.1 Sistemas de separación**

#### **Cámaras de asiento**

La forma más simple de separar las virutas y el polvo de aire es soplar el aire con las virutas a un cuarto grande en el cual las virutas caen por gravedad al suelo por la reducción de la velocidad de flujo. La separación del polvo fino con este sistema no es posible. En el caso de necesidad de separar el polvo fino se debe filtrar el aire de escape con filtros textiles cuya área se debe considerar, que 1 m<sup>2</sup> de filtro alcanza para 1000 m<sup>3</sup> de aire con polvo (sin virutas) por hora.

### **1.10.2 Ciclones**

La forma más común para la separación del aire y virutas es el ciclón. En ellos entra el flujo de aire de forma tangencial al ciclón lo que hace que la viruta por fuerza centrífuga es lanzada contra la pared del ciclón y baja de forma e spiral por la pérdida a de velocidad de flujo. El aire separado de las virutas escapa hacia arriba, con ello escapa de 120 a 200 mg de polvo fino por hora. En el caso que se requiera un mejor resultado se debe pasar el aire de escape adicionalmente por un filtro textil. La pérdida de presión de ciclones es de 50 a 130 daN/m<sup>2</sup>.

Para evitar que entre aire de la parte inferior al ciclón, este debe ser unido con una cámara de virutas o un recipiente de virutas, herméticamente cerrado. Caso contrario se reduce el grado de separación del ciclón. Es necesario un control periódico de los ciclones para que estos no estén obstruidos con virutas, lo que impide su buen funcionamiento.

### **1.10.3 Filtros**

Filtrar el aire mediante filtros textiles es la forma más eficiente aplicada en la separación de polvo en la industria maderera, con ello se obtiene un grado de separación de 99,5 % si los filtros son de buena calidad.

La capacidad de separaciones es de 100 a 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2h</sup>. Este tipo de separación es necesario cuando se debe reconducir el aire aspirado, al taller y cuando los filtros se encuentren en el interior de la fábrica.

## **1.11 SILOS**

Los silos de virutas deben ser construidos de material no combustible, si no tienen una distancia de mínimo 9m. de los galpones. Deben estar equipados con

compuertas de descarga de presión que se abren o vuelen en caso de explosión. Se acepta una prorrata máxima de 20% de polvo fino del material aspirado.

Para evitar un exceso de acumulación de polvo fino en el aire los silos se llenan hasta solamente 2/3 de su altura total. Las paredes interiores deben ser lisas y sin partes que sobresalgan, es ventajoso cuando la sección inferior del silo es ligeramente más grande que la superior para evitar puentes de viruta.

## **1.12 VARIADOR DE FRECUENCIA**

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la frecuencia de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y la velocidad
- Regulación sin golpes mecánicos
- Movimientos complejos
- Mecánica delicada

### **1.12.1 Composición de un variador de frecuencia**

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

**1.12.1.1 Etapa Rectificadora.** Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.

**1.12.1.2 Etapa intermedia.** Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.

**1.12.1.3 Inversor o "Inverter".**

Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un

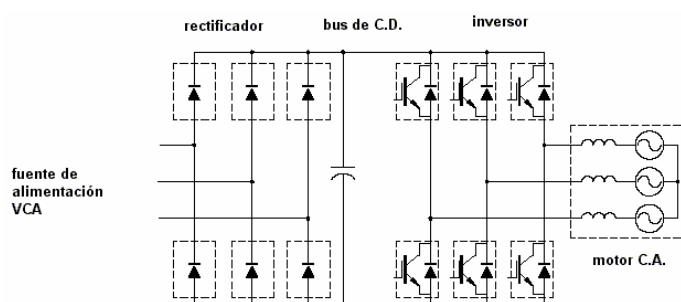
microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobretemperaturas, etc.

**1.12.1.4 Etapa de control.**

Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general, etc. Los variadores más utilizados utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de

Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores Figura (1-13). En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia. El Inversor o Inverter convierte la tensión continua de la etapa intermedia en una tensión de frecuencia y tensión variables. Los IGBT envían pulsos de duración variable y se obtiene una corriente casi senoidal en el motor.

Por otra parte, los IGBT's generan mayor calor. Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) estén aisladas galvánicamente para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control.

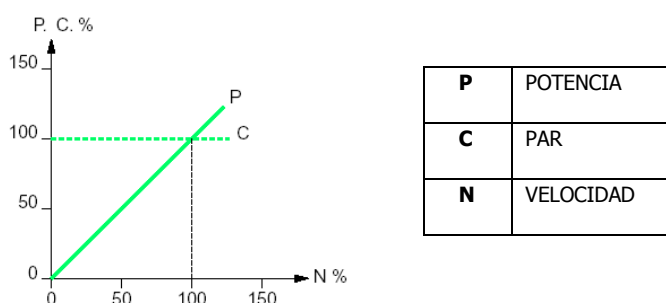


**Figura No. 1-13** Esquema de principio de un convertidor de frecuencia.

### 1.12.2 Funcionamiento a Par constante.

Se denomina funcionamiento a par constante cuando las características de la carga son tales, que, en régimen permanente, el par solicitado es sensiblemente constante sea cual sea la velocidad (figura 1-14). Este modo de funcionamiento se utiliza en las

cintas transportadoras y en las amasadoras. Para este tipo de aplicaciones, el variador debe tener la capacidad de proporcionar un par de arranque importante (1,5 veces o más el par nominal) para vencer los rozamientos estáticos y para acelerar la máquina (inercia).



**Figura No. 1-14** Curva de funcionamiento a par constante

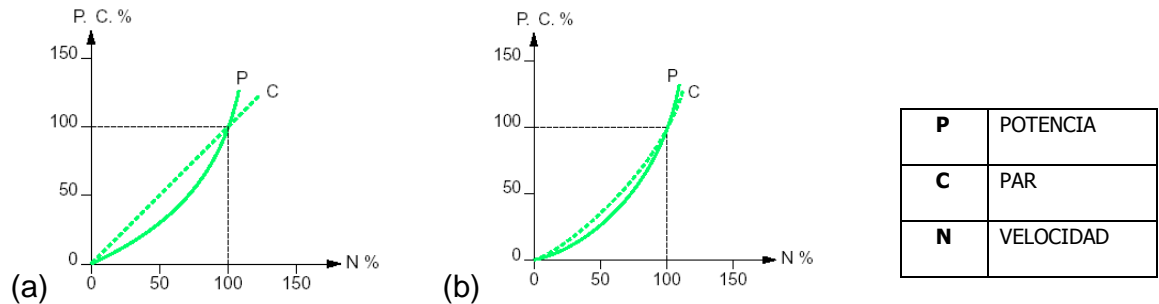
### 1.12.3 Funcionamiento a Par variable.

Se denomina funcionamiento a par variable cuando las características de la carga son tales que en régimen permanente, el par solicitado varía con la velocidad. Es en concreto el caso de las bombas volumétricas con tornillo de Arquímedes cuyo par crece linealmente con la velocidad (**figura 1-15a**) o las máquinas centrífugas

(bombas y ventiladores) cuyo par varía con el cuadrado de la velocidad (**figura 1-15b**).

Para un variador destinado a este tipo de aplicaciones, es suficiente un par de arranque mucho menor (en general 1,2 veces el par nominal del motor). Muy frecuentemente dispone de funciones complementarias como la posibilidad de omitir

las frecuencias de resonancia correspondientes a las vibraciones indeseables de la máquina. Es imposible funcionar más allá de la frecuencia nominal de la máquina porque sería una carga insoportable para el motor y el variador.



**Figura No. 1-15** Curva de funcionamiento a par variable.

## 12.4 Principales tipos de variadores.

### 12.4.1 Rectificador controlado motor de corriente continua.

Proporciona, a partir de una red de corriente alterna monofásica o trifásica, una corriente continua con control del valor medio de la tensión.

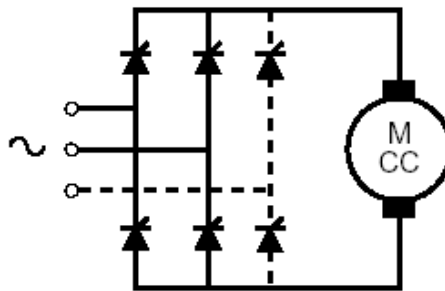
Los semiconductores de potencia constituyen un puente de Graëtz, monofásico o trifásico (figura 1-16). El puente puede ser mixto (diodos/tiristores) o completo (sólo tiristores). Esta última solución es la más frecuente porque permite un mejor factor de forma de la corriente suministrada.

El motor de corriente continua más utilizado tiene la excitación separada, salvo para pequeñas potencias, en las que suelen usarse frecuentemente motores de imán permanente.



La utilización de este tipo de variadores de velocidad se adapta bien a todas las aplicaciones. Los únicos límites vienen impuestos por el propio motor de corriente continua, en especial por la dificultad de conseguir velocidades elevadas y la necesidad de mantenimiento (sustitución de las escobillas).

Los motores de corriente continua y sus variadores asociados han sido las primeras soluciones industriales. Después de más de una década, su uso va en constante disminución en beneficio de los convertidores de frecuencia. En efecto, el motor asíncrono es a la vez más robusto y más económico que un motor de corriente continua. Contrariamente a los motores de corriente continua, los asíncronos se han estandarizado con envoltente IP55, siendo por tanto prácticamente insensibles al entorno (goteo, polvo y ambientes peligrosos).

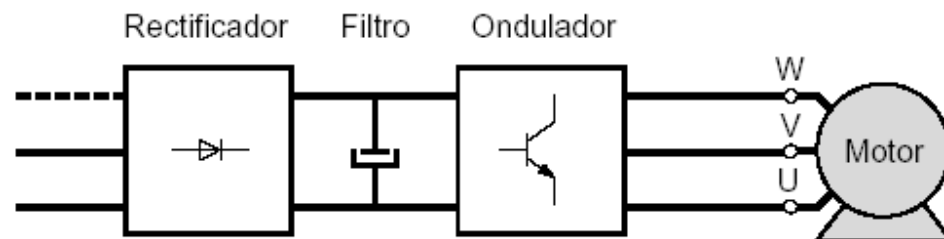


*Figura No. 1-16 Esquema de un rectificador controlado para motor CC.*

#### **1.12.4.2 Convertidor de frecuencia para motor asíncrono**

Los convertidores de frecuencia alimentan los motores de jaula estándar con todas las ventajas de estos motores: estandarización, bajo coste, robustez, estanqueidad, ningún mantenimiento. Puesto que estos motores son auto-ventilados, el único límite para su empleo es el funcionamiento a baja velocidad porque se reduce esta

ventilación. Si se requiere este funcionamiento hay que prever un motor especial con una ventilación forzada independiente (figura 1-17).



*Figura No. 1-17 Esquema de un convertidor de frecuencia.*

### 1.13 MOTOR ELÉCTRICO <sup>3</sup>

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía eléctrica en energía mecánica. Los motores se clasifican de acuerdo a la energía que necesitan para su funcionamiento, así se tenemos:

- Motores de Corriente alterna (AC)
- Motores de corriente continua (DC)

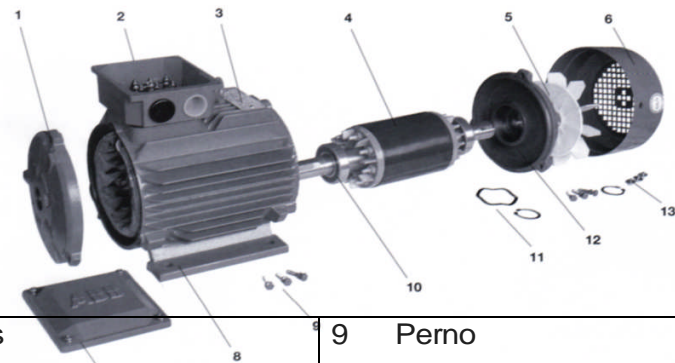
#### 1.13.1 Motores de Corriente Alterna

Los motores de corriente alterna (Figura 1-18) están formados por 2 partes principales:

El estator es la parte externa del motor que no gira. Esta consta de embobinados, que al ser alimentados por corriente alterna, generan un campo magnético rotativo. El rotor es la parte del motor que gira, debido a la acción del campo magnético rotativo del estator.

En un motor asíncrono o motor de inducción, el campo magnético rotativo induce en el rotor un campo magnético que se opone al primero, resultando en un par que hace que el motor gire en el mismo sentido del campo magnético rotativo. Para que el campo magnético pueda producirse, el rotor tiene que girar a una velocidad un poco menor que la del campo magnético rotativo.

1 Escudo lado acople	8 Carcasa del estator
----------------------	-----------------------



2	Caja de bornes	9	Perno
3	Placa de características	10	Rodamiento
4	Rotor con eje	11	Arandela muelle
5	Ventilador	12	Escudo lado del ventilador
6	Protección del ventilador	13	Tornillo
7	Cubierta de la caja de bornes		

**Figura No. 1-18 Motor asíncrono**

Para distinguir entre diversos tipos, la Nacional Eléctrica Manufacture Association (NEMA) ha desarrollado un sistema de identificación con letras en la cual cada tipo de motor comercial de inducción de jaula de ardilla se fabrica de acuerdo con determinada norma de diseño y se coloca en determinada clase, identificada con una letra. Las propiedades de la construcción eléctrica y mecánica del rotor, en las cinco clases NEMA sobre motores de inducción de jaula de ardilla se resume en la Tabla 1-9

<sup>3</sup> [www.todocolección.net/teoria-calculo-bobinados-electricos](http://www.todocolección.net/teoria-calculo-bobinados-electricos)

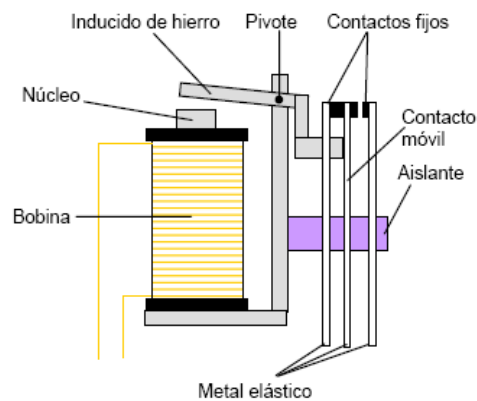
Clase NEMA	Par de arranque (# de veces nominal)	Corriente de Arranque	Relación de Velocidad (%)	Nombre de clase del Motor
A	1.5 – 1.75	5 – 7	2 – 4	Normal
B	1.4 – 1.6	4.5 – 5	3.5	De propósito general
C	2 – 2.5	3.5 – 5	4 – 5	De doble jaula alto par

D	2.5 – 3	3 – 8	5–8 , 8–13	De alto par alta resistencia
F	1.25	2 – 4	mayor a 5	De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque

**Tabla No. 1-9 Clasificación NEMA**

### 1.14 RELÉS

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán figura (1 -19), el electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamado núcleo, rodeado por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina, el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán, tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina.



**Figura No. 1-19 Relé**

### **1.14.1 Tipos de Relés**

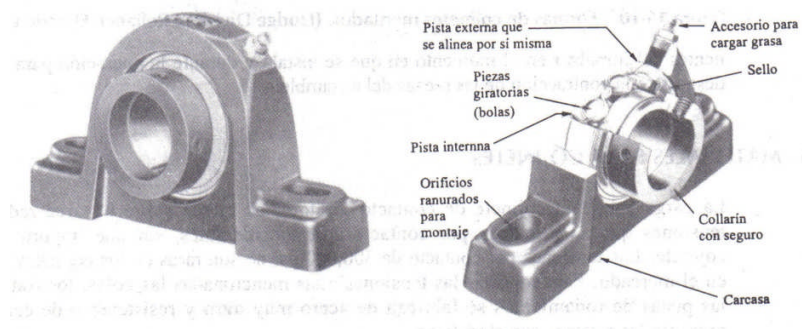
Existe varios tipos de relés, los relés de mando funcionan como interruptor. Está formado por un contacto móvil o polo y un contacto fijo. Pero también hay relés que funcionan como un conmutador, porque disponen de un polo (contacto móvil) y dos contactos fijos.

Cuando no pasa corriente por la bobina el contacto móvil está tocando a uno de los contactos fijos. En el momento que pasa corriente por la bobina, el núcleo atrae al inducido, el cual empuja al contacto móvil hasta que toca al otro contacto fijo. Por tanto, funciona como un conmutador.

### **1.15 COJINETES <sup>4</sup>**

Los cojinetes figura (1-20), soportan una carga en tanto permiten el movimiento relativo entre dos piezas de una máquina. El término de contacto giratorio se refiere a la extensa variedad de cojinete en los que se utilizan bolas o algún tipo de rodamiento entre las piezas fijas y las móviles. El tipo más común de cojinetes soportan una flecha giratoria, que resiste cargas radiales simples o una combinación de cargas radiales y axiales. La carcasa

se fabrican en acero formado, hierro fundido o acero fundido con orificios o ranuras que se hacen para conexión durante el ensamble de la máquina, momento en el cual se ajusta la alineación de la unidad de cojinete.



**Figura No. 1-20** Caja de chumacera con cojinete de bolas

<sup>4</sup> Diseño de Elementos de Máquinas MOTT.

### 1.15.1 Relación entre carga y vida útil.

Todos los cojinetes tienen una vida útil limitada y en algún momento presentan fallas por fatiga debido a la considerable tensión por contacto a la que son sometidos. La relación entre carga  $P$  y vida útil  $L$ . para cojinetes de contacto giratorio es:

$$\frac{L_2}{L_1} = \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^k \quad [\text{Ec.1-17}]$$

donde:  $k = 3.00$  para cojinetes de bola

$k = 3.33$  para cojinete de rodamientos o giratorios .

