



## Guía de diseño

Convertidor de frecuencia descentralizado VLT®FCD 302



Índice

<b>1 Introducción</b>	<b>5</b>
1.1 Cómo leer la Guía de diseño	5
1.1.1 Definiciones	5
1.1.2 Símbolo	8
1.2 Medidas de seguridad	8
1.3 Versión de software	9
1.4 Marca CE	9
1.4.1 Conformidad	9
1.4.2 ¿Qué situaciones están cubiertas?	9
1.4.3 Marca CE	10
1.4.4 Conformidad con la Directiva sobre compatibilidad electromagnética 2004/108/CE	10
1.4.5 Conformidad	10
1.5 Eliminación	10
<b>2 Vista general del producto</b>	<b>11</b>
2.1 Control	11
2.1.1 Principio de control	12
2.1.2 Control de corriente interna en modo VVC <sup>plus</sup>	12
2.2 CEM	14
2.2.1 Aspectos generales de las emisiones CEM	14
2.2.2 Resultados de las pruebas de CEM	15
2.2.3 Requisitos en materia de emisiones	16
2.2.4 Requisitos de inmunidad	16
2.3 Manejo de referencias	18
2.3.1 Límites referencia	19
2.3.2 Escalado de referencias preestablecidas y referencias de bus	20
2.3.3 Escalado de referencias de pulsos y analógicas y realimentación	20
2.3.4 Banda muerta alrededor de cero	21
2.5 Aislamiento galvánico (PELV)	25
2.5.1 PELV: tensión protectora extrabaja	25
2.6 Freno mecánico	26
2.6.1 Freno mecánico para elevador	26
2.6.2 Cableado de la resistencia de freno	26
2.7 Funciones de freno	26
2.7.1 Freno de retención mecánico	27
2.7.2 Frenado dinámico	27
2.7.3 Selección de resistencia de freno	27
2.7.4 Control con función de freno	29

<b>3 Integración del sistema</b>	<b>30</b>
3.1 Introducción	30
3.1.1 Montaje	30
3.1.1.1 Instalación higiénica	30
3.2 Entrada: dinámica de red	31
3.2.1 Conexiones	31
3.2.1.1 Información general sobre el cableado	31
3.2.1.2 Conexión a la tensión de alimentación y conexión a tierra	31
3.2.1.3 Conexión de relés	32
3.2.2 Fusibles y disyuntores	32
3.2.2.1 Fusibles	32
3.2.2.2 Recomendaciones	32
3.2.2.3 Cumplimiento de la normativa CE	33
3.2.2.4 Conformidad con UL	33
3.3 Salida: dinámica de motor	33
3.3.1 Conexión del motor	33
3.3.2 Dispositivos de desconexión de corriente	34
3.3.3 Información adicional del motor	35
3.3.3.1 Cable de motor	35
3.3.3.2 Protección térmica del motor	35
3.3.3.3 Conexión de motores en paralelo	35
3.3.3.4 Aislamiento del motor	36
3.3.3.5 Corrientes en los rodamientos del motor	36
3.3.4 Condiciones de funcionamiento extremas	36
3.3.4.1 Protección térmica del motor	37
3.4 Selección de las opciones / del convertidor de frecuencia	38
3.4.1 Cables de control y terminales	38
3.4.1.1 Recorrido de los cables de control	38
3.4.1.2 Interruptores DIP	38
3.4.1.3 Ejemplo de cableado básico	39
3.4.1.4 Instalación eléctrica, Cables de control	40
3.4.1.5 Salida de relé	41
3.4.2 Resistencia de freno	42
3.4.2.1 resistencias de frenos 10%	42
3.4.2.2 Resistencia de freno del 40%	42
3.4.3 Condiciones especiales	42
3.4.3.1 Reducción de potencia manual	42
3.4.3.2 Reducción de potencia automática	42
3.4.3.3 Reducción de potencia debido a funcionamiento a velocidad lenta	43
3.4.4 CEM	43

3.4.4.1 Conexión a tierra de cables de control apantallados	45
3.4.4.2 Interruptor RFI	46
3.4.5 Interferencia de la red de alimentación/Armónicos	46
3.4.5.1 Interferencia de la red de alimentación/Armónicos	46
3.4.5.2 Efecto de los armónicos en un sistema de distribución de potencia	46
3.4.5.3 Normas y requisitos de limitación armónica	47
3.4.5.4 Mitigación de armónicos	47
3.4.5.5 Cálculo de armónicos	47
3.4.6 Prueba y ajuste final	48
3.4.6.1 Prueba de alta tensión	48
3.4.6.2 Toma de tierra	48
3.4.6.3 Conexión segura a tierra	48
3.4.6.4 Comprobación del ajuste final	48
3.5 Condiciones ambientales	49
3.5.1 Humedad atmosférica	49
3.5.2 Entornos agresivos	49
3.5.3 Vibración y golpe	50
3.5.4 Ruido acústico	50
<b>4 Ejemplos de aplicaciones</b>	<b>51</b>
4.1 Conexión del encoder	56
4.2 Dirección de encoder	56
4.3 Sistema de convertidor de lazo cerrado	56
4.4 Control de PID	57
4.4.1 Contr. PID veloc.	57
4.4.2 Los siguientes parámetros están relacionados con el control de velocidad	57
4.4.3 Ajuste fino del control de PID de velocidad	59
4.4.4 Control PID proceso	60
4.4.6 Ejemplo de un control PID de proceso	62
4.4.8 Método de ajuste de Ziegler Nichols	64
4.4.9 Ejemplo de un control PID de proceso	65
4.5 Estructuras de control	66
4.5.1 Estructura de control en controles vectoriales avanzadosVVC <sup>plus</sup>	66
4.5.2 Estructura de control en Flux Sensorless	67
4.5.3 Estructura de control en Flux con Realimentación del motor	67
4.6 Control Local (Hand On) y Remoto (Auto)	68
4.7 Programación de límite de par y parada	69
4.8 Freno mecánico	70
4.9 Parada segura	71
4.9.1.1 Función de parada segura del terminal 37	72
4.9.1.2 Prueba de puesta en marcha de la parada segura	76