En la (tabla 1-10) se detalla la vida útil recomendada para cojinetes dependiendo su aplicación

<b>USO</b>	<b>Vida útil de diseño <math>L_{10}</math>, h</b>
Aparatos domésticos	1 000 – 2 000
Motores para aviones	1 000 – 4 000
Automotriz	1 500 – 5 000
Equipo agrícola	3 000 – 6 000
Elevadores, ventiladores industriales, engranes de uso múltiple	8 000 – 15 000
Motores eléctricos, ventiladores industriales con tolva, maquinas industriales en general.	200 000 – 30 000
Bombas y compresores	40 000 – 60 000
Equipo eléctrico en operación continua las 24 horas.	100 000 – 200 000

**Tabla No. 1-10** Vida útil de diseño recomendada para cojinetes

### 1.15.2 Vida útil de diseño.

Con la ecuación (1–17) especificada en revoluciones, se puede escribir como



$$\text{Vida útil de diseño} = L_d = \left( \frac{C}{P_d} \right)^k \times (10^6) \quad [\text{Ec. } 1-18]$$

$$\text{Especificación básica de carga dinámica} = C = P_d \left( \frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}} \quad [\text{Ec. } 1-19]$$

Vida útil de diseño en horas y una velocidad de giro en rpm utilizamos:

$$L_d = (h) \times (\text{rpm}) \times \left( 60 \frac{\text{min}}{h} \right) \quad [\text{Ec.1-20}]$$

### 1.15.3 Cálculo de la carga equivalente radial

Solo se aplica para carga radial R, y toma en cuenta cual de las dos pistas de bolas, externas o internas, es la que gira .

$$P = V \times R \quad [\text{Ec.1-21}]$$

Donde:

P = Carga equivalente

V = factor de rotación    1.0 si la pista de rodamiento interna es la que gira.  
                                   1.2 si la pista de rodamiento externa es la que gira.

R = Carga radial

## CAPITULO II

### DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN

#### 2.1 DISEÑO DE DUCTOS

El objetivo de un sistema de ductos es transportar el aire desde el maquinado de la pieza donde se produce la viruta y polvo hasta el espacio final que va hacer depositado. En el **(Anexo 2-1)** se tiene el plano de distribución de las máquinas. Para cumplir el diseño de una forma práctica de debe proyectarse dentro de ciertos parámetros relativos al espacio disponible, requerimientos de absorción de cada máquina, perdidas por rozamientos, velocidad, costo de inversión, etc.

##### 2.1.1 Selección de Parámetros.

- **Tipo de Aspiración.**

De acuerdo a los requerimientos de la fabrica y la disposición actual de las máquinas de diseñara un sistema de aspiración de carga total.

- **Velocidad de Flujo de Aire.**

De los procesos de maquinado se obtiene una gran cantidad de residuos de diferente tipo como polvo, viruta fina, mediana, gruesa, viruta seca y húmeda, pedazos de madera, esto nos lleva a seleccionar una velocidad de flujo de aire de 25- 35 m/seg. (tabla 1-1).

##### 2.1.1.1 Selección de diámetro del colector.

De la (tabla 2-1) seleccionamos los diámetros requeridos para todas las máquinas que estarán integradas al sistema de extracción, se puede revisar los catálogos de cada máquina en los cuales se especifica los parámetros requeridos para su funcionamiento.

MÁQUINA	DIÁMETRO DE COLECTOR
VENECIANA	140 mm.
UNIVERSAL	150 mm.
TUPÍ	140 mm.
CEPILLO	140 mm.
CIERRA CIRCULAR GRANDE	140 mm.
CIERRA CIRCULAR PEQUEÑA	150 mm.
MOLDURERA	350 mm.
CANTEADORA PEQUEÑA	140 mm.
CANTEADORA GRANDE	150 mm.

*Tabla 2-1 Diámetro de colector.*

### 2.1.2 Cálculo de diámetro de Tubería.

Se empezará el cálculo desde la máquina que se encuentre más distante al extractor principal como se muestra en el **Anexo 2-2**, utilizando la [Ec 1-1]

para el diseño de las tuberías principales.

TRAMO A

$$dA = 140 \text{ mm.}$$

TRAMO B

$$dB = 150 \text{ mm.}$$

TRAMO C

$$dC = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$dC = \sqrt{140^2 + 150^2}$$

$$dC = 205.18 \text{ mm.}$$

TRAMO D

$$dD = 140 \text{ mm.}$$

TRAMO E

$$dE = \sqrt{D^2 + C^2}$$

$$dE = \sqrt{140^2 + 205.18^2}$$

$$dE = 248.39 \text{ mm.}$$

#### TRAMO F

$$dF = 150 \text{ mm.}$$

#### TRAMO G

$$dG = 150 \text{ mm.}$$

#### TRAMO H

$$dH = \sqrt{F^2 + G^2}$$

$$dH = \sqrt{150^2 + 150^2}$$

$$dH = 212.3 \text{ mm.}$$

TRAMO I

$$dI = 140 \text{ mm.}$$

TRAMO J

$$dJ = \sqrt{H^2 + I^2 + E^2}$$

$$dI = \sqrt{212.13^2 + 140^2 + 248.39^2}$$

$$dI = 355.38 \text{ mm.}$$

TRAMO K

$$dK = 350 \text{ mm.}$$

TRAMO L

$$dL = 150 \text{ mm.}$$

TRAMO M

$$dM = \sqrt{K^2 + L^2}$$

$$dM = \sqrt{350^2 + 150^2}$$

$$dM = 380.78 \text{ mm.}$$

### TRAMO N

$$dN = 140 \text{ mm.}$$

### TRAMO O

$$dO = \sqrt{M^2 + N^2 + J^2}$$

$$dO = \sqrt{380.78^2 + 140^2 + 355.38^2}$$

$$dO = 539.35 \text{ mm.}$$

TRAMO	Ø DISEÑO	Ø CONSTRUCCIÓN
<b>A</b>	140	140
<b>B</b>	150	150
<b>C</b>	205.18	200
<b>D</b>	140	140

<b>E</b>	248.39	250
<b>F</b>	150	150
<b>G</b>	150	150
<b>H</b>	212.13	200
<b>I</b>	140	140
<b>J</b>	355.36	360
<b>K</b>	350	350
<b>L</b>	150	150
<b>M</b>	380.78	380
<b>N</b>	140	140
<b>O</b>	539.35	500

**Tabla 2-2** Diámetros tubería.

### 2.1.3 Cálculo de Presión Dinámica.

Con la ecuación [Ec 1-4] procedemos a realizar el cálculo de la presión dinámica, pero primero deberemos obtener el peso específico del aire a 2800 m.s.n.m mediante la ecuación [Ec 1 -10].



$$V_{\text{aire}} = \frac{V^2 \times \rho_{\text{aire}}}{2 \times g}$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2.$$

### 2.1.3.1 Cálculo de peso específico de aire a 2800 m.s.n.m

$$\frac{P_1}{\rho_1} = \frac{P_2}{\rho_2}$$

Realizamos una interpolación entre los valores conocidos (tabla 1-3), y la altura en la que se encuentra ubicada la empresa Madequisa.

m.s.n.m	P mbar
2.500	750
2.800	X
3.000	701

$$X = 720.6 \text{ mbar}$$

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 \times P_2}{P_1}$$

$$\rho_2 = \frac{1.199 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 720.6 \text{ mbar}}{1013 \text{ mbar}}$$

$$\rho_2 = 0.8529115 \text{Kg} / \text{m}^3$$

$$P_{din} = \frac{(20 \text{m} / \text{s})^2 \times 0.85291 \text{Kg} / \text{m}^3}{2 \times 9.8 \text{m} / \text{s}}$$

$$P_{din} = 17.40612 \text{ daN/m}^2$$

#### 2.1.4 Cálculo de Presión Estática.

Para el cálculo de la presión estática en los diferentes tramos de la tubería (**Anexo 2-3**) la realizaremos con la ecuación [Ec 1-5], pero para esto necesitaremos primero calcular el coeficiente de resistencia del tubo  $\lambda$ , [Ec. 1-7]

$$P_{esta} = L \times \frac{\lambda}{D} \times P_{din}$$

##### 2.1.4.1 Coeficiente de Resistencia

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{D}$$

Donde:

D = diámetro (m)

### TRAMO A

$$PestA = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.14}$$

$$PestA = 8.40 \times \frac{0.0203}{0.14} \times 17.40612$$

$$\lambda = 0.0203$$

$$PestA = 21.2006 \text{ daN/m}^2$$

### TRAMO B

$$PestB = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.15}$$

$$PestB = 6 \times \frac{0.0198}{0.15} \times 17.40612$$

$$\lambda = 0.0198$$

$$PestB = 13.7857 \text{ daN/m}^2$$

### TRAMO C

$$PestC = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.2}$$

$$PestC = 6.40 \times \frac{0.018}{0.2} \times 17.40612$$

$$\lambda = 0.018$$

$$PestC = 10.0260 \text{ daN/m}^2$$

#### TRAMO D

$$PestD = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.14}$$

$$PestD = 5.40 \times \frac{0.0203}{0.14} \times 17.40612$$

$$\lambda = 0.0203$$

$$PestD = 13.6219 \text{ daN/m}^2$$

#### TRAMO E

$$PestE = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.25}$$

$$PestaE = 6.50 \times \frac{0.0169}{0.25} \times 17.40612 \quad \lambda = 0.0169$$

$$PestE = 7.6483 \text{ daN/m}^2$$

### TRAMO F

$$PestF = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin \quad \lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.15}$$

$$PestaF = 3.90 \times \frac{0.0198}{0.15} \times 17.40612 \quad \lambda = 0.0198$$

$$PestF = 8.9607 \text{ daN/m}^2$$

### TRAMO G

$$PestG = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin \quad \lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.15}$$

$$PestaG = 6.2 \times \frac{0.019}{0.15} \times 17.40612 \quad \lambda = 0.0198$$

$$PestG = 13.6697 \text{ daN/m}^2$$

### TRAMO H

$$PestH = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.2}$$

$$PestH = 2.30 \times \frac{0.018}{0.2} \times 17.40612$$

$$\lambda = 0.018$$

$$PestH = 3.6031 \text{ daN/m}^2$$

#### TRAMO I

$$PestI = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.14}$$

$$PestI = 5.90 \times \frac{0.0203}{0.14} \times 17.40612$$

$$\lambda = 0.0203$$

$$PestI = 14.8910 \text{ daN/m}^2$$

#### TRAMO J

$$PestJ = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.3}$$

$$PestJ = 4.30 \times \frac{0.01555}{0.36} \times 17.40612$$

$$\lambda = 0.01616$$

$$PestJ = 3.2329 \text{ daN/m}^2$$

#### TRAMO K

$$PestK = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.35}$$

$$PestK = 14.4 \times \frac{0.0156}{0.35} \times 17.40612$$

$$\lambda = 0.0156$$

$$PestK = 11.1718 \text{ daN/m}^2$$

#### TRAMO L

$$PestL = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.15}$$

$$PestL = 3.8 \times \frac{0.0198}{0.15} \times 17.40612$$

$$\lambda = 0.0198$$

$$PestL = 8.7310 \text{ daN/m}^2$$

#### TRAMO M

$$PestM = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.38}$$

$$PestM = 3.80 \times \frac{0.0153}{0.38} \times 17.40612$$

$$\lambda = 0.0153$$

$$PestM = 2.6631 \text{ daN/m}^2$$

#### TRAMO N

$$PestN = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin$$

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.140}$$



$$PestN = 8.20 \times \frac{0.0203}{0.14} \times 17.40612 \quad \lambda = 0.0203$$

$$PestN = 20.6960 \text{ daN/m}^2$$

### TRAMO O

$$PestO = L \times \frac{\lambda}{D} \times Pdin \quad \lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{0.5}$$

$$PestO = 1.20 \times \frac{0.0147}{0.5} \times 17.40612 \quad \lambda = 0.0147$$

$$PestO = 0.6140 \text{ daN/m}^2$$

La tabla 2-3 resumen todos los valores encontrados anteriormente

TRAMO	Pest (daN/m <sup>2</sup> )
<b>A</b>	21.2008

<b>B</b>	13.7857
<b>C</b>	10.0260
<b>D</b>	13.6291
<b>E</b>	7.6483
<b>F</b>	8.9607
<b>G</b>	13.6697
<b>H</b>	3.6031
<b>I</b>	14.8910
<b>J</b>	3.2329
<b>K</b>	11.1718
<b>L</b>	8.7310
<b>M</b>	2.6631
<b>N</b>	20.6960
<b>O</b>	0.6140

*Tabla 2-3 Presión estática por tramos*

### **2.1.5 Cálculo de Resistencias por Tramos Totales.**

Para el cálculo de la resistencia por sección en un sistema de aspiración (**Anexo 2-3**), se debe especificar el tramo con la mayor de esta. Por lo tanto se calculará la resistencia de la tubería así como la resistencia unitaria [Ec. 1-11], en cada tramo del sistema.

#### **TRAMO 1**

$$P_{est} = \sum P_{est} \text{ en tramo}$$

$$P_{est} = A + C + E + J + D$$

$$P_{est} = 21.2008 + 10.0260 + 7.6483 + 3.2329 + 13.6291$$

$$P_{est} = 52.5042 \text{ dNa/m}^2$$

Factor de resistencia unitaria

$$2 \text{ codos } 90^\circ \rightarrow \zeta = 0.15 \times 2 = 0.3$$

$$4 \text{ reducciones } \alpha = 5^\circ \rightarrow \zeta = 0.15 \times 4 = 0.6$$

$$P_{ru} = \sum \zeta \times P \text{ din}$$

$$P_{ru} = 0.9 \times 17.40612 \text{ dNa/m}^2$$

$$P_{ru} = 15.66108 \text{ dNa/m}^2$$

## **TRAMO 2**

$$P_{est} = \sum P_{est} \text{ en tramo}$$

$$P_{est} = B + C + E + J + O$$

$$P_{est} = 13.7857 + 10.0260 + 7.6483 + 3.2329 + 0.6140$$

$$P_{est} = 35.3069 \text{ dNa/m}^2$$

Factor de resistencia unitaria

$$1 \text{ codos } 90^\circ \rightarrow \zeta = 0.15$$

$$4 \text{ reducciones } \alpha = 5^\circ \rightarrow \zeta = 0.15 \times 4 = 0.6$$

$$1 \text{ derivación } 45^\circ \rightarrow \zeta = 0.25$$

$$P_{ru} = \sum \zeta \times P \text{ din}$$

$$P_{ru} = 1 \times 17.40612 \text{ dNa/m}^2$$

$$P_{ru} = 17.40612 \text{ dNa/m}^2$$

### **TRAMO 3**

$$P_{est} = \sum P \text{ est en tramos}$$

$$P_{est} = D + E + J + O$$

$$P_{est} = 13.6291 + 7.6483 + 3.2329 + 0.6140$$

$$P_{est} = 25.1243 \text{ dNa/m}^2$$

Factor de resistencia unitaria

$$1 \text{ codos } 90^\circ \rightarrow \zeta = 0.15$$

$$3 \text{ reducciones } \alpha = 5^\circ \rightarrow \zeta = 0.15 \times 3 = 0.45$$

$$1 \text{ derivación } 45^\circ \rightarrow \zeta = 0.25$$

$$P_{ru} = \sum \zeta \times P \text{ din}$$

$$P_{ru} = 0.85 \times 17.40612 \text{ dNa/m}^2$$

$$P_{ru} = 14.7952 \text{ dNa/m}^2$$

#### **TRAMO 4**

$$P_{est} = \sum P_{est} \text{ en tramos}$$

$$P_{est} = F + H + J + O$$

$$P_{est} = 8.9607 + 3.6031 + 3.2329 + 0.6140$$

$$P_{est} = 16.4107 \text{ dNa/m}^2$$

Factor de resistencia unitaria

$$1 \text{ codos } 90^\circ \rightarrow \zeta = 0.15$$

$$2 \text{ reducciones } \alpha = 5^\circ \rightarrow \zeta = 0.15 \times 2 = 0.3$$

$$1 \text{ derivación } 45^\circ \rightarrow \zeta = 0.25$$

$$P_{ru} = \sum \zeta \times P \text{ din}$$

$$P_{ru} = 0.7 \times 17.40612 \text{ dNa/m}^2$$

$$P_{ru} = 12.1842 \text{ dNa/m}^2$$

## **TRAMO 5**

$$P_{est} = \sum P_{est} \text{ en tramos}$$

$$P_{est} = G + H + J + O$$

$$P_{est} = 13.6697 + 3.6031 + 3.2329 + 0.6140$$

$$P_{est} = 21.1197 \text{ dNa/m}^2$$

Factor de resistencia unitaria

$$1 \text{ codos } 90^\circ \rightarrow \zeta = 0.15$$

$$3 \text{ reducciones } \alpha = 5^\circ \rightarrow \zeta = 0.15 \times 3 = 0.45$$

$$1 \text{ derivación } 45^\circ \rightarrow \zeta = 0.25$$

$$P_{ru} = \sum \zeta \times P \text{ din}$$

$$P_{ru} = 0.85 \times 17.40612 \text{ dNa/m}^2$$

$$P_{ru} = 14.7952 \text{ dNa/m}^2$$

## TRAMO 6

$$P_{est} = \sum P_{est} \text{ en tramos}$$

$$P_{est} = I + J + O$$

$$P_{est} = 14.8910 + 3.2329 + 0.6140$$

$$P_{est} = 18.7379 \text{ dNa/m}^2$$

Factor de resistencia unitaria

$$1 \text{ codos } 90^\circ \rightarrow \zeta = 0.15$$

$$2 \text{ reducciones } \alpha = 5^\circ \rightarrow \zeta = 0.15 \times 2 = 0.3$$

$$1 \text{ derivación } 45^\circ \rightarrow \zeta = 0.25$$

$$P_{ru} = \sum \zeta \times P \text{ din}$$

$$P_{ru} = 0.7 \times 17.40612 \text{ dNa/m}^2$$

$$P_{ru} = 12.1842 \text{ dNa/m}^2$$

## **TRAMO 7**

$$P_{est} = \sum P_{est} \text{ en tramos}$$

$$P_{est} = K + L + O$$

$$P_{est} = 11.1718 + 8.7310 + 0.6140$$

$$P_{est} = 20.5168 \text{ dNa/m}^2$$



Factor de resistencia unitaria

$$1 \text{ codos } 90^\circ \rightarrow \zeta = 0.15$$

$$1 \text{ reducciones } \alpha = 5^\circ \rightarrow \zeta = 0.15$$

$$1 \text{ derivación } 45^\circ \rightarrow \zeta = 0.25$$

$$P_{ru} = \sum \zeta \times P \text{ din}$$

$$P_{ru} = 0.55 \times 17.40612 \text{ dNa/m}^2$$

$$P_{ru} = 9.5733 \text{ dNa/m}^2$$

### **TRAMO 8**

$$P_{est} = \sum P_{est} \text{ en tramos}$$

$$P_{est} = N + O$$

$$P_{est} = 20.6960 + 0.6140$$

$$P_{est} = 21.31 \text{ dNa/m}^2$$

Factor de resistencia unitaria

1 codos 90° →  $\zeta = 0.15$

1 reducciones  $\alpha = 5^\circ$  →  $\zeta = 0.15$

1 derivación 45° →  $\zeta = 0.25$

$$P_{ru} = \sum \zeta \times P \text{ din}$$

$$P_{ru} = 0.55 \times 17.40612 \text{ dNa/m}^2$$

$$P_{ru} = 9.573366 \text{ dNa/m}^2$$

## **TRAMO 9**

$$P_{est} = \sum P_{est} \text{ en tramos}$$

$$P_{est} = L + M + O$$

$$P_{est} = 8.7310 + 2.6631 + 0.6140$$

$$P_{est} = 12.0081 \text{ dNa/m}^2$$

Factor de resistencia unitaria

1 codos 90° →  $\zeta = 0.15$

2 reducciones  $\alpha = 5^\circ \rightarrow \zeta = 0.15 \times 2 = 0.3$

2 derivación 45° →  $\zeta = 0.50$

$$P_{ru} = \sum \zeta \times P \text{ din}$$

$$P_{ru} = 0.95 \times 17.40612 \text{ dNa/m}^2$$

$$P_{ru} = 16.535814 \text{ dNa/m}^2$$

En la tabla 2-4 se resume los valores encontrados anteriormente y podemos observar que en el tramo 1 se encuentra la mayor resistencia, esta será la que nos sirva para el cálculo del sistema de aspiración

<b>TRAMO</b>	<b>Pest</b>	<b>Pru</b>	<b>total</b>
1	52.5042	15.6610	68.1652
2	35.3069	17.4061	52.713
3	25.1243	14.7952	39.9195
4	16.4107	12.1842	28.5949
5	21.1197	14.7952	35.9149
6	18.7379	12.1842	30.9221
7	20.5168	9.5733	30.0901
8	21.31	9.5733	30.8833

9	12.0081	16.5358	28.5439
---	---------	---------	---------

**Tabla 2-4 Resistencia por tramos totales**

### 2.1.6 Cálculo de Caudal de Flujo.

Mediante la ecuación [Ec 1-3] se calculara el flujo de aire necesario que deberá general el extractor para el transporte de la viruta.

$$Q = V \times A \times 60$$

$$Q = 20 \times 0.1963 \times 60$$

$$Q = 253.56 \frac{m^3}{min}$$

$$Q = 3.9269 \frac{m^3}{seg}$$

### 2.1.7 Selección de Cojinete para CARGA RADIAL

La selección de cojinete toma en cuenta la capacidad de carga, al igual que la geometría del cojinete que asegurará que puede instalarse en forma conveniente en la máquina. Para la selección se realiza los siguientes pasos.

### 2.1.7.1 Cálculo de la carga estática.

Calculo de torque

$$T = \frac{63000 \times H}{h}$$

$$T = \frac{63000 \times 15Hp}{1750rpm}$$

$$T = 540lb \times in$$

Cálculo del Momento en la polea

Donde: T = Torque  
d = distancia

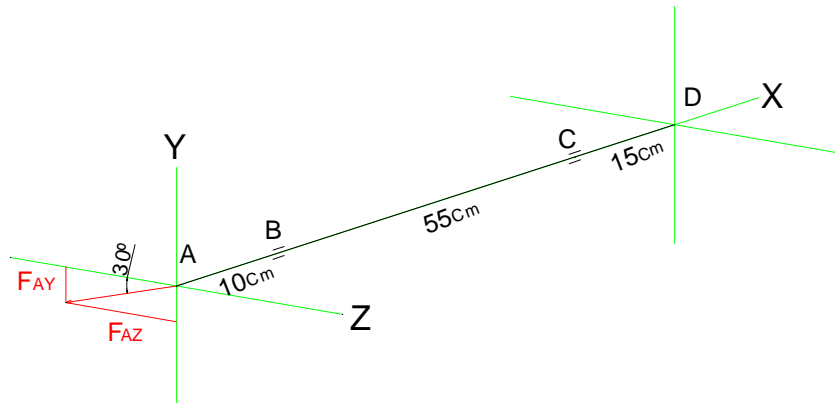
$$F = \frac{T}{d}$$

$$F = \frac{540lb / in}{2.95in}$$

Diámetro de la polea = 5.9 i

$$F = 182,92lb$$

n



**Figura 2-1** Fuerza sobre eje

A = Polea

B = Chumacera 1

C = Chumacera 2

D = Ventilador

$$FA = 75lb + 75lb + 182,92lb$$

$$FA = 332,92lb$$

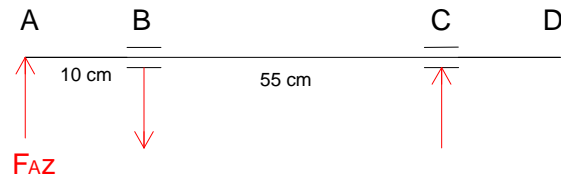
$$FAZ = 332.92 \times \cos 30^\circ$$

$$FAZ = 288,31lb$$

$$FAY = 332.92 \times \text{sen}30^\circ$$

$$FAY = 166,46lb$$

**Plano XZ**



**Figura 2-2** Fuerza sobre eje XZ



$$\Sigma FZ = 0$$

$$A - B + C = 0$$

$$\Sigma MoB = 0$$

$$-A \times 10 + C \times 55 = 0$$

$$-288.31lb \times 10 + C \times 55 = 0$$

$$C = \frac{288.31lb \times 3.93in}{21.55in}$$

$$C = 52.57lb$$

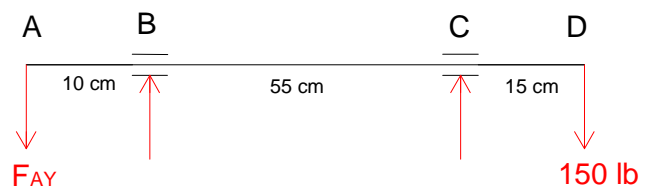
$$B = A + C$$

$$B = 288.3lb + 52.57lb$$

$$B = 340.881lb$$

**Plano YZ**  $\Sigma FZ = 0$

$$-A + B + C - D = 0$$



$$A + 10cm + C \times 55 - D \times 70 = 0$$

$$-166.42lb + B + C - 150 = 0$$

*Figura 2-3 Fuerza sobre eje YZ*

$$\Sigma \overbrace{M}^{oB} = 0$$

$$C = \frac{A \times 10cm + D \times 70cm}{55cm}$$

$$C = \frac{-166.42 \times 3,93in + 150 \times 27.55in}{21.65in}$$

$$C = 160.66lb$$

$$B = 155.76lb$$

$$\begin{aligned} |\vec{B}| &= 374.78lb \\ \vec{B} &= 340.881lb; 155.76lb \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} |\vec{C}| &= 168.99lb \\ \vec{C} &= 160.66lb; 52.57lb \end{aligned}$$



1. Especificación de la carga de diseño o equivalente en el cojinete (Ec 1-21)

$$P = V \times R$$

$$P = 1.0 \times 374.78lb$$

$$P = 374.78lb$$

2. Cálculo del diámetro mínimo aceptable de la flecha que limitará el tamaño del diámetro interno del cojinete  $D = 38,1$  mm (el eje se utiliza el ya existente para el ventilador)

3. Selección del tipo de cojinete, utilizando la tabla de selección SKF (**Anexo 2-4**). El diámetro de eje existente nos limita para la selección del cojinete, manteniendo las siguientes características que debe ser un cojinete de bola de hilera única, ranura profunda nos da como resultado un cojinete **SY 1.1/2 TF**.

4. Especifico la vida útil de diseño del cojinete utilizando la tabla 1-12

Ventilador industrial con tolva            20 000 – 30 000  $L_{10}$ , h

## 2.2 CÁLCULO DE POTENCIA

Finalmente realizamos el cálculo de la potencia del motor que se necesitara para la absorción mediante la ecuación [Ec 1-16]

$$P = \frac{\sum P_{est} \times V_{aire} \times 1.5}{\eta_{vent} \times \eta_{mot} \times 10^2}$$

$$P = \frac{68.1652 \times 3.9269 \times 1.5}{0.45 \times 0.8 \times 10^2}$$

$$P = 11.1535Kw$$

$$P = 14.95HP$$

### 2.3 SELECCIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA.

Para la selección del Variador de baja potencia, se toma algunos parámetros de referencia, de acuerdo a las características de motor que se tiene, así como la aplicación que va a desarrollar.

- **Datos del motor**

Tipo de Motor: Asíncrono

Tensión nominal: 220V - 3Ø

Potencia: 15 HP - 11 Kw

Corriente nominal: 39,7 Amp

Frecuencia: 60 Hz

- **Tipo de Aplicación**

Regulación y Control de V/f para ventilador

Alto par de arranque

Características de arranque parabólicas

Ahorro de energía.

Consumo de corrientes y pérdidas bajas.

La característica V/f es la solución más sencilla para procesos de control. La tensión del estator del motor asíncrono se controla proporcionalmente a la frecuencia del mismo. Este proceso se ha ratificado en una gran variedad de aplicaciones como: Bombas, Ventiladores, Bandas transportadoras.

El objeto del control V/f es mantener constante el Flujo  $\Phi$  en el motor. Debiendo ser este proporcional a la corriente de magnetización  $I_{\mu}$  o a la relación entre tensión  $V$  y frecuencia  $f$ . El par "M" del motor asíncrono es proporcional al producto de flujo por corriente.

El motor debe trabajar con el mayor flujo constante posible para producir la mayor fuerza a partir de una corriente determinada. Para mantener el flujo ( $\Phi$ ) constante, se tiene que modificar proporcionalmente la tensión ( $V$ ) cuando se cambia la frecuencia ( $f$ ). De esta forma la corriente de magnetización ( $I_{\mu}$ ) fluye constante. Este es el principio en el que se basa el funcionamiento del control por características V/f.

Por esta razón se decidió la instalación de un Variador de frecuencia, SIEMENS 440, el cual cumple con todas las características técnicas necesarias para el control del sistema de extracción que se está diseñando.

- **Características del Variador**

Potencia: 11Kw

Voltaje: 220 Volt - 3Φ

Talla: D

Dimensiones: 275 x 520 x245 mm.

En el **(Anexo 2-5)** se puede observar el catálogo del Variador MICROMASTER 440.

## CAPITULO III

### MONTAJE DEL SISTEMA

#### 3.1 CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS

Para la fabricación de los ductos tanto de la parte interna de absorción como la externa de descarga de aire, así como para las tomas de cada máquina se utilizó tol galvanizado de 0.7 mm, el cual cumple con las especificaciones necesarias para su construcción, tabla 3-1.

Dimensión del Ducto (cm)	Grueso Chapa (mm) acero y aluminio	CONSTRUCCIÓN RECOMENDADA	
		Refuerzo	Junta y costura
Hasta 20	0.6		
De 20 a 60	0.8		
De 60 a 90	1	Refuerzo con zuncho de perfil angular de 30 x 30 x 3 mm, espaciado sobre centro a 2.5m.	Las secciones de conducto cilíndricas están unidas mediante soldadura, maguito o enchufe en un extremo del conducto.
	1	Refuerzo con zuncho de perfil angular de 30 x 30 x 3 mm. Espaciados sobre centros a 1.5m.	Las costuras en conductos cilíndricos pueden ser de soldadura

De 90 a 120			continua o longitudinales ranuradas.
	1.5	Refuerzo con zuncho de perfil angular de 40 x 40 x 4mm, espaciados sobre centros de 1.2m	
De 120 a 180			
	2		
180 y mas			

**Tabla 3-1** Construcción recomendada para ducto cilíndrico de chapa metálicas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Carrier Air Conditioning Company, Manual de Aire Acondicionado.

El grueso de las hojas metálicas empleadas en los conductos y sus refuerzos, depende de las condiciones de presión existentes en el sistema. Así mismo, el tipo de junta y engrapados para formar los ductos. Para esta tubería se realizó

juntas con grapa interior (a) y se reforzó con soldadura de puntos (b), (figura 3-1)

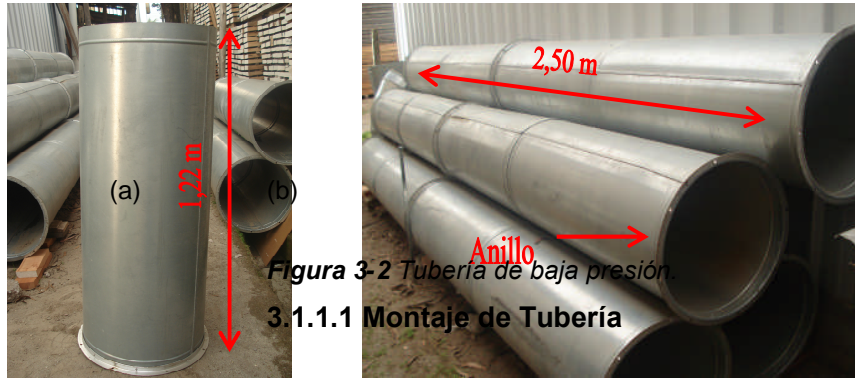


**Figura 3-1** Junta de chapa interna y soldadura por punto.

### **3.1.1 TUBERÍA DE DESCARGA**

Esta tubería es la que se encuentra en la parte de la descarga del ventilador, la cual se conecta directamente con el ciclón y silo.

Esta tubería fue montada en tramos de 2.50 m de largo y 0,5 m de diámetro, la cual consta de 2 tuberías de 1,22 m de largo unida con suelda de punto (Figura 3-2a). Cada tramo consta de anillos de hierro de 0.5 m de diámetro en los extremos los cuales servirán para el montaje del la tubería principal mediante pernos. (figura 3-2b)



Para el montaje de la nueva tubería se realizó mediante la técnica de poner dos tuberías en paralelo, esto nos ayuda para que mientras se está realizando la instalación de la nueva tubería, no sea necesario detener el trabajo de las máquinas y seguir realizando la extracción con la antigua tubería. Una vez que se encuentre listo la nueva tubería se procede a desconectar la antigua, bajarla, y solo realizar la conexión al ventilador y ciclón con la nueva tubería.



**Figura 3-3** Montaje tubería de baja presión.



### 3.1.1.2 Armado y sellado de tuberías

Par el armado de cada tramo de tubería entre los anillos de hierro, se los realiza con perno M8 galvanizado (figura 3-4), esto nos dará una mayor resistencia en la tubería por la gran longitud que tiene desde el ventilador hasta el ciclón.



**Figura 3-4** Armado de tramos.

Para que no existan fugas de aire, y por lo tanto de polvo, en todas las uniones de la tubería se ha sellado con silicona industrial (figura 3-5)



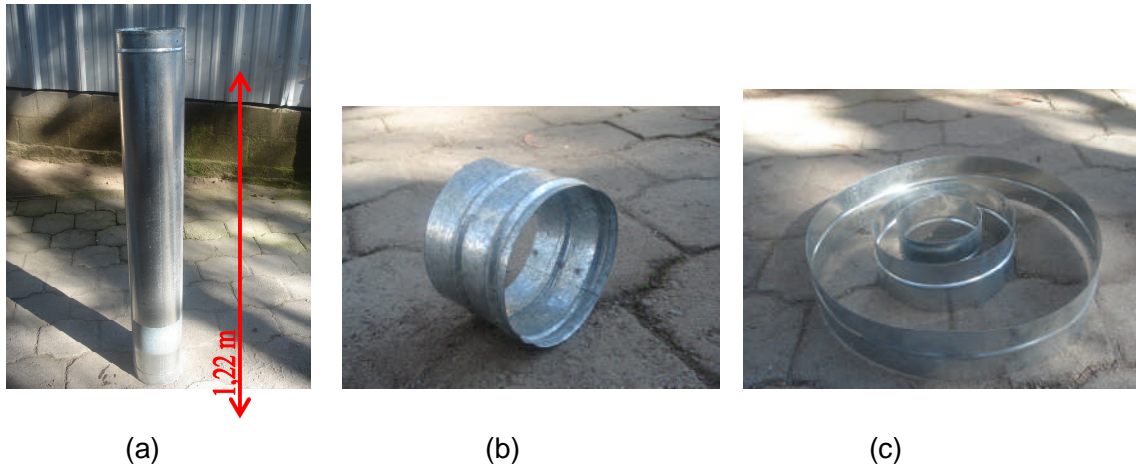
**Figura 3-5** Sellado de tuberías

### **3.1.2 TUBERÍA DE ABSORCIÓN**

Este tramo de tubería es el que va desde cada máquina hasta el ventilador principal, el cual está diseñado con diferentes diámetros dependiendo de la capacidad requerida por la máquina.

#### **3.1.2.1 Montaje de Tubería**

La fabricación de la tubería de alta presión se la realizó en tramos de 1.22 m de longitud con diferente diámetro dependiendo del requerimiento de la máquina (figura 3-6a). Con estos tramos de tubería se procedió al ensamblaje del sistema mediante uniones selladas con silicón y reforzadas con pernos transversales (figura 3-6b,c)



**Figura 3-6** Tramo de tubería y uniones

Para la instalación de la nueva tubería se utilizó la misma técnica que para la instalación de la tubería de baja presión, puesta en paralelo de las 2 tuberías, con esto se trata de no interrumpir el proceso productivo y optimizar el tiempo.