<b>5 Código y guía de selección</b>	<b>78</b>
5.1 Descripción del código	78
5.1.1 Configurador de convertidores de frecuencia	79
5.2 Números de pedido	80
5.2.1 Números de pedido: Accesorios	80
5.2.2 Números de pedido: Repuestos	80
5.3 Opciones y accesorios	80
5.3.1 Opciones de bus de campo	80
5.3.2 Opción del encoder MCB 102	81
5.3.3 Opción de resolvidor MCB 103	82
<b>6 Especificaciones</b>	<b>85</b>
6.1 Dimensiones mecánicas	85
6.2 Datos eléctricos y dimensiones de los cables	86
6.3 Especificaciones generales	88
6.4 Rendimiento	92
6.5.1 Ruido acústico	92
6.6.1 condiciones dU/dt	92
<b>Índice</b>	<b>93</b>

# 1 Introducción

## 1.1 Cómo leer la Guía de diseño

La Guía de diseño proporciona la información necesaria para integrar el convertidor de frecuencia en diversas aplicaciones.

### Recursos adicionales disponibles

- El *Manual de funcionamiento, MG04F*, facilita la información necesaria para instalar y poner en marcha el convertidor de frecuencia.
- La *Guía de programación, MG04G*, proporciona información acerca de cómo programar la unidad e incluye las descripciones completas de los parámetros.
- El *Manual de funcionamiento RTU de Modbus, MG92B*, proporciona la información necesaria para controlar, supervisar y programar el convertidor de frecuencia mediante un bus de campo integrado.
- El *Manual de funcionamiento de Profibus MG34N*, el *Manual de funcionamiento de Ethernet, MG90J*, y el *Manual de funcionamiento de ProfiNet, MG90U*, proporcionan la información necesaria para controlar, supervisar y programar el convertidor de frecuencia mediante un bus de campo.
- *MCB 102 manual*.
- *Opción de resolvidor MCB 103, MI33I de VLT Automation Drive FC 300*.
- Instrucción de opción de interfaz PLC de seguridad de MCB 108, MI33J.
- *Guía de Diseño de la resistencia de freno, MG900*
- Homologaciones.

La documentación técnica y las homologaciones se encuentran disponibles en [www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Documentations/Technical+Documentation](http://www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Documentations/Technical+Documentation).

### 1.1.1 Definiciones

#### Convertidor de frecuencia:

##### Inercia

El eje del motor se encuentra en modo libre. Sin par en el motor.

##### IMÁX.

La intensidad de salida máxima.

##### IN

Corriente de salida nominal suministrada por el convertidor de frecuencia.

##### UMÁX

La tensión de salida máxima.

#### Entrada:

##### Comando de control

Inicie y detenga el funcionamiento del motor conectado mediante el LCP y las entradas digitales.

Las funciones se dividen en dos grupos.

Las funciones del grupo 1 tienen mayor prioridad que las funciones del grupo 2.

Grupo 1	Reinicio, Paro por inercia, Reinicio y paro por inercia, Parada rápida, Frenado de CC, Parada y tecla [Off].
Grupo 2	Arranque, Arranque de pulsos, Cambio de sentido, Iniciar cambio de sentido, Velocidad fija y Mantener salida

Tabla 1.1 Funciones de comando de control

#### Motor:

##### fVELOCIDAD FIJA

La frecuencia del motor cuando se activa la función de velocidad fija (mediante terminales digitales).

##### fM

Frecuencia del motor Salida del convertidor de frecuencia.

La salida del convertidor de frecuencia está relacionada con la velocidad del eje del motor, dependiendo del número de polos y de la frecuencia de deslizamiento.

##### fMÁX.

La frecuencia de salida máxima que el convertidor de frecuencia aplica a su salida. La máxima frecuencia de salida se ajusta en el par. límite 4-12, 4-13 y 4-19.

##### fMÍN.

La frecuencia mínima del motor del convertidor de frecuencia. 0 Hz. (predeterminado)

##### fM,N

La frecuencia nominal del motor (datos de la placa de características).