Primero se procedió a la colocación de la tubería central, para posteriormente colocar las ramificaciones que conducen a cada máquina. Una vez instalada un 70% del total de la tubería se procedió al descenso de la tubería vieja. Finalmente se procede a la colocación del último tramo de descenso hacia la máquina. En la instalación de las tomas de absorción que conecta directamente la máquina con el sistema de extracción, se vio en la necesidad de parar el proceso por secciones, para poder agilizar su instalación.



*Figura 3-7 Instalación de ducto interno*

La instalación de la tubería se realizó mediante el esquema de diseño **(Anexo 2-2)** con el cual se detalla los diámetros requeridos para el funcionamiento óptimo del sistema de extracción.

## **3.2 PUESTA EN MARCHA DEL VARIADOR MICROMASTER 440<sup>2</sup>**

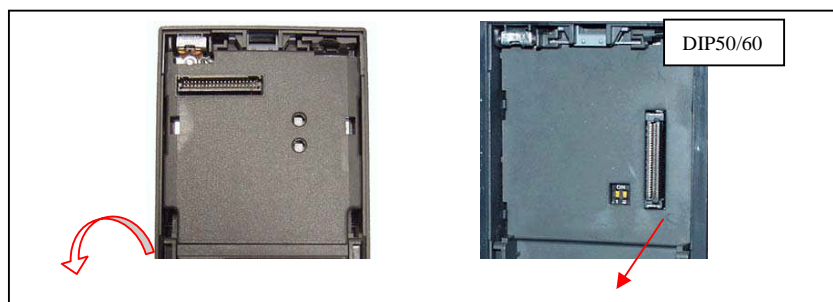
### **3.2.1 Instalación**

#### **3.2.1.1 Instalación mecánica**

El variador micro master 440 (taille D) posee unos orificios en su placa metálica posterior los cuales nos permite realizar una instalación rápida y segura sobre la caja de protección, la cual deberá tener un espacio suficiente para permitir una facilidad de conexión eléctrica y una buena refrigeración del equipo.

### 3.2.1.2 Ajuste de frecuencia 50/60 Hz

Por medio del conmutador DIP 50/60 (figura 3-8) que se encuentra bajo el tablero I/O se puede cambiar el ajuste por defecto de la frecuencia y adaptarlo a las condiciones necesarias, sin necesidad de parametrizar.



*Figura 3-8 Interruptor DIP para conmutador 50/60*

### 3.2.1.3 Instalación eléctrica de alimentación y al motor.

Para realizar la instalación se debe retirar las tapas frontales y acceder a los bornes de red y del motor. Una vez retiradas las tapas frontales y los bornes han quedado al descubierto, es necesario efectuar las conexiones de red y del motor tal y como se indica (**Anexo 3-1 talla D**).

Se debe tomar en cuenta que el convertidor siempre debe estar puesto a tierra; Si el convertidor no está puesto a tierra correctamente pueden darse condiciones extremadamente peligrosas dentro del convertidor que pueden ser potencialmente fatales.

### **3.2.2 Ajuste de Parámetros y puesta en servicio**

#### **3.2.2.1 Puesta en marcha.**

Con la puesta en servicio rápida se ejecuta una puesta en servicio básica para el sistema **motor – convertidor**, con lo que se debe realizar una parametrización adecuada y la identificación de los datos del motor. Ver **(Anexo 3-2)**

#### **3.2.2.2 Cálculo de datos del motor / de control**

El calculo de datos internos del motor / de control se lleva acabo mediante el parámetro P0340 o indirectamente con los parámetros P3900 o P1910. La funcionalidad del parámetro P0340 se puede usar cuando son conocidos los datos del esquema equivalente o los momentos de inercia. Los ajustes del parámetro P0340 están descritos en la tabla (3-2).

Parámetro	Descripción
-----------	-------------

P0340 = 0	Ningún cálculo
P0340 = 1	Con los parámetros de la placa de características (P0300 – P0335) se averiguan los parámetros del esquema equivalente del motor (P0350 – P0369), el peso y el momento de inercia del motor (P0344 – P0341).  Después se preasigna los parámetros para el control V/f, para la regulación vectorial y las magnetizaciones de referencia (contiene todos los cálculos de P0340 = 2,3,4)
P0340 = 2	Con los parámetros de la placa de características se averiguan los parámetros del esquema equivalente del motor (P0350 – P0369)
P0340 = 3	Con los parámetros equivalentes del motor (P0350 – P0369), el peso, el momento y la relación de inercia del motor (P0344, P0341, P0342) se calculan los parámetros para el control V/f y para la regulación vectorial (contiene todos los cálculos de P0340=4)
P0340 = 4	Con los parámetros del esquema equivalente del motor (P0350 – P0369), el peso, el momento y la relación de inercia del motor (P0344, P0341, P0342) se preasignan los parámetros para la regulación vectorial.

**Tabla 3-2** Parámetros P0340

Para la realización de la parametrización de los datos del motor se debe realizar el siguiente procedimiento (**Anexo 3-3**) con el cual se obtendrá todos los datos necesarios para la puesta en servicio. También se debe realizar la identificación de los datos del motor ((**Anexo 3-4**).

### 3.2.2.3 Corriente magnetizante.

El valor de la corriente magnetizante r0331/P0320 tiene especial influencia en la regulación. Como no se puede medir en estado de reposo se estima en la parametrización automática

P0340 = 1. Si la diferencia de la corriente de magnetización es muy grande no se puede determinar exactamente los valores para la reactancia y la resistencia del motor.

En el diagrama (**Anexo 3-5**) se describe la forma de determinar manualmente la corriente magnetizante y de calcular de nuevo los datos del esquema equivalente.

### 3.2.3 Puesta en Servicio según aplicación

Una vez que se ha puesto en servicio el accionamiento con la puesta en servicio rápida, se debe ajustar, en el siguiente paso, los parámetros necesarios para cumplir las exigencias tecnológicas requeridas. Como tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Exigencias funcionales al convertidor.
- Valores límites.
- Sobrecargas.
- Diagnóstico.

#### 3.2.3.1 Selección de fuente de órdenes.

Esta se encuentra en el parámetro P0700 =... y selecciona la fuente para la

orden digital. Las opciones de fuentes de ordenes que se presenta para el variador Micromaster 440 se encuentra detallada en la tabla 3-3

0	Ajuste por defecto de fábrica
1	BOP (teclado)



2	Registro de bornes
4	USS en conexión BOP
5	USS en conexión COM
6	CB en conexión COM

**Tabla 3-3** Parámetro P0700

Para el control de extracción se programó el parámetro P0700=2 por que se utilizará la entradas digitales DIN de 24V DC.

### 3.2.3.2 Entradas digitales (DIN)

En los parámetros de programación del P0701=... al P0706 son representados las funciones digitales, entre los posibles ajustes que se puede programas se encuentra en la tabla 3-4.

0	Entrada digital deshabilitada
1	ON /OFF1
2	ON inverso / OFF1
3	OFF2 – parada natural
4	OFF3 – deceleración natural
9	Acuse de fallo
10	JOG derechas
11	JOG izquierda
12	Inversión

13	MOP subida (incremento frecuencia)
14	MOP baja (decremento frecuencia)
15	Frecuencia fija (selección directa)
16	Frecuencia fija (sel dir + Marcha)
17	Frecuencia fija (sel. Bin + Marcha)
21	Local / remoto
25	Act. Freno inyección corriente continua
29	Fallo externo
33	Deshabilitación con frecuencia adicional
99	Habilitación parametrización BICO

**Tabla 3-4** Parámetros P0701...P0725

Para la aplicación en el Sistema de Extracción se programó con parámetro P0701 al P0706 = 16 (Frecuencia fija selección directa + Marcha). Ver diagrama (**Anexo 3-6**).

### 3.2.3.3 Selección consigna de frecuencia.

Este parámetro (P1000 = ...) nos permite especificar como va hacer ingresada la frecuencia (**Anexo 3-7**), dependiendo la necesidad de la programación y aplicación que se este realizando. Para el sistema de extracción se diseño la programación con el ingreso de frecuencias fijas, P1000 = 3.

### 3.2.3.4 Frecuencia fija

Al determinar la función de las entradas digitales (P0701 a P0703) se pudo seleccionar de tres formas diferentes de frecuencia fija:

- **15 = Selección directa (código binario)**  
En este modo la entrada digital selecciona la frecuencia fija correspondiente.
- **16 = Selección directa + orden ON ( código binario + On/OFF1)**  
En este modo las frecuencias fijas se seleccionan igual que arriba y adicionalmente se combinan con una orden ON.
- **17 = Selección BCD + ON (código BCD + ON/OFF1)**  
El modo con código BCD solo actúa con las entradas digitales 1 a 3.

Para el ingreso de las frecuencias fijas se tienen los parámetros P1001 a P1015 y P1016 a P1019, P1025, P1027 Modo frecuencia fija en Bit. **(Anexo 3-8)**

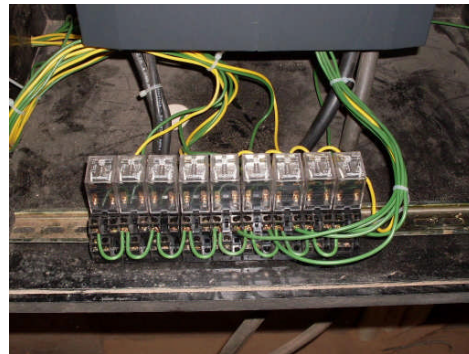
Para la programación del Sistema de extracción se utilizo las frecuencias fijas como se detalla en la tabla 3-5.

<b>Máquina</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Frecuencia fijada (Hz)</b>	<b>Frecuencia base (Hz)</b>
Canteadora Grande	P1001	0	45
Canteadora Peque	P1001	0	45
Universal	P1001	0	45
Veneciana	P1001	0	45
Tupí	P1002	1	46
Sierra Pequeña	P1003	4	49

Moldurera	P1004	7	52
Cepillo	P1005	2	47
Sierra Grande	P1006	4	49

**Tabla 3-5** Frecuencias fijas

Para la activación de las señales digitales se realizó un diseño con relés, figura (3-9) que se encuentran conectados a las botoneras de encendido de cada máquina, dándonos una señal de control para la activación de cada entrada. Todas las máquinas se encuentran conectadas con la entrada P1001 que se encuentra con una frecuencia base referencia con la cual todas las máquinas funcionan al momento del encendido. Posteriormente se sumaron las frecuencias adicionales que requieren cada máquina dependiendo de su funcionamiento.



**Figura 3-9** Conexión entradas digitales

En el **(Anexo 3-9)** podemos observar el diagrama eléctrico de conexión de las maquinas, relés y variador de frecuencia.

### **3.2.3.5 Frecuencia límite y de referencia**

Para el parámetro P1080 =... podemos ajustar la frecuencia mínima del motor a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. Si la consigna queda debajo del valor de P1080, se pone la frecuencia de salida a P1080 tomando en cuenta el signo.

Para el parámetro P1082 = ... podemos ajustar la frecuencia máxima a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. Si la consigna sobrepasa el valor de P1082, se limita la frecuencia de salida. El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación.

La frecuencia de referencia en Hz, corresponde al 100%. Se puede cambiar el ajuste si se necesita una frecuencia máxima más alta de 50Hz. Esta cambia automáticamente a 60Hz, si se ha seleccionado con el interruptor DIP50/60 o con P0100 la frecuencia de 60Hz.

## **CAPITULO IV**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

#### **4.1 PRUEBAS.**

##### **4.1.1 Preparación.**

Después de haber realizado una adecuada implementación de los sistemas mecánicos, eléctricos y determinado un buen funcionamiento, el sistema se encuentra listo.

##### **4.1.2 Desarrollo**

###### **4.1.2.1 Encendido del Equipo mediante dispositivo BOP.**

Por motivos de seguridad se procede a la verificación del control del motor mediante el panel de control BOP, esto significa que el encendido y apagado del variador se lo realiza de manera manual y en vacío hasta llegar a la frecuencia nominal de 60 Hz. Con esto se puede verificar si la corriente y los tiempos de arranque son los adecuados para un correcto funcionamiento.

En la tabla 4-1 se muestra los resultados obtenidos en el primer encendido del equipo.

Detalle	Medición	Alarma	Observación
Tiempo de aceleración	20 seg	A0501	Límite de corriente
Tiempo de deceleración	40 seg	A0501	Limite de corriente

**Tabla 4-1** Tiempos de aceleración y deceleración.

Se pudo observar que el tiempo de aceleración en el arranque es muy bajo y produce la alarma A0501 (límite de corriente). Para corregir el problema se procede a apagar el variador mediante el panel BOP y al aumento del tiempo de aceleración en el parámetro P1120 = 30, y se procede a realizar nuevamente las pruebas dando nuevos resultados como se muestra en la tabla 4-2.

Detalle	Medición	Alarma	Observación
Tiempo de aceleración	30	—	—
Tiempo de deceleración	60	—	—

**Tabla 4-2** Tiempos pruebas de aceleración y deceleración

#### 4.1.2.2 Variación manual de Frecuencia.

Una vez ingresado los parámetros correctos para el arranque y paro del motor, se procede a realizar pruebas manuales mediante BOP (P700 = 1) para comprobar la correcta variación del nivel de frecuencia y por lo tanto las rpm del ventilador.

En el parámetro P1001 = 60, se procede a realizar la variación de frecuencia una vez que el variador a arrancado y alcanzado el valor máximo de frecuencia ingresado en el parámetro P1082 = 60. Los resultados obtenidos son favorables al encontrar que existe una correcta relación frecuencia/rpm.

#### **4.1.2.3 Frecuencia fija.**

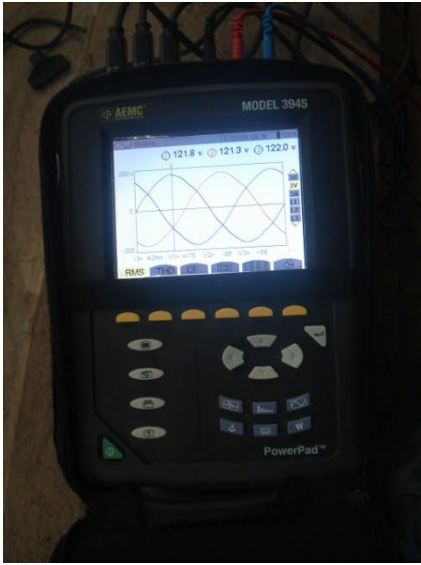
Se realiza la comprobación mediante la frecuencia fija ingresada en los parámetros P0701 al P0706 igual a 16 (Selección directa + MARCHA) y en el parámetro P1000 = 3 (consigna de frecuencia fija).

Se procede al encendido individual de las máquinas para comprobar que el sistema responda con las necesidades de cada una de ellas. Una vez realizada la operación y asegurar que cada máquina llega a la frecuencia programada se procede al encendido y apagado simultaneo de todas las máquinas. Teniendo como resultado un correcto funcionamiento del sistema.

#### **4.2 Análisis de consumo de Energía.**

Para una mejor comprobación de la eficiencia del sistema se procede a realizar mediciones con un Analizador de Carga (**AEMC MODELO 3945**) como se muestra en la figura 4-1 con el cual se obtendrán datos y curvas que servirán para el análisis del sistema.

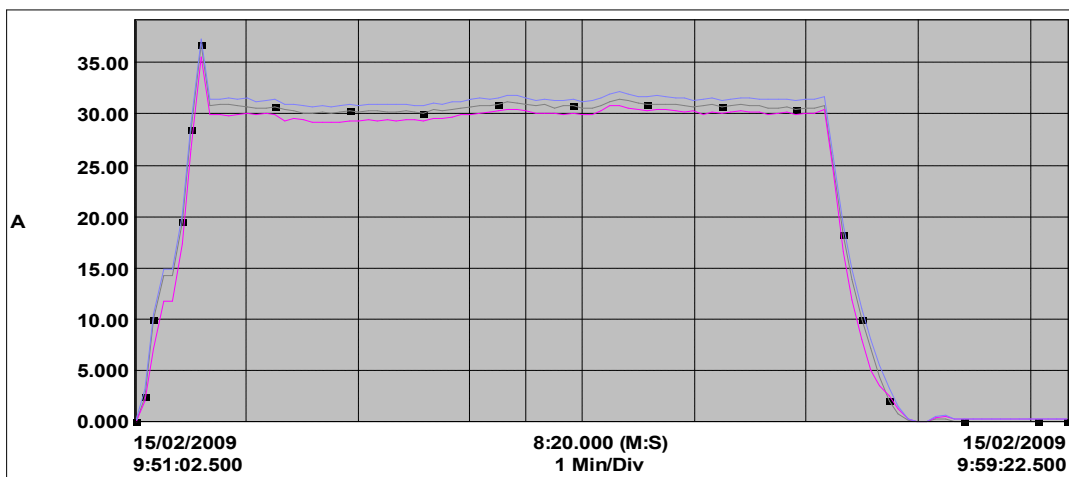




**Figura 4-1** Analizador de carga.

#### 4.2.1 Análisis de consumo de corriente a 60hz.

En la gráfica 4-1 se observa el consumo de corriente a una frecuencia de funcionamiento de 60Hz que es igual a **31 A**, esta corriente nos servirá de referencia para realizar los cálculos del porcentaje de ahorro.