##### IM

La intensidad del motor.

##### IM,N

La intensidad nominal del motor (datos de la placa de características).

##### nM,N

La velocidad nominal del motor (datos de la placa de características).

##### ns

Velocidad motor síncrono

$$n_s = \frac{2 \times \text{par. 1} - 23 \times 60 \text{ s}}{\text{par. 1} - 39}$$

PM,N

La potencia nominal del motor (datos de la placa de características).

T<sub>M,N</sub>

Par nominal (motor).

U<sub>M</sub>

La tensión instantánea del motor.

U<sub>M,N</sub>

la tensión nominal del motor (datos de la placa de características).

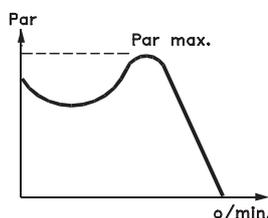
Par de arranque

Ilustración 1.1 Par de arranque

η

El rendimiento del convertidor de frecuencia se define como la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada.

Comando de desactivación de arranque

Un comando de parada que pertenece al grupo 1 de los comandos de control (consulte este grupo).

Comando de parada

Consulte los comandos de control.

**Referencias:**Referencia analógica

Una señal analógica aplicada a la entrada 53 ó 54. La señal puede ser tensión 0-10 V ó -10 - +10 V. Señal de intensidad 0-20 mA ó 4-20 mA.

Referencia binaria

Una señal aplicada al puerto de comunicación serie (RS-485 terminales 68-69).

Referencia interna

Una referencia interna definida, ajustada a un valor comprendido entre el -100% y el +100 % del intervalo de referencia. Seleccione ocho referencias internas a través de los terminales digitales.

Referencia de pulsos

Una referencia de pulsos aplicada a los terminales 29 o 33, seleccionada en los par. 5-13 ó 5-15 [32]. Escalado en el grupo de par. 5-5\*.

RefMÁX.

Muestra la relación entre la entrada de referencia a un 100% de escala completa (normalmente, 10 V y 20 mA) y la referencia resultante. Ajuste el valor de la referencia máxima en 3-03 Referencia máxima.

RefMÍN.

Determina la relación entre la entrada de referencia a un valor del 0% (normalmente, 0 V, 0 mA y 4 mA) y la referencia resultante. Ajuste el valor de la referencia mínima en 3-02 Referencia mínima.

**Varios:**Entradas analógicas

Las entradas analógicas se utilizan para controlar varias funciones del convertidor de frecuencia.

Hay dos tipos de entradas analógicas:

Entrada de intensidad, 0-20 mA y 4-20 mA

Entrada de tensión, 0-10 V CC

Entrada de tensión, -10 - +10 V CC.

Salidas analógicas

Las salidas analógicas pueden proporcionar una señal de 0-20 mA o 4-20 mA.

Adaptación automática del motor, AMA

El algoritmo AMA determina los parámetros eléctricos para el motor conectado cuando se encuentra parado.

Resistencia de freno

La resistencia de freno es un módulo capaz de absorber la potencia de frenado generada durante el frenado regenerativo. Esta potencia de frenado regenerativo aumenta la tensión del circuito intermedio y un interruptor de freno garantiza que la potencia se transmita a la resistencia de freno.

Características de par constante (CT)

Características de par constante utilizadas para todas las aplicaciones, como cintas transportadoras, bombas de desplazamiento y grúas.

Entradas digitales

Las entradas digitales pueden utilizarse para controlar distintas funciones del convertidor de frecuencia.

Salidas digitales

El convertidor de frecuencia dispone de dos salidas de estado sólido que pueden proporcionar una señal de 24 V CC (máx. 40 mA).

DSP

Procesador digital de señal.

ETR

El relé termoelectrónico es un cálculo de la carga térmica basado en la carga actual y el tiempo que transcurre con esa carga. Su finalidad es calcular la temperatura del motor.

Hiperface®

Hiperface® es una marca registrada de Stegmann.

Inicialización

Si se lleva a cabo una inicialización (14-22 Modo funcionamiento), el convertidor de frecuencia vuelve a los ajustes predeterminados.

Ciclo de trabajo intermitente

Una clasificación de trabajo intermitente es una secuencia de ciclos de trabajo. Cada ciclo está formado por un periodo en carga y un periodo sin carga. El funcionamiento puede ser de trabajo periódico o de trabajo no periódico.

LCP

El panel de control local (LCP) constituye una completa interfaz para el control y la programación del convertidor de frecuencia. El LCP es desmontable y puede instalarse hasta a 3 metros de distancia del convertidor de frecuencia, es decir, en un panel frontal, mediante la opción del kit de instalación.

lsb

Bit menos significativo.

msb

Bit más significativo.

MCM

Sigla en inglés de Mille Circular Mil, una unidad norteamericana para medir la sección de los cables.

1 MCM=0,5067 mm<sup>2</sup>.

Parámetros en línea / fuera de línea

Los cambios realizados en los parámetros en línea se activan inmediatamente después de cambiar el valor de dato. Los cambios realizados en los parámetros fuera de línea se activan hasta que se pulsa [OK] en el LCP.

PID de proceso

El controlador PID mantiene la velocidad, presión, temperatura, etc., deseados ajustando la frecuencia de salida para que coincida con la carga variable.

PCD

Datos de proceso

Entrada de pulsos / Codificador incremental

Un sensor digital externo utilizado para proporcionar información sobre la velocidad y la dirección del motor. Los encoders se utilizan para realimentación de precisión para alta velocidad en aplicaciones altamente dinámicas. La conexión del encoder se realiza mediante los terminales 32 y 32, o mediante la opción de encoder MCB 102.

RCD

Dispositivo de corriente residual

Ajuste

Los ajustes de parámetros pueden guardarse en cuatro configuraciones distintas. Cambie entre estas cuatro configuraciones de parámetros y edite una mientras otra está activa.

SFAVM

Patrón de conmutación denominado Modulación asíncrona de vectores orientada al flujo del estátor (14-00 Patrón conmutación).

Compensación de deslizamiento

El convertidor de frecuencia compensa el deslizamiento del motor añadiendo un suplemento a la frecuencia que sigue a la carga medida del motor, manteniendo la velocidad del mismo casi constante.

Smart Logic Control (SLC)

El SLC es una secuencia de acciones definidas por el usuario que se ejecuta cuando el controlador Smart Logic evalúa como verdaderos los eventos asociados definidos por el usuario. (Grupo de parámetros 13-\*\* Smart Logic Control (SLC).

STW

Código de estado

Bus estándar FC

Incluye el bus RS-485 bus con el protocolo FC o el protocolo MC. Consulte 8-30 Protocolo.

Termistor:

Resistencia que depende de la temperatura y que se coloca en el punto donde ha de controlarse la temperatura (convertidor de frecuencia o motor).

THD

Distorsión total de armónicos, que indica la contribución total de armónicos.

Desconexión

Estado al que se pasa en situaciones de fallo; por ejemplo, si el convertidor de frecuencia se sobrecalienta, o cuando está protegiendo al motor, al proceso o al mecanismo. Se impide el re arranque hasta que desaparece la causa del fallo y se anula el estado de desconexión mediante la activación del reinicio o, en algunos casos, mediante la programación de un reinicio automático. No debe utilizarse la desconexión para la seguridad personal.

Bloqueo por alarma

Estado al que se pasa en situaciones de fallo cuando el convertidor de frecuencia está protegiéndose a sí mismo y requiere una intervención física; por ejemplo, si el convertidor de frecuencia se cortocircuita en la salida. Un bloqueo por alarma solo puede cancelarse cortando la alimentación, eliminando la causa del fallo y volviendo a conectar el convertidor de frecuencia. Se impide el re arranque hasta que se cancela el estado de desconexión mediante la activación del reinicio o, en algunos casos, mediante la programación del reinicio automático. No debe utilizarse la desconexión para la seguridad personal.

Características de VT

Características de par variable utilizadas en bombas y ventiladores.

### VVCplus

Comparado con el control de relación tensión / frecuencia estándar, el control vectorial de la tensión (VVC<sup>plus</sup>) mejora la dinámica y la estabilidad, tanto cuando se cambia la referencia de velocidad como en relación con el par de carga.

### 60° AVM

Patrón de conmutación denominado Modulación vectorial asíncrona de 60° (14-00 Patrón conmutación).

### Factor de potencia

El factor de potencia es la relación entre  $I_1$  e  $I_{RMS}$ .

$$\text{Potencia potencia} = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_1 \cos\phi}{\sqrt{3} \times U \times I_{RMS}}$$

El factor de potencia para el control trifásico es:

$$= \frac{I_1 \times \cos\phi}{I_{RMS}} = \frac{I_1}{I_{RMS}} \text{ puesto que } \cos\phi = 1$$

El factor de potencia indica hasta qué punto el convertidor de frecuencia impone una carga a la alimentación de red. Cuanto menor es el factor de potencia, mayor es  $I_{RMS}$  para el mismo rendimiento en kW.

$$I_{RMS} = \sqrt{I_1^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots + I_n^2}$$

Además, un factor de potencia elevado indica que las distintas corrientes armónicas son bajas.

Las bobinas integradas en el enlace de CC garantizan un factor de potencia alto y reducen el THD en la alimentación de red.

### 1.1.2 Símbolo

En este manual, se utilizan los siguientes símbolos.

#### **⚠ADVERTENCIA**

Indica situaciones potencialmente peligrosas que, si no se evitan, pueden producir lesiones graves e incluso la muerte.

#### **⚠PRECAUCIÓN**

Indica una situación potencialmente peligrosa que, si no se evita, puede producir lesiones leves o moderadas. También puede utilizarse para alertar contra prácticas inseguras.

### PRECAUCIÓN

Indica una situación que puede producir accidentes que dañen únicamente al equipo o a otros bienes.

### ¡NOTA!

Indica información destacada que debe tenerse en cuenta para evitar errores o utilizar el equipo con un rendimiento inferior al óptimo.

\* Indica ajustes predeterminados.