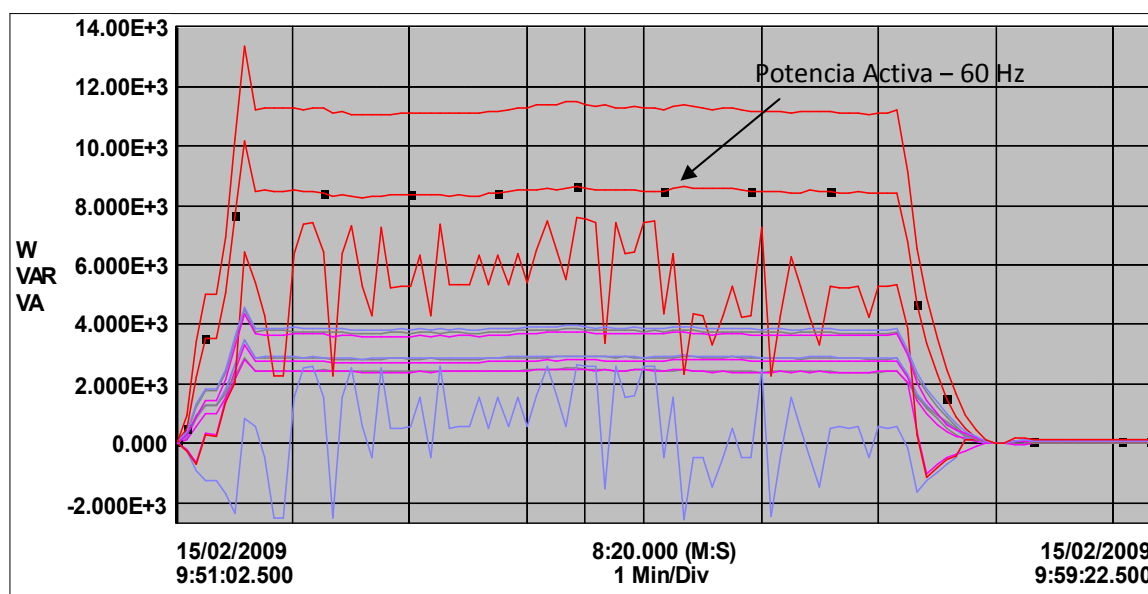


**Gráfica 4-1** Curva de Corriente a 60Hz.

#### 4.2.2 Análisis de Potencia a 60hz.

En la grafica 4-2 se tiene las curvas de las diferentes potencias medidas como son activa, reactiva y aparente. Con estas potencias se calculará la potencia real consumida cuando el sistema tenga un funcionamiento a 60hz con una carga de absorción de una o todas las máquinas.

Se puede observar que la potencia activa consumida en un período de muestreo durante 5 min es de **8.5 KW** lo que nos servirá de referencia del funcionamiento.

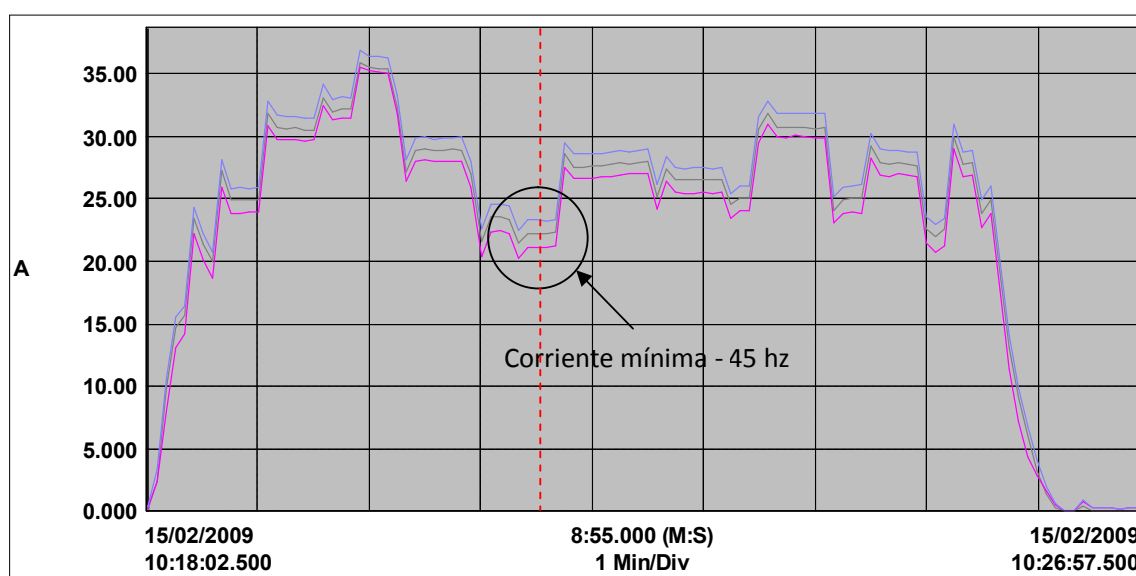


Gráfica 4-2 Curvas de potencias a 60 Hz.

#### 4.2.3 Análisis de consumo de corriente a diferentes frecuencias de funcionamiento.

Posteriormente se procede a realizar una medición de corrientes a diferentes niveles de frecuencia con similares características de carga que a 60Hz, con el encendido y paro de cada máquina. Con esto se obtiene diferentes niveles de consumo de corriente.

En la gráfica 4-3 se observa un análisis de las curvas de consumo de corriente a diferentes frecuencias, una vez que se produce el arranque del ventilador cuando se ha encendido una de las máquinas, esta llega a una frecuencia base que se encuentra programada en 45 Hz (P1001=45) que será la frecuencia para toda máquina + la frecuencia que necesita cada máquina para llegar a la velocidad de succión en la boca de la tubería de absorción

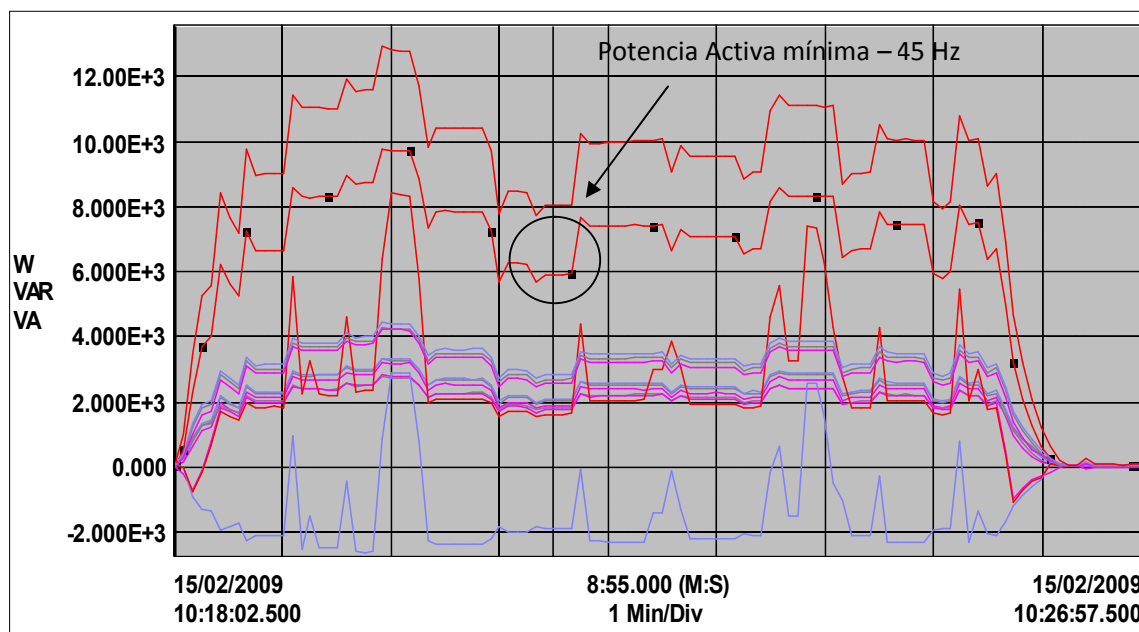


**Gráfica 4-3** Curva de corriente para diferentes frecuencias

Se puede observar que existe un cambio del consumo de corriente cada vez que una máquina entra o sale de funcionamiento. Para el cálculo se toma la corriente mínima de funcionamiento que corresponde a la frecuencia base de funcionamiento (45 Hz).

#### **4.2.4 Análisis de potencias a 45Hz (base) de funcionamiento.**

Se realiza un análisis de una variación de frecuencias del sistema con el encendido y apagado de las máquinas, para verificar las potencias consumidas en un régimen normal de trabajo como se muestra en la gráfica 4-4.



**Gráfica 4-4** Curvas de potencias en diferentes frecuencia

Tomando como referencia donde se produjo el mínimo consumo de corriente a 45Hz (gráfica 4-3) producida a 3.5 seg, se identifica la potencia mínima consumida en ese instante de tiempo (gráfica 4-4), dando como resultado un consumo de **6 Kw**

#### 4.3 Comprobación de Velocidad de Flujo de aire.

Como se especifico en el Capítulo I (1.5.1) la velocidad óptima para la absorción de viruta y polvo para cepilladoras y fresadora es de 20m/s, para esto se realiza la medición en la boca

de la tubería de absorción de cada máquina para verificar que la velocidad de flujo es igual a la del diseño.



**Figura 4-2 Anemómetro.**

#### **4.4 Cálculo de ahorro de potencia.**

Con los datos obtenidos con el analizador de carga se realiza la valoración del consumo de funcionamiento a 60 y 45 HZ

Tomando el dato de consumo:

- Corriente a 60 Hz = 31 A
- Potencia activa a 60hz = 8,5 KW
- Corriente a 45Hz = 23 A
- Potencia activa base a 45hz = 6 KW

Calculamos el porcentaje de ahorro de consumo de corriente cuando se encuentre en funcionamiento las máquinas con frecuencia base 45 HZ.

31 A	100%
23 A	X

$X_1 = 74.2\%$ , lo que significa que se tiene una reducción en el consumo de corriente del **25.80%**.

De igual manera se calcula el porcentaje de ahorro en el consumo de potencia

8.5 Kw	100%
6 Kw	X

$X_2 = 70.6\%$ , lo que significa que se tiene un ahorro de potencia del **29.4%**

#### 4.5 Medición de nivel de polvo.

Para la verificación del nivel de absorción de partículas pequeñas de polvo, se procede a realizar un Monitoreo de Material Particulado con un equipo de calidad de aire MASS MINITOR MET ONE AEROCEEET 531 el cual se encuentra calibrado para realizar mediciones calificada (**Anexo 4-1 pagina 3**).

El monitoreo se realizara en intervalos de 2 min por un período de 30 min lo que nos da como resultado que existe una concentración por debajo de la norma permitida de  $10 \text{ mg/m}^3$ .

CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN N (mg / m <sup>3</sup> , STD)	VALOR DE NORMA N (mg / m <sup>3</sup> , STD)
PM 10	0.576	10
PM 2,5	0.037	10
TSP	1.399	10

**Tabla 4-3** Comparación Norma Salud Ocupacional Internacional.

En el **(Anexo 4-1)** se muestra el informe completo presentado por el laboratorio especializado y certificado por la Dirección de Medio Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 COCLUSIONES

Al finalizar el proyecto se llegan a las siguientes conclusiones:

- ✓ El diseño-construcción de un Sistema Controlado de Absorción y Extracción de Viruta, funciona correctamente, logrando cumplir los objetivos y metas planteadas, para la construcción del sistema.
- ✓ La selección e implementación un sistema de absorción controlado de extracción de viruta, permite optimizar el flujo de aire adecuado proporcional al volumen por desechos extraídos en el proceso dependiendo del requerimiento de cada máquina.
- ✓ Una correcta selección del variador de frecuencia dependiendo del la aplicación y las características del motor optimiza al sistema obteniendo un correcto funcionamiento.
- ✓ Utilizando tecnología actual se mejora procesos que comúnmente se consideraban costosos e ineficientes dando como resultado el correcto funcionamiento del sistema.
- ✓ Se redujo costos de operación energética del sistema, al tener una reducción en el consumo de corriente y por lo tanto un ahorro en costo para la empresa.
- ✓ La reducción de partículas de polvo elimino la contaminación del ambiente de trabajo y la exposición al entorno de la empresa, cumpliendo con Ordenanzas Municipales del Distrito Metropolitano de Quito.



- ✓ Se comprobó la optimización de recursos tanto mecánicos, económicos y humanos al utilizar el sistema Controlado de Absorción acorde con la necesidad de producción y especificaciones técnicas de las máquinas.

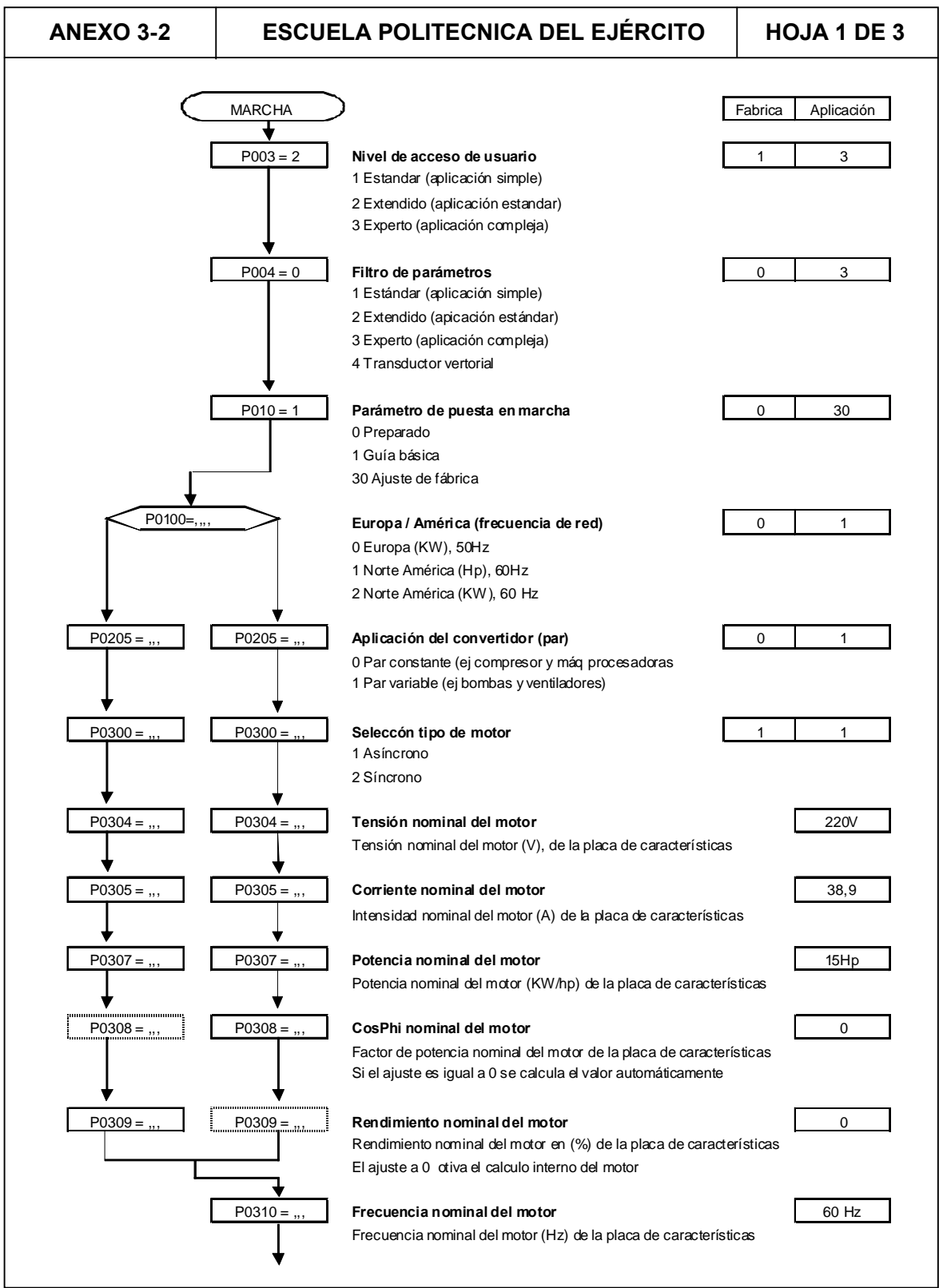
## 5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Automatizar el sistema de apertura y cierre en compuertas, para eliminar el riesgo del operario al no ser accionadas, evitando provocar un bajo rendimiento del sistema.
- ✓ Rediseñar el sistema de absorción en caso de incrementar el número de máquinas en el área y el sistema no pueda abastecerla.
- ✓ Modificar el sistema de control en caso de aumentar el número de máquinas y el sistema pueda abastecerla, utilizando un PLC y un control analógico del variador.
- ✓ Dar un mantenimiento continuo a la caja de control debido a las partículas de polvo presentes en el ambiente.
- ✓ No permitir al personal no calificado el acceso al BOP del variador de frecuencia.
- ✓ Vaciar con más frecuencia el depósito de viruta (silo) optimizando al sistema en eficiencia y evitando taponamientos.
- ✓ Revisar con frecuencia la tubería para evitar daños en el sellado y uniones disminuyendo pérdidas en la succión.
- ✓ Evitar la succión de sólidos con dimensiones mayores a la capacidad de succión de la tubería para evitar taponamientos en la tubería y daños en las aspas del ventilador.
- ✓ Revisar de manera periódica el estado y ajuste de bandas para evitar pérdidas de revoluciones del ventilador.