## 1.2 Medidas de seguridad

### **⚠ADVERTENCIA**

La tensión del convertidor de frecuencia es peligrosa cuando el equipo está conectado a la red. Se requiere una planificación correcta de la instalación del motor, del convertidor de frecuencia y del bus de campo. Siga las instrucciones de este manual, así como los reglamentos de seguridad locales y nacionales. Una vez en funcionamiento, si no se siguen las recomendaciones de diseño se puede producir la muerte o graves daños personales o materiales.

### **⚠ADVERTENCIA**

#### Alta tensión

El contacto con los componentes eléctricos puede llegar a provocar la muerte, incluso una vez desconectado el equipo de la red de alimentación.

Durante la planificación, asegúrese de poder desconectar el resto de entradas de tensión, como el suministro externo de 24 V CC, la carga compartida (enlace del circuito intermedio de CC) y la conexión del motor para energía regenerativa.

Los sistemas en los que hay convertidores de frecuencia instalados deben equiparse con dispositivos adicionales de control, si fuera necesario, y protegerse de acuerdo con las normas de seguridad vigentes, por ejemplo, la ley sobre herramientas mecánicas, normativas para la prevención de accidentes, etc. Se permiten modificaciones en los convertidores de frecuencia a través del software de funcionamiento.

Una vez en funcionamiento, si no se siguen estas recomendaciones se puede producir la muerte o lesiones graves.

### ¡NOTA!

El fabricante / instalador de la máquina deberá identificar las situaciones peligrosas y será responsable de tomar las medidas preventivas necesarias. Deberán incluirse dispositivos adicionales de control y protección, de acuerdo con las normas de seguridad vigentes, como la ley sobre herramientas mecánicas, las normativas para la prevención de accidentes, etc.

**¡NOTA!**

**Grúas, montacargas y elevadores:**

**El control de los frenos externos siempre debe estar diseñado con un sistema redundante. El convertidor de frecuencia no debe considerarse, bajo ninguna circunstancia, el circuito de seguridad principal. Deben cumplirse las normas vigentes, por ejemplo:**

**Grúas y elevadores: CEI 60204-32**

**Montacargas: EN 81**

**Modo de protección**

Una vez que se exceda un límite de hardware en la intensidad del motor o en la tensión de bus CC, el convertidor de frecuencia entra en el «Modo de protección». El «Modo de protección» conlleva un cambio en la estrategia de modulación por impulsos (PWM) y una baja frecuencia de conmutación para minimizar pérdidas. Esto continúa durante 10 s después del último fallo, lo que incrementa la fiabilidad y la solidez del convertidor de frecuencia, a la vez que vuelve a establecer el pleno control del motor.

En aplicaciones de elevación, el «Modo de protección» no puede utilizarse, ya que el convertidor de frecuencia normalmente no será capaz de abandonar de nuevo este modo y, por tanto, alargará el tiempo antes de activar el freno, lo que no es recomendable.

El «Modo de protección» puede inhibirse poniendo a cero el *14-26 Ret. de desc. en fallo del convert.*, lo que significa que el convertidor de frecuencia se desconectará inmediatamente si se excede uno de los límites de hardware.

**¡NOTA!**

**Se recomienda desactivar el modo de protección en aplicaciones de elevación (*14-26 Ret. de desc. en fallo del convert.= 0*).**

**1.3 Versión de software**

Compruebe la versión de software en *15-43 Versión de software*.

**1.4 Marca CE****1.4.1 Conformidad****Directiva relativa a las máquinas (2006/42/CE)**

Los convertidores de frecuencia no se incluyen en la directiva de máquinas. Sin embargo, si se suministra un convertidor de frecuencia para utilizarlo con una máquina, Danfoss proporciona información sobre los aspectos de seguridad relativos a dicho convertidor.

**¿Qué es la marca y conformidad CE?**

El propósito de la marca CE es evitar los obstáculos técnicos para la comercialización en la EFTA (AELC) y la UE. La UE ha introducido la marca CE como un modo sencillo de demostrar si un producto cumple con las directivas

correspondientes de la UE. La marca CE no es indicativa de la calidad o las especificaciones de un producto. Los convertidores de frecuencia se tratan en dos directivas de la UE, que son las siguientes:

**Directiva sobre baja tensión (2006/95/CE).**

Los convertidores de frecuencia deben tener la marca CE certificando el cumplimiento de la directiva sobre baja tensión, vigente desde el 1 de enero de 1997. Esta directiva se aplica a todos los equipos y aparatos eléctricos utilizados en el rango de tensión de 50-1000 V CA y 75-1500 V CC. Danfoss otorga la marca CE de acuerdo con esta directiva y emite una declaración de conformidad si así se solicita.

**Directiva CEM (2004/108/CE)**

CEM son las siglas de «compatibilidad electromagnética». La presencia de compatibilidad electromagnética significa que las interferencias mutuas entre los diferentes componentes/aparatos no afectan al funcionamiento de los mismos.

La directiva CEM entró en vigor el 1 de enero de 1996. Danfoss otorga la marca CE de acuerdo con esta directiva y emite una declaración de conformidad si así se solicita.