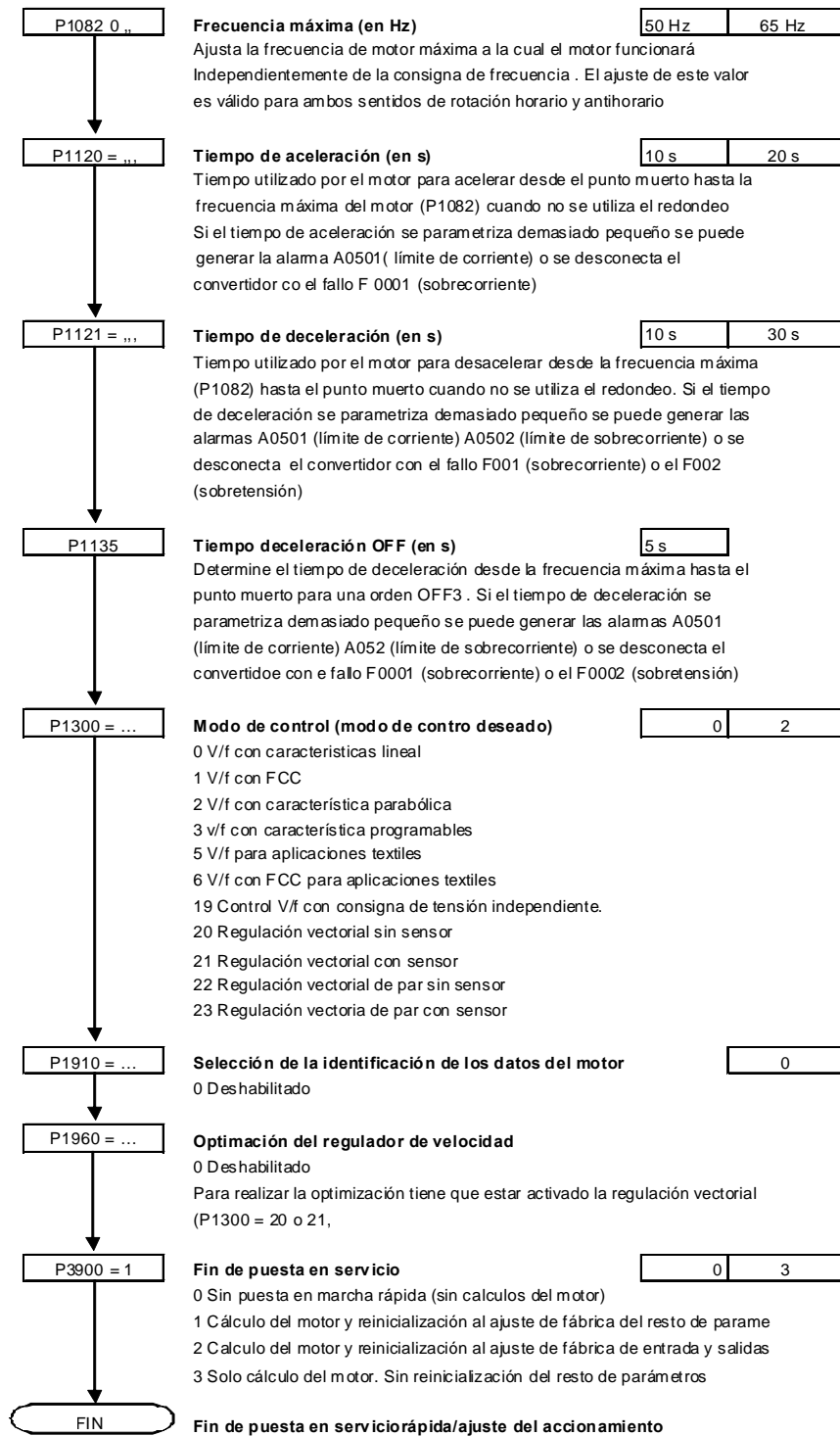
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ENLACES

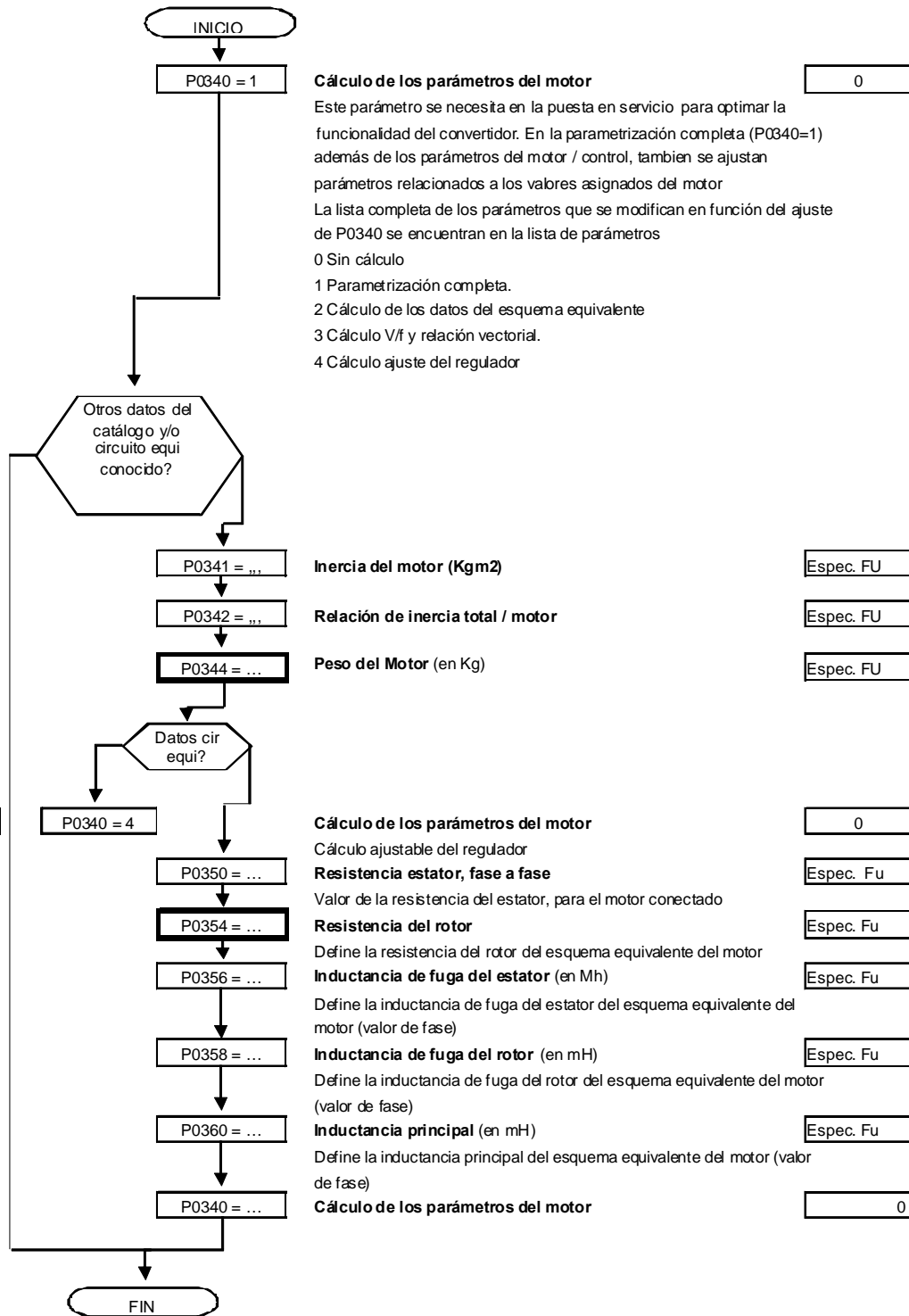
- *MOTT, Robert L, Diseño de Elementos de Máquinas, Segunda edición, Cap 15 Pag 607*
- *MARCOMBO, Manual de Aire Acondicionado, Cap 2 Pag 2-21*
- *APPEL Josef, Manual de Aspiración de Polvo y Virutas de Madera.*
- *<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/2324/1/images/variadores.pdf>*
- *<http://www.industriaaldia.com/articulos/64-15.pdf>*
- *[http://www.revista-mm.com/rev63/maquinaria\\_extractoros.pdf](http://www.revista-mm.com/rev63/maquinaria_extractoros.pdf). Extractores de viruta.*
- *<http://www.skf.com/portal/skf/home/products?lang=es&maincatalogue=1&newlink=6>*
- *[http://www.automation.siemens.com/sd/umrichter/html\\_78/micromaster440.htm](http://www.automation.siemens.com/sd/umrichter/html_78/micromaster440.htm).*
- *<http://www.tecnun.es/asignaturas/elemaqui/cap9.pdf>*
- *[http://books.google.com.ec/books?id=i2HavwNebEYC&pg=PA81&lpg=PA81&dq=extracci%C3%B3n+de+viruta+de+madera&source=bl&ots=E8xmfCpHp&sig=2Af0oG3uYpOu2BNX2oErpf1Bc3I&hl=es&ei=EsIKSpWxF5jFtgeBl4CkAQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=3#PPA87,M1](http://books.google.com.ec/books?id=i2HavwNebEYC&pg=PA81&lpg=PA81&dq=extracci%C3%B3n+de+viruta+de+madera&source=bl&ots=E8xmfCpHp&sig=2Af0oG3uYpOu2BNX2oErpf1Bc3I&hl=es&ei=EsIKSpWxF5jFtgeBl4CkAQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3#PPA87,M1).*

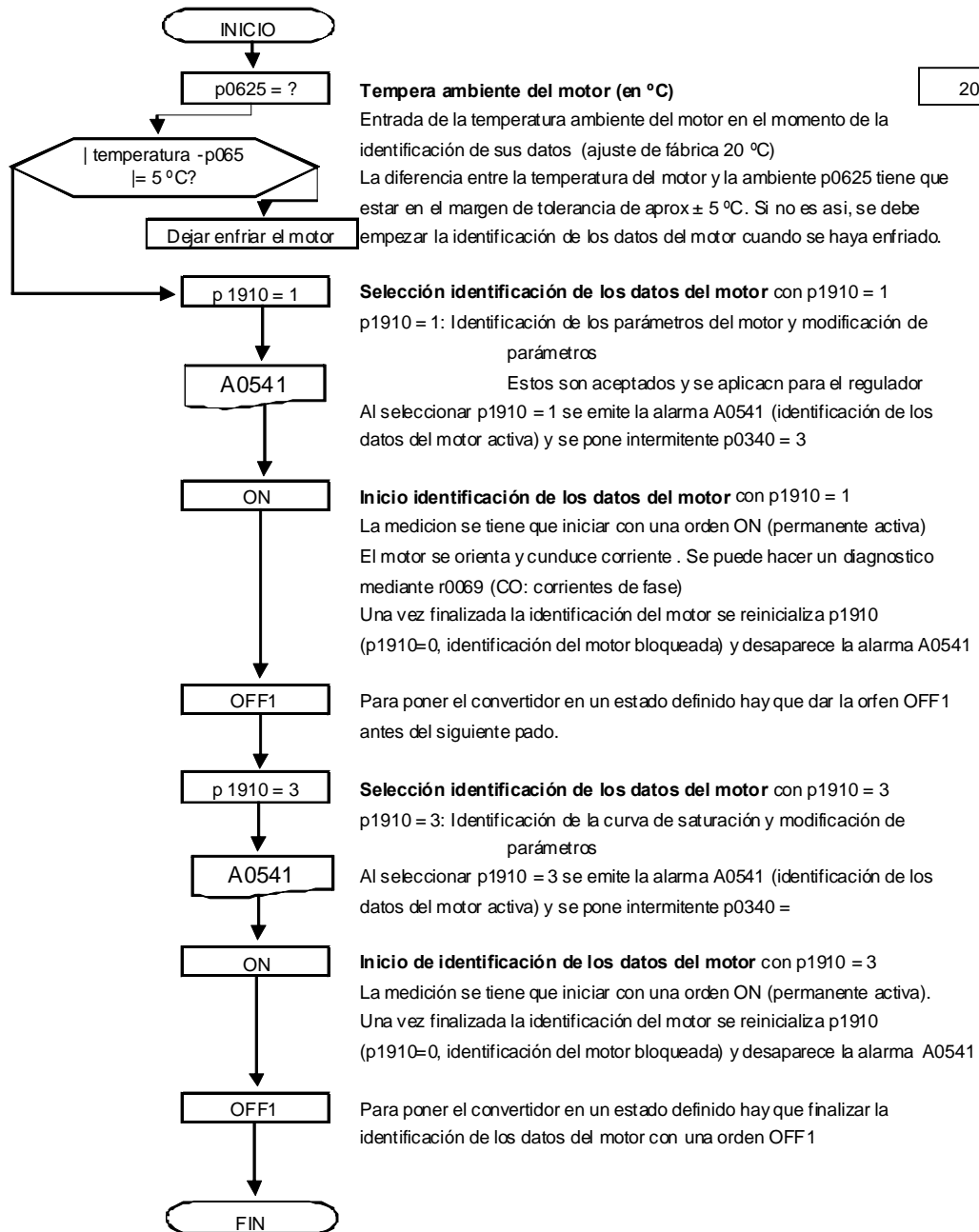
- <http://books.google.com.ec/books?id=i2HavwNebEYC&printsec=frontcover&dq=madera&lr=#PPA12,M1>
- [http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista\\_Kuru/anteriores/anterior8/pdf/nota%203.pdf](http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/anterior8/pdf/nota%203.pdf).
- [http://books.google.com.ec/books?id=ii1i7ZCDDuYC&pg=PA244&lpg=PA244&dq=viruta+de+madera&source=bl&ots=l2vU356eGS&sig=vCQDpTtNodxI1jvghaXgzcE1DNs&hl=es&ei=vzQLSpCHBJSJtgeb3JHF&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=5#PPA245,M1](http://books.google.com.ec/books?id=ii1i7ZCDDuYC&pg=PA244&lpg=PA244&dq=viruta+de+madera&source=bl&ots=l2vU356eGS&sig=vCQDpTtNodxI1jvghaXgzcE1DNs&hl=es&ei=vzQLSpCHBJSJtgeb3JHF&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=5#PPA245,M1)



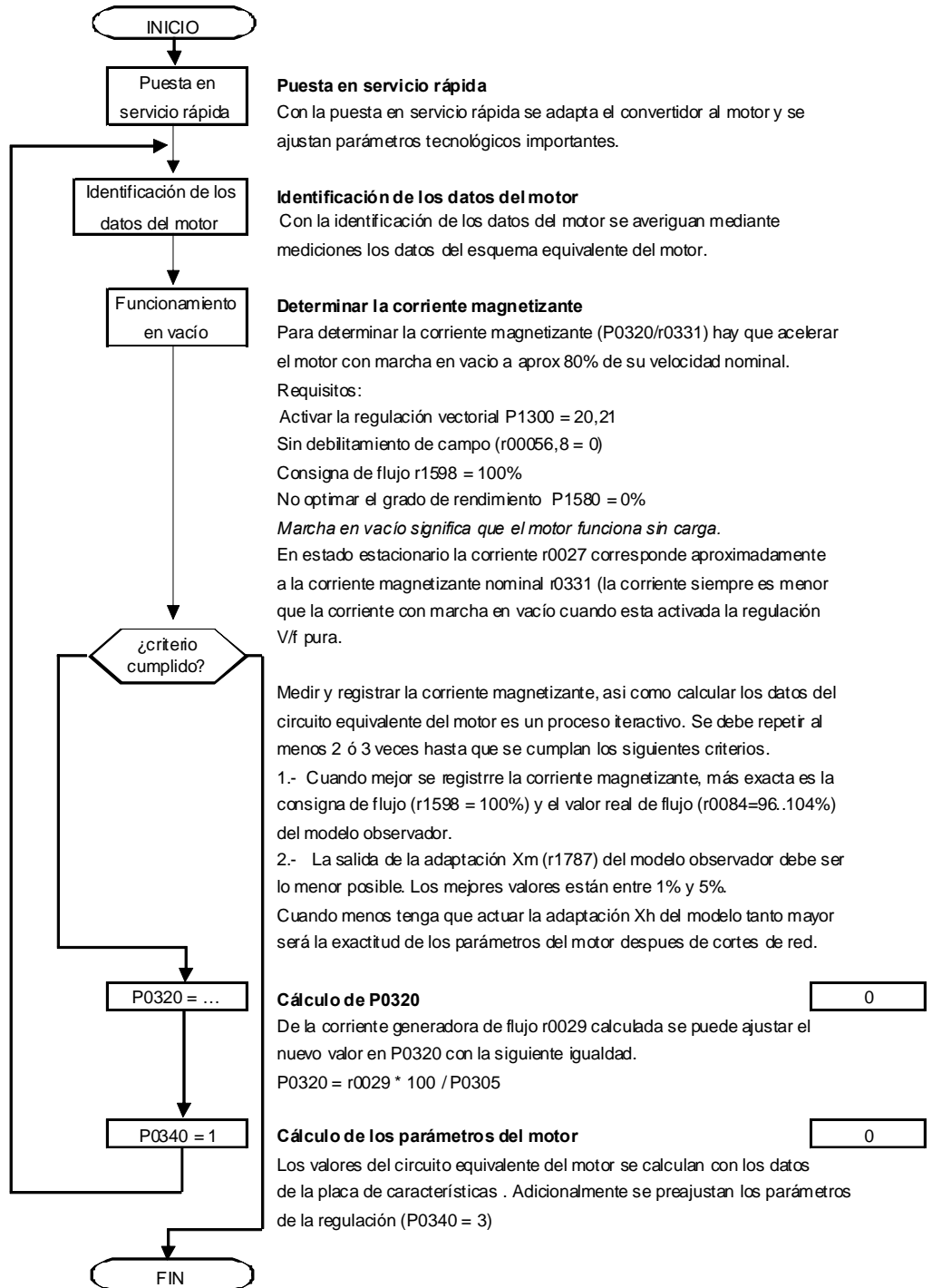
ANEXO 3-2	ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO	HOJA 2 DE 3
P0311 = ...	<b>Velocidad nominal del motor</b> Velocidad nominal del motor (rpm), de la placa de características El ajuste a 0 motiva el cálculo interno del valor	1750
P0320 = ...	<b>Corriente de magnetización del motor</b> (en % rendimiento a P0305) Corriente magnetizante del motor en % de P0305 (corriente nominal del motor) Con P0320 = 0 se calcula la corriente de magnetización del motor mediante P0340 = 1 o P3900 = 1 - 3 final de puesta en servicio rápida.	0
P0335 = ...	<b>Refrigeración del motor</b> (selección del sistema de refrigeración utilizado) 0 Autoventilado (ventilador en eje del motor) 1 Ventilación forzada (ventilador accionado independientemente) 2 Autoventilado y ventilador interno 3 Ventilación forzada y ventilador interno	0
P0640 = ...	<b>Factor de sobrecarga del motor</b> (Define el límite de intensidad de sobrecarga del motor en (%) relativo a P0305) Determina el % del valor máximo de salida de la corriente nominal del motor (P0305). En este parámetro se ajusta a 150% al poner P0205 a "par constante" y a 110% al poner P0205 a par variable.	110%
P0700 = ...	<b>Selección fuente de ordenes</b> 0 Ajuste por defecto de fábrica 1 BOP (teclado) 2 Terminal 4 USS en conexión BOP 5 USS en conexión COM 6 CB en conexión COM	1
P01000 = ...	<b>Selección consigna de frecuencia</b> 1 Consigna MOP 2 Consigna Analógica 3 Frecuencia fija 4 USS con conexión BOP 5 USS en conexión COM 6 CB en conexión COM 7 Consigna analógica 2 10 Sin consigna principal + Consigna MOP 11 Consigna MOP + Consigna MOP 12 Consigna analógica + Consigna MOP "" "" 76 CB en conexión COM + Consigna analógica 2 77 Consigna analógica 2 + Consigna analógica 2	3
P1080 = ..	<b>Frecuencia mínima (en Hz)</b> Ajusta la frecuencia mínima del motor a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación horaria y antihoraria	0 Hz    30 Hz