Para realizar una instalación correcta en cuanto a CEM, véanse las instrucciones en esta Guía de Diseño.

Además, Danfoss especifica las normas que cumplen nuestros distintos productos. Danfoss ofrece filtros que pueden encontrarse en las especificaciones y proporciona otros tipos de asistencia para asegurar un resultado óptimo de CEM.

En la mayoría de los casos, los profesionales del sector utilizan el convertidor de frecuencia como un componente complejo que forma parte de un equipo, sistema o instalación más grandes.

**1.4.2 ¿Qué situaciones están cubiertas?**

La directriz de la UE «Guidelines on the Application of Council Directive 2004/108/EC» (directrices para la aplicación de la Directiva del Consejo 2004/108/CE) describe tres situaciones típicas de utilización de variadores de frecuencia. Consultar más adelante para cobertura CEM y marca CE.

1. El convertidor de frecuencia se vende directamente al usuario final. Por ejemplo, el convertidor de frecuencia se vende en el mercado nacional. El consumidor final es un ciudadano sin una formación especial que instala el convertidor de frecuencia para uso personal, por ejemplo, en una máquina que usa como ocio o en un electrodoméstico, etc. Para tales usos, el

convertidor de frecuencia debe contar con la marca CE según la directiva sobre CEM.

2. El convertidor de frecuencia se vende para instalarlo en una planta, construida por profesionales del sector correspondiente. Por ejemplo, puede tratarse de una instalación de producción o de calefacción / ventilación, diseñada e instalada por profesionales. En este caso, ni el convertidor de frecuencia ni la instalación terminada necesitan contar con la marca CE según la directiva sobre CEM. Sin embargo, la unidad debe cumplir con los requisitos básicos de compatibilidad electromagnética establecidos en la directiva. Esto puede asegurarse utilizando componentes, aparatos y sistemas con la marca CE, según la directiva sobre CEM.
3. El convertidor de frecuencia se vende como parte de un sistema completo. El sistema está comercializado como un conjunto, por ejemplo, un sistema de aire acondicionado. El sistema completo debe contar con la marca CE según la directiva sobre CEM. El fabricante puede garantizar la marca CE según la directiva sobre CEM, ya sea utilizando componentes con la marca CE o bien realizando pruebas de CEM del sistema. Si utiliza solo componentes con la marca CE, no está obligado a probar todo el sistema.

### 1.4.3 Marca CE

La marca CE es una característica positiva cuando se emplea para su propósito original, es decir, facilitar la comercialización en la UE y la AELC.

Sin embargo, la marca CE puede abarcar muchas especificaciones diferentes. Deberá comprobar qué cubre una marca CE concreta.

Las especificaciones pueden variar enormemente. La marca CE puede dar a los instaladores un falso sentido de seguridad cuando utilizan un convertidor de frecuencia como componente de un sistema o un aparato.

Danfoss etiqueta con la marca CE sus convertidores de frecuencia VLT según la directiva sobre baja tensión. Esto significa que siempre que el convertidor de frecuencia se instale correctamente, se cumple con ambas directivas. Danfoss emite una declaración de conformidad para hacer constar que la marca CE cumple la directiva sobre baja tensión.

La marca CE es aplicable a la directiva sobre CEM, con la condición de que se sigan las instrucciones para la instalación y filtrado correctos en cuanto a CEM. Sobre esta

base, se emite una declaración de conformidad con la directiva sobre CEM.

La Guía de Diseño ofrece instrucciones detalladas para la instalación que aseguran su conformidad respecto a CEM.

### 1.4.4 Conformidad con la Directiva sobre compatibilidad electromagnética 2004/108/CE

Los profesionales del sector utilizan el convertidor de frecuencia como un componente complejo que forma parte de un equipo, sistema o instalación más grande.

#### ¡NOTA!

**La responsabilidad sobre las propiedades finales en cuanto a CEM del aparato, sistema o instalación corresponde al instalador.**

Como ayuda al instalador, Danfoss ha preparado unas directrices de instalación en cuanto a compatibilidad electromagnética, para el sistema Power Drive. Las normas y niveles de prueba establecidos para sistemas Power Drive se cumplirán siempre que se hayan seguido las instrucciones para la instalación correcta en cuanto a CEM. Consulte 3.4.4 CEM.

### 1.4.5 Conformidad



Tabla 1.2 Homologaciones FCD 302

### 1.5 Eliminación

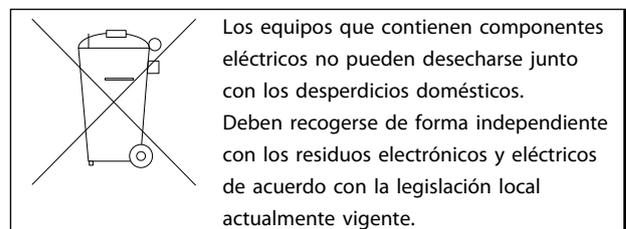


Tabla 1.3 Instrucciones de eliminación

## 2 Vista general del producto

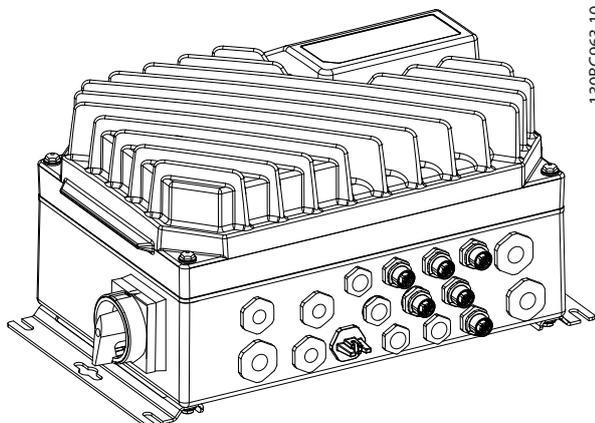


Ilustración 2.1 Unidad pequeña

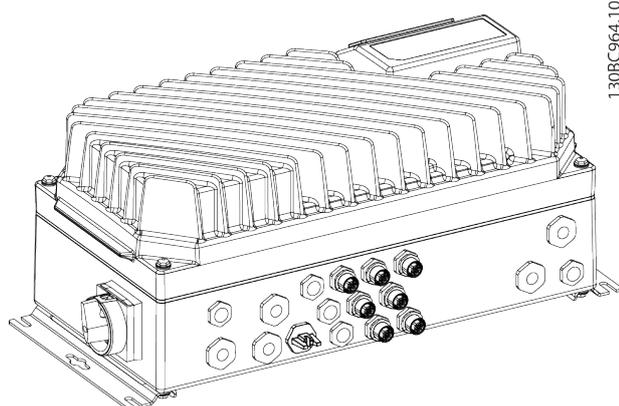


Ilustración 2.2 Unidad grande

### 2.1 Control

Un convertidor de frecuencia transforma la tensión de CA de la red en tensión de CC. Esta tensión continua se convierte en corriente alterna con amplitud y frecuencia variables.

De este modo, el motor recibe una tensión y frecuencia variables, lo que permite una regulación infinitamente variable de la velocidad en motores CA trifásicos estándar y en motores síncronos de magnetización permanente.

El convertidor de frecuencia FCD 302 está diseñado para instalaciones con varios convertidores de frecuencia pequeños, especialmente en las aplicaciones de cintas transportadoras de, por ejemplo, la industria de la alimentación y de bebidas, o el sector de manipulación de materiales. En instalaciones con varios motores en una fábrica, como las plantas de embotellado, preparación de alimentos o envasado, así como en las instalaciones de

manipulación de equipajes de los aeropuertos, puede haber docenas, quizás cientos de convertidores que trabajan conjuntamente pero distribuidos a lo largo de un gran espacio físico. En estos casos, los costes del cableado por sí solos superan el coste de los convertidores de frecuencia individuales, por lo que es conveniente acercar el control a los motores.

El convertidor de frecuencia puede controlar tanto la velocidad como el par en el eje del motor.

#### Control de velocidad

Hay dos tipos de control de velocidad:

- El control de lazo abierto de velocidad, que no requiere realimentación del motor (sin sensor).
- El control de PID de lazo cerrado de velocidad requiere una realimentación de velocidad hacia una entrada. Un control de lazo cerrado de velocidad es más preciso que un control de lazo abierto.

#### Control de par

La función de control de par se utiliza en aplicaciones en las que el par del eje de salida del motor controla la aplicación como control de tensión.

- El modo Flux de lazo cerrado con realimentación de encoder incluye un control del motor basado en señales de realimentación del sistema. Mejora el rendimiento en los cuatro cuadrantes y a todas las velocidades del motor.
- Modo lazo abierto en VVC<sup>plus</sup>. La función se utiliza en aplicaciones mecánicas robustas, pero la precisión es limitada. La función de par de lazo abierto funciona solo en una dirección de velocidad. El par se calcula sobre la base de la medición interna de intensidad del convertidor de frecuencia. Consulte el ejemplo de aplicación 4.5.1 *Estructura de control en controles vectoriales avanzados VVC<sup>plus</sup>*.

#### Referencia de velocidad / par

La referencia a estos controles puede ser una referencia única o la suma de varias, incluyendo referencias de escalado relativo. El manejo de referencias se explica con mayor detalle en 2.3 *Manejo de referencias*.

2

2.1.1 Principio de control

El convertidor de frecuencia es compatible con diversos principios de control de motor, tales como modo de motor especial U/f, VVC<sup>plus</sup> o control de motor del vector de flujo.

El convertidor de frecuencia puede utilizarse con motores síncronos de magnetización permanente (servomotores sin escobillas), así como motores de jaula de ardilla.

El comportamiento en cortocircuito depende de los 3 transductores de corriente de las fases del motor y de la protección de desaturación con realimentación desde el freno.