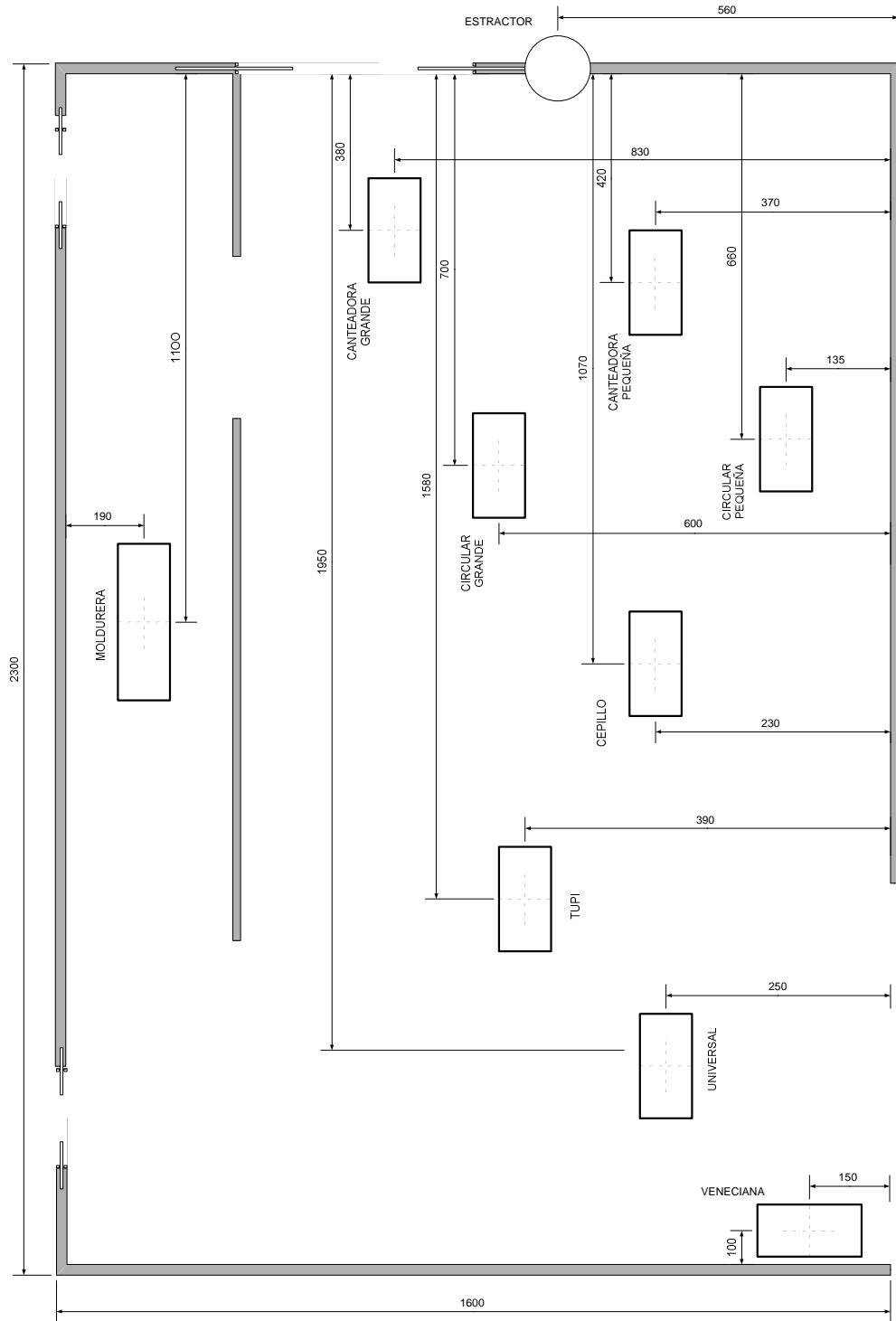


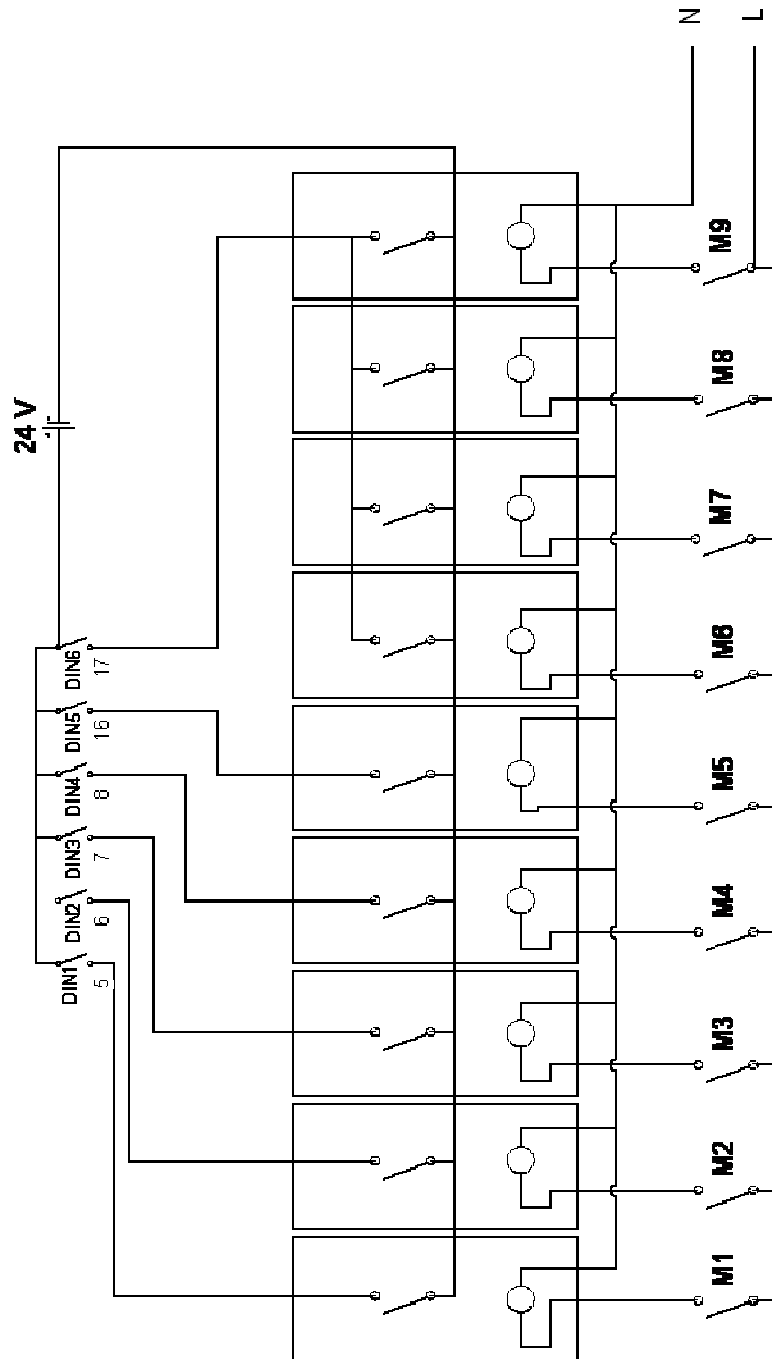


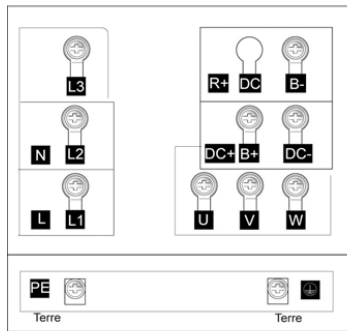
ANEXO 3-6	ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO	HOJA 1 DE 1								
P0701= ,,,	<b>Función de entrada digital 1</b> Borne 5 Frecuencia fija (selección de dirección + marcha)	16								
P0702= ,,,	<b>Función de entrada digital 2</b> Borne 6 Frecuencia fija (selección de dirección + marcha)	16								
P0703= ,,,	<b>Función de entrada digital 3</b> Borne 7 Frecuencia fija (selección de dirección + marcha)	16								
P0704= ,,,	<b>Función de entrada digital 4</b> Borne 8 Frecuencia fija (selección de dirección + marcha)	16								
P0705= ,,,	<b>Función de entrada digital 5</b> Borne 16 Frecuencia fija (selección de dirección + marcha)	16								
P0706= ,,,	<b>Función de entrada digital 6</b> Borne 17 Frecuencia fija (selección de dirección + marcha)	16								
P0707 = 0	<b>Función de entrada digital 7</b> Vía entrada análogica . Borne 3 Entrada digital deshabilitada	0								
P0707 = 0	<b>Función de entrada digital 8</b> Vía entrada análogica . Borne 10 Entrada digital deshabilitada	0								
P0724 = ,,,	<b>Tiempo de eliminación de rebotes para entradas digitales</b> Define el tiempo de rebote (tiempo de filtrado) usados para las entras dig <table data-bbox="699 1547 1139 1671"> <tr> <td>0</td> <td>Sin tiempo de eliminación de rebotes</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2,5ms eliminación rebotes</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>8,2ms eliminación rebotes</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12,3ms eliminación rebotes</td> </tr> </table>	0	Sin tiempo de eliminación de rebotes	1	2,5ms eliminación rebotes	2	8,2ms eliminación rebotes	3	12,3ms eliminación rebotes	
0	Sin tiempo de eliminación de rebotes									
1	2,5ms eliminación rebotes									
2	8,2ms eliminación rebotes									
3	12,3ms eliminación rebotes									
P0725= ,,,	<b>Entradas digitales PNP / NPN</b> Conmuta entre activa en alto (PNP) y activa en bajo (NPN). Válido para todas las entradas digitales simultáneamente. <table data-bbox="627 1800 919 1861"> <tr> <td>0</td> <td>Modo NPN - activo en bajo</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Modo PNP - activo en alto</td> </tr> </table>	0	Modo NPN - activo en bajo	1	Modo PNP - activo en alto	1				
0	Modo NPN - activo en bajo									
1	Modo PNP - activo en alto									

ANEXO 3-7	ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO	HOJA 1 DE 1
<b>P1000=...</b>	<p><b>Selección consigna de frecuencia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0 Sin consigna principal</li> <li>1 Consigna MOP</li> <li>2 Consigna Analógica</li> <li>3 Frecuencia fija</li> <li>4 USS en conexión BOP</li> <li>5 USS en conexión COM</li> <li>6 CB en conexión COM</li> <li>7 Consigna analógica 2</li> <li>10 Sin consigna principal + consigna MOP</li> <li>11 Consigna MOP + consigna MOP</li> <li>12 Consigna analógica + consigna MOP</li> <li>..</li> <li>76 CB en consigna COM + Consigna analógica 2</li> <li>77 Consigna analógica 2 + consigna analñogica 2</li> </ul>	<b>3</b>
<b>P1074=..</b>	<p><b>BI: Bloqueo de la consigna adicional</b></p> <p>Desactiva la consigna adicional (ZUSW)</p>	<b>0</b>
<b>P1075=...</b>	<p><b>CI: Selección de la consigna adicional</b></p> <p>Detemina la fuente de consignas adicionales que se deben usar ademas de la consigna principal.</p> <p><b>Ajuste manual</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>755 Consigna entrada analógica</li> <li>1024 Consigna frecuencia fija</li> <li>1050 Consigna potenciómetro del motor (consigna MOP)</li> </ul>	<b>0</b>
<b>P1076=...</b>	<p><b>CI: Selección del escalado de la consigna adicional</b></p> <p>Determina la fuente de escalado para la consigna adicional</p> <p><b>Ajuste manual</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Escalado con 1,0 (100%)</li> <li>755 Consigna entrada alalógica</li> <li>1024 Consigna frecuencia fija</li> <li>1050 Consigna MOP</li> </ul>	<b>1</b>

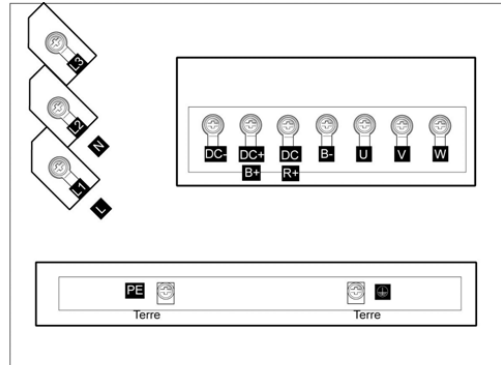
ANEXO 3-8	ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO	HOJA 1 DE 1
P1001 = ...	<b>Frecuencia fija 1</b> Selección directa vía DIN 1 P0701 = 16	45 Hz
P1002 = ...	<b>Frecuencia fija 2</b> Selección directa vía DIN 1 P0701 = 16	1 Hz
P1003 = ...	<b>Frecuencia fija 3</b> Selección directa vía DIN 3 P0701 = 16	4 Hz
P1004 = ...	<b>Frecuencia fija 4</b>	5 Hz
P1005 = ...	<b>Frecuencia fija 5</b>	2 Hz
P1006 = ...	<b>Frecuencia fija 6</b>	4 Hz
P1007 = ...	<b>Frecuencia fija 7</b>	0
P1008 = ...	<b>Frecuencia fija 8</b>	0
P1009 = ...	<b>Frecuencia fija 9</b>	0
P1010 = ...	<b>Frecuencia fija 10</b>	0
P1011 = ...	<b>Frecuencia fija 11</b>	0
P1012 = ...	<b>Frecuencia fija 12</b>	0
P1013 = ...	<b>Frecuencia fija 13</b>	0
al P1016 = ...	<b>Modo frecuencia fija - Bit 0</b> Metodo de selección para las frecuencias fijas	1
P1017 = ...	<b>Modo frecuencia fija - Bit 1</b>	1
P1018 = ...	<b>Modo frecuencia fija - Bit 2</b>	1
P1019 = ...	<b>Modo frecuencia fija - Bit 3</b>	1
P1025 = ...	<b>Modo frecuencia fija - Bit 4</b>	1
P1027 = ...	<b>Modo frecuencia fija - Bit 5</b>	1



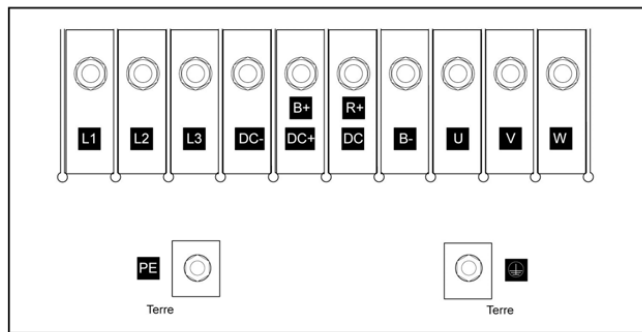




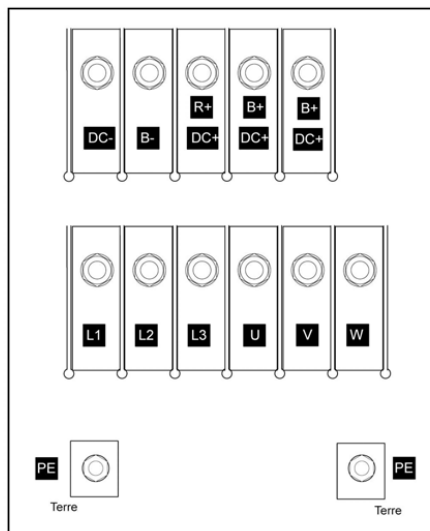
Taille A



Taille B & C



Taille D & E



Taille F

### **Catálogo Variador Micromaster 440.**

Los variadores de frecuencia MICROMASTER 440 como se muestra en la figura 10 son convertidores de frecuencia para la regulación de par y velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos, que se suministran, cubren un margen de potencia desde 0,12 Kw hasta 200 Kw (con par constante (CT)) o hasta 250 Kw (con par variable (VT)). Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

#### **Campo de aplicación.**

El convertidor MICROMASTER 440 se puede usar en numerosas aplicaciones de accionamiento con velocidades variables. Su flexibilidad permite utilizarlo para una amplia gama de aplicaciones. Este extenso campo de aplicación incluye la función de grúas y equipos elevadores, almacenes de estanterías elevadas, máquinas de la industria de elaboración de alimentos y bebidas, máquinas empaquetadoras, control de ventiladores.

Este convertidor se caracteriza particularmente por su funcionalidad adaptada a toda aplicación y su gran facilidad de ejecución. El gran margen de la tensión de alimentación de la red permite aplicarlo en todo el mundo.



ANEXO 2-5	ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO	HOJA 2 DE 7
<p><b>Estructura</b></p> <p>El convertidor MICROMASTER 440 tiene estructura modular. Los paneles de operador y los módulos se pueden descambiar.</p> <p><b>Características principales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puesta en servicio simple, guiada por diálogo</li> <li>• Configuración particularmente flexible gracias a la estructura modular</li> <li>• 6 entradas digitales libremente parametrizables y aisladas galvánicamente.</li> <li>• Entradas analógicas (0 V a 10 V, 0 mA a 20 mA, escalable) a elección aplicable como séptima/octava entrada digital</li> <li>• salidas analógicas parametrizables (0 mA a 20 mA)</li> <li>• salidas por relé parametrizables (DC 30 V/5 A de carga óhmica; AC 250 V/2 A de carga inductiva)</li> <li>• Funcionamiento del motor silencioso gracias a elevadas frecuencias de pulsación, ajustable.</li> <li>• Protección para motor y convertidor.</li> </ul> <p><b>Accesorios (resumen)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtro CEM clase A/B</li> <li>• Filtro LC y filtro senoidal</li> <li>• Bobinas de conmutación de red</li> <li>• Bobinas de salida</li> <li>• Placas de conexión de pantallas</li> <li>• Panel del Operador Basic Panel (BOP) para la parametrización de un convertidor.</li> <li>• Panel AOP (Advanced Panel) con textos explícitos visualizados en varios idiomas</li> <li>• Módulos de comunicación</li> </ul>		

ANEXO 2-5	ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO	HOJA 3 DE 7
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PROFIBUS</li> <li>- DeviceNet</li> <li>- CANopen</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kits de conexión para PC</li> <li>• Kits para montar los paneles de operador en puertas de armarios</li> <li>• Programas de PC para la puesta en servicio en el entorno de Windows 98/NT/2000/XP Professional</li> <li>• Integración TIA con Drive ES.</li> </ul> <p><b>Datos mecánicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución modular</li> <li>• Temperatura de servicio <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>0,12kW a 75 kW:</u> 10 °C a +50 °C (+14 °F a +122 °F)</li> <li>- <u>90 kW a 200 kW:</u> 0 °C a +40 °C (+32 °F a +104 °F)</li> </ul> </li> <li>• Caja compacta gracias a la gran densidad de potencia.</li> <li>• Simple conexión por cable; conexiones de red y motor separadas para optimizar la compatibilidad electromagnética.</li> <li>• Paneles de operador enchufables.</li> <li>• Regletero de mando con bomes sin tornillos en tarjeta E/S extraíble.</li> </ul> <p><b>Características funcionales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología IGBT de la última generación</li> <li>• Control por microprocesador digital</li> <li>• Regulación vectorial de alta calidad Vector Control</li> </ul>		

ANEXO 2-5	ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO	HOJA 4 DE 7
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación corriente-flujo (FCC) para la respuesta dinámica mejorada y el control optimizado del motor</li> <li>• Característica <math>v/f</math> lineal</li> <li>• Característica <math>v/f</math> cuadrática</li> <li>• Característica multipunto (característica <math>v/f</math> parametrizable)</li> <li>• Regulación/Control de par</li> <li>• Rearranque al vuelo</li> </ul> <p><b>Características de protección</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de sobrecarga</li> </ul> <p><b>ModoCT</b></p> <p><u>0,12 kW a 75 kW:</u> Corriente de sobrecarga 1,5 x la corriente de salida asignada (es decir, el 150 % de la capacidad de sobrecarga) durante 60 s, tiempo de ciclo 300 s, y 2 x la corriente de salida asignada (es decir, el 200 % de la capacidad de sobrecarga) durante 3 s, tiempo de ciclo 300 s</p> <p><u>90 kW a 200 kW:</u> Corriente de sobrecarga 1,36 x la corriente de salida asignada (es decir, el 136 % de la capacidad de sobrecarga) durante 57 s, tiempo de ciclo 300 s, y 1,6 x la corriente de salida asignada (es decir, el 160 % de la capacidad de sobrecarga) durante 3 s, tiempo de ciclo 300 s</p> <p><b>Modo VT</b></p> <p><u>5,5 kW a 90 kW:</u> Corriente de sobrecarga 1,4 x la corriente de salida asignada (es decir, el 140 % de la capacidad de sobrecarga) durante 3 s, y 1,1 x la corriente de salida asignada (es decir, el 110 % de la capacidad de</p>		

ANEXO 2-5	ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO	HOJA 5 DE 7
<p>sobrecarga) durante 60 s, tiempo de ciclo 300 s 110 kW a 250 kW: Corriente de sobrecarga 1,5 x la corriente de salida asignada (es decir, el 150 % de la capacidad de sobrecarga) durante 1 s, y 1,1 x la corriente de salida asignada (es decir, el 110 % de la capacidad de sobrecarga) durante 59 s, tiempo de ciclo 300 s.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección de sobretensión / tensión mínima.</li> <li>• Protección de sobre temperatura para el convertidor.</li> <li>• Conexión especial directa para PTC o KTY para proteger el motor.</li> <li>• Protección de defecto a tierra.</li> <li>• Protección contra cortocircuitos.</li> <li>• Protección térmica del motor.</li> <li>• Protección contra el bloqueo del motor.</li> <li>• Protección contra el vuelco del motor.</li> <li>• Bloqueo de parámetros.</li> </ul> <p><b>Parámetros</b></p> <p>Los parámetros son el medio, con el cual se adapta el convertidor a la aplicación correspondiente. Cada parámetro está definido por un número, un texto y por atributos específicos (p. ej. Legible, modificable, atributo BICO, atributo de grupo etc.). Cada número de parámetro es único dentro de un sistema de accionamientos. En cambio un atributo puede ser adjudicado varias veces, de modo que, diversos parámetros pueden poseer un mismo atributo.El acceso a los parámetros en el MICROMASTER se puede llevar a cabo mediante las siguientes unidades de mando:</p> <p style="text-align: center;">BOP (Opción)</p>		

**AOP (Opción)**

Las herramientas "Drive Monitor" o "STARTER", para la puesta en servicio con el PC, que se suministran en el CD-ROM adjunto al equipo.

**Parámetros de ajuste**

Parámetros que se pueden escribir y leer o sea modificables y legibles: parámetros "P". Se activan y desactivan en cada una de las funciones o tienen un efecto directo sobre la aplicación de las funciones. Si previamente se selecciona la opción correspondiente, sus valores se almacenan en una memoria no volátil (EEPROM).

De lo contrario, estos valores, se archivan en la memoria volátil del procesador (RAM.) y se pierden en caso de caída de tensión o al desconectar y reconectar.

**Notaciones:**

P0927 parámetro de ajuste 927

P0748.1 parámetro de ajuste 748 bit 01

P0719[1] parámetro de ajuste 719 índice 1

P0013[0..19] parámetro de ajuste 13 con 20 índices (índice 0 a 19)

Notación abreviada

P0013[20] parámetro de ajuste 13 con 20 índices (índice 0 a 19).

ANEXO 2-5	ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO	HOJA 7 DE 7
<p data-bbox="359 521 722 551"><b>Parámetros de observación</b></p> <p data-bbox="359 629 1350 748">Solo legibles, parámetros “r”. Estos parámetros sirven para visualizar variables internas, tales como estados o valores reales y son indispensables para diagnósticos.</p> <p data-bbox="408 788 568 817"><b>Notaciones:</b></p> <p data-bbox="408 853 831 882">r0002 parámetro de observación 2</p> <p data-bbox="408 918 943 947">r0052.3 parámetro de observación 52 bit 03</p> <p data-bbox="408 983 995 1012">r0947[2] parámetro de observación 947 índice 2</p> <p data-bbox="408 1048 1102 1077">r0964[0..4] parámetro de observación 964 con 5 índices</p> <p data-bbox="440 1113 679 1142">Notación abreviada</p> <p data-bbox="359 1178 1011 1207">r0964[5] parámetro de observación 964 con 5 índices</p>		

Av. Clemente Yerovi E1-166, e Isidro Ayora  
Teléfono: 2806319 - 096160205  
e-mail: afhservicios@yaho.com.ec



a. **NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL TITULAR**

MADEQUISA.

b. **UBICACIÓN**

Reinaldo Cruz y Carapungo.

c. **UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO**

**CALIDAD DE AIRE**

PUNTO	LOCALIZACIÓN
I	Área de Aserradero

d. **CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN**

FUNCIONAMIENTO NORMAL DE LA EMPRESA  
MADEQUISA

e. **TIPO DE MEDICIÓN**

Puntual. Se tomaron datos de dos minutos por un periodo de 30 minutos.

f. **EQUIPO DE MEDICIÓN EMPLEADO**

CALIDAD DE AIRE: MASS MONITOR MET ONE AEROCET 531

g. **PERSONAL TÉCNICO**

ING. DANNY HERRERA – DIRECTOR DE CALIDAD  
TNCO. WILLIAM RODRIGUEZ - TECNICO

h. **FECHA Y HORA**

27 DE ABRIL DE 2009 – 11:17 – 11:49

i. **CORRECCIONES APLICABLES**

CALIDAD DE AIRE: CONDICIONES ESTÁNDAR 25° C Y 760 mm Hg.

Av. Clemente Yerovi E1-166, e Isidro Ayora  
Teléfono: 2806519 - 096160295  
e-mail: afhservicios@yahoo.es



#### j. VALOR DE EMISIÓN

##### CALIDAD DE AIRE

##### AREA DE ASERRADERO

Tabla 1.- Comparación Norma Salud Ocupacional Internacional ACGIH (TLV)

CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN N (mg / m <sup>3</sup> , STD)	VALOR DE NORMA (mg / m <sup>3</sup> , STD)	CUMPLIMIENTO
PM 10	0.576	10	Si cumple
PM 2,5	0.037	10	Si cumple
TSP	1.399	10	Si cumple

*VALORES SEGÚN LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CALIDAD DE AIRE EN AMBIENTES DE TRABAJO (UTILIZACIÓN PARA SEGURIDAD INDUSTRIAL)*

Tabla 2.- Comparación Norma TULAS Libro VI Anexo 4

CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN N (ug / m <sup>3</sup> , STD)	VALOR DE NORMA (ug / m <sup>3</sup> , STD)	CUMPLIMIENTO
PM 10	575.8	150	No cumple
PM 2,5	36.7	65	Si cumple
TSP	1338.5	N/A	N/A

*VALORES SEGÚN LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION AMBIENTAL SECUNDARIA (TULAS) DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (UTILIZACIÓN PARA ANALISIS DE CALIDAD DE AIRE AMBIENTE)*

#### l. DESVIACIONES DEL PROCEDIMIENTO

NINGUNA

#### m. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Analizando los valores resultantes tenemos que la cantidad de material particulado que se monitoreo está por debajo del Límite Máximo de Exposición para una jornada de 8 horas de trabajo que es 10 mg/m<sup>3</sup> en todos los puntos monitoreados, referente al tema de Seguridad Industrial.


En los valores resultantes tenemos que la cantidad de material particulado que se monitoreó no cumple con la Norma de Calidad de Aire Ambiente del TULAS (Libro VI, Anexo 4) en el parámetro de PM10.



Av. Clemente Ycaza E1-366, v. Lidro Ayora  
 Telefono: 2806519 • 006100293  
 e-mail: [afhservices@yahoo.es](mailto:afhservices@yahoo.es)



**n.- CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO**



1800 Washington Blvd  
 Grants Pass, OR 97526  
 (541) 471-7111  
 (541) 471-7110 (Fax)  
 Service@metone.com

## Calibration Certificate

The calibration results on this report certify that this instrument complies with the product specifications at the time of calibration. Calibration was performed according to accepted industry methods using equipment, procedures, and standards that are traceable to NIST, ASTM, and JIS. The calibration system complies with MIL-STD-45662A.

Instrument Model# AEROCET-531 Instrument Serial# H12753

Date of Calibration 12/29/2008 Next Calibration 12/29/2009 Sensor # 7449

Quality Control Technician Darleen Best

Temperature 24 °C Relative Humidity 36 %

Test Procedure: AEROCET-531-6100

PSL Size (µm)	Threshold (mV)	Lot# NIST	Expiration
0.5	18	30841	11/30/2009
0.7	51	REF	NA
1.0	95	31747	5/31/2010
2.0	212	33545	6/30/2011
3.0	437	33384	1/31/2009
5.0	1030	REF	NA
7.0	1872	REF	NA
10.0	3450	REF	NA

Standards	Model	SN	Cal Due
DMM	189	83410081	3/12/2009
RH/TEMP SENSOR	G3120	G4587	3/9/2009
Particle Counter	G7-528	H7158	2/19/2009
FLOWMETER	DC-L	537	12/31/2008

*This calibration certificate shall not be reproduced except in full, without the written approval of Met One Instruments Inc.*

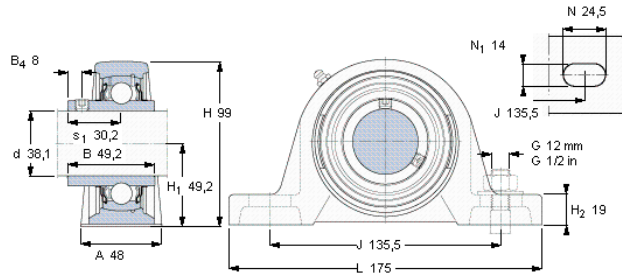
Document AEROCET-531-6900 Rev B 3390

**Soportes de pie con rodamientos Y, soporte de fundición, prisionero**

Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad límite con cjo de tolerancia h6	Masa	Designaciones Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
d	A	H	H <sub>1</sub>	L	C	C <sub>0</sub>					
mm					kN		rpm	kg	-		
38.1	47,625	107,95	53,975	187,325	33,2	21,6	4300	2,5	SYM 1.1/2 TF	SYM 509 U	YAR 209-108-2F
38.1	48	99	49,2	175	30,7	19	4800	1,65	SY 1.1/2 RM	SY 508 U	YAI 208-108
38.1	48	99	49,2	175	30,7	19	4800	1,8	SY 1.1/2 TF	SY 508 U	YAR 208-108-2F
38.1	48	99	49,2	175	30,7	19	2800	1,85	SY 1.1/2 TR	SY 508 M	YAR 208-108-2RF
38.1	48	99	49,2	175	30,7	19	4800	1,82	SYH 1.1/2 RM	SYH 508 U	YAT 208-108
38.1	48	99	49,2	175	30,7	19	4800	1,85	SYH 1.1/2 TF	SYH 508 U	YAR 208-108-2F
38.1	48	99	49,2	175	30,7	19	4800	1,85	SYJ 1.1/2 TF	SYJ 508	YAR 208-108-2F
39.688	48	99	49,2	175	30,7	19	4300	1,78	SY 1.9/16 TF	SY 508 U	YAR 208-108-2F
40	48	99	49,2	175	30,7	19	4800	1,8	SY 40 TF	SY 508 M	YAR 208-2F
40	48	99	49,2	175	30,7	19	2800	1,8	SY 40 TR	SY 508 M	YAR 208-2RF
40	49	99	49,2	184	30,7	19	4800	1,85	SYJ 40 TF	SYJ 508	YAR 208-2F
41.2/5	48	107	54	187	33,2	21,6	4300	2,05	SY 1.5/8 RM	SY 509 U	YAI 209-110
41.275	48	107	54	187	33,2	21,6	4300	2,3	SY 1.5/8 TF	SY 509 U	YAR 209-110-2F
41.275	48,3	105,6	52,4	187	33,2	21,6	4300	2,35	SYH 1.5/8 RM	SYH 509 U	YAT 209-110
41.275	48,3	105,6	52,4	187	33,2	21,6	4300	2,55	SYH 1.5/8 TF	SYH 509 U	YAR 209-110-2F
42.862	48	107	54	187	33,2	21,6	4300	2,03	SY 1.11/16 RM	SY 509 U	YAT 209-111
42.862	48	107	54	187	33,2	21,6	4300	2,4	SY 1.11/16 TF	SY 509 U	YAR 209-111-2F
42.862	48,3	105,6	52,4	187	33,2	21,6	4300	2,2	SYH 1.11/16 RM	SYH 509 U	YAT 209-111
42.862	48,3	105,6	52,4	187	33,2	21,6	4300	2,4	SYH 1.11/16 TF	SYH 509 U	YAR 209-111-2F
42.862	53,975	114,3	57,15	203	35,1	23,2	4000	3,0	SYM 1.11/16 TF	SYM 510 U	YAR 210-111-2F
44.45	48	107	54	187	33,2	21,6	4300	2,05	SY 1.3/4 RM	SY 509 U	YAT 209-112
44.45	48	107	54	187	33,2	21,6	4300	2,2	SY 1.3/4 TF	SY 509 U	YAR 209-112-2F
44.45	48	107,5	54	187	33,2	21,6	2400	2,3	SY 1.3/4 TR	SY 509 M	YAR 209-112-2RF
44.45	48,3	105,6	52,4	187	33,2	21,6	4300	2,15	SYH 1.3/4 RM	SYH 509 U	YAT 209-112
44.45	48,3	105,6	52,4	187	33,2	21,6	4300	2,35	SYH 1.3/4 TF	SYH 509 U	YAR 209-112-2F

**Soportes de pie con rodamientos Y, soporte de fundición, prisionero, rodamientos en pulgadas**

Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad límite con eje de tolerancia h6	Masa	Designaciones Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
d	A	H	H <sub>1</sub>	L	C	C <sub>0</sub>					
mm					kN		rpm	kg	-		
38,1	48	99	49,2	175	30,7	19	4800	1,8	SY 1.1/2 TF	SY 508 U	YAR 208-108-2F



**Prisionero**  
 Par de apriete recomendado, Nm  
 Tamaño de la llave hexagonal, mm

5/16-24x5/16  
 6,5  
 3,96875

**ELABORADO POR:**

---

**SR. OMAR SÁENZ CARRERA**

**APROBADO POR:**

---

**ING. MARIO JIMÉNEZ**

**DIRECTOR DE LA CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICADO POR:**

---

**DR. EDUARDO VÁSQUEZ**

**SECRETARIO ACADEMICO**