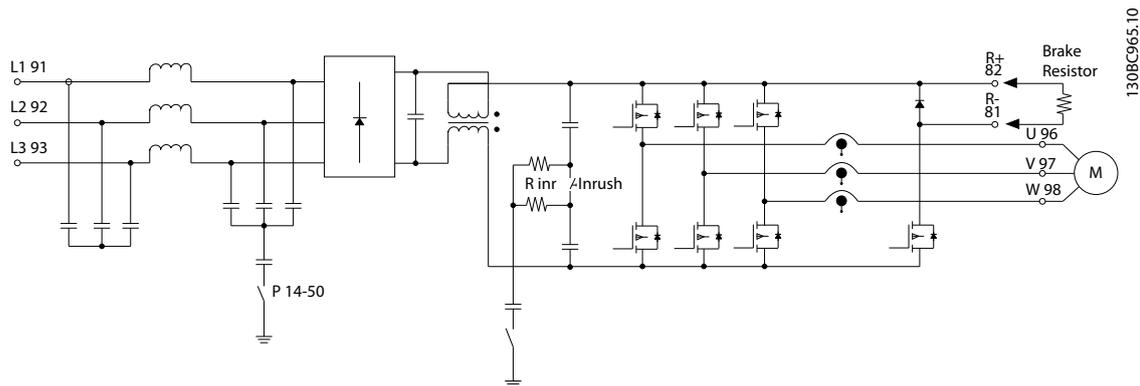


Ilustración 2.3 Principio de control

2.1.2 Control de corriente interna en modo VVC<sup>plus</sup>

El convertidor de frecuencia incorpora un control integral de límite de intensidad que se activa cuando la intensidad del motor y, en consecuencia, el par, es superior a los límites de par ajustados en 4-16 *Modo motor límite de par*, 4-17 *Modo generador límite de par* y 4-18 *Límite intensidad*. Cuando el convertidor de frecuencia esté en el límite de intensidad durante el funcionamiento del motor o el funcionamiento regenerativo, reducirá el par lo más rápidamente posible por debajo de los límites de par predeterminados sin perder el control del motor.

Smart Logic Control (SLC) es esencialmente una secuencia de acciones definidas por el usuario (consulte 13-52 *Acción Controlador SL [x]*) ejecutadas por el SLC cuando el evento asociado definido por el usuario (consulte 13-51 *Evento Controlador SL [x]*) es evaluado como «TRUE» («VERDADERO») por el SLC.

La condición de que un evento pueda estar en un estado determinado o de que la salida de una regla lógica o un operando comparador pase a ser VERDADERO. Esto da lugar a una acción asociada, como se indica en *Ilustración 2.4*

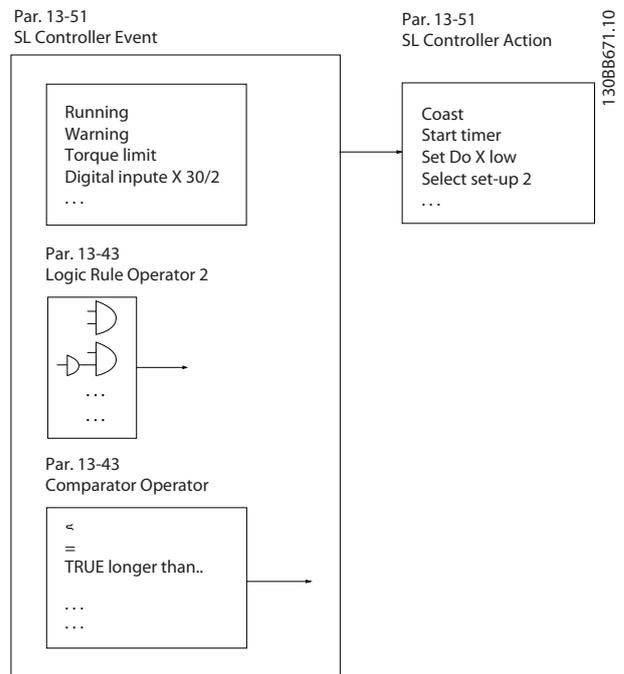


Ilustración 2.4 Estado del control de la intensidad / Evento y acción

Los *eventos* y las *acciones* están numerados y vinculados entre sí en parejas (estados). Esto significa que cuando se complete el [0] evento (cuando alcance el valor «TRUE» («VERDADERO»), se ejecutará la [0] acción. Después de esto, las condiciones del [1] evento serán evaluadas y si se evalúan como "TRUE" ("VERDADERO"), la [1] acción se ejecutará, y así sucesivamente. Se evaluará solamente un evento en cada momento. Si un evento se evalúa como «FALSE» («FALSO»), no sucede nada (en el SLC) durante el actual intervalo de exploración y no se evalúan otros eventos. Esto significa que cuando el SLC se inicia, evalúa el evento [0] (y solo el evento [0]) en cada intervalo de exploración. Solamente cuando el [0] evento es evaluado como «TRUE» («VERDADERO»), el SLC ejecuta la [0] acción y comienza a evaluar el evento. Se pueden programar entre 1 y 20 eventos y acciones [1].

Cuando se haya ejecutado el último evento / acción, la secuencia vuelve a comenzar desde el evento [0] / acción [0]. Ilustración 2.5 La imagen muestra un ejemplo con tres eventos / acciones.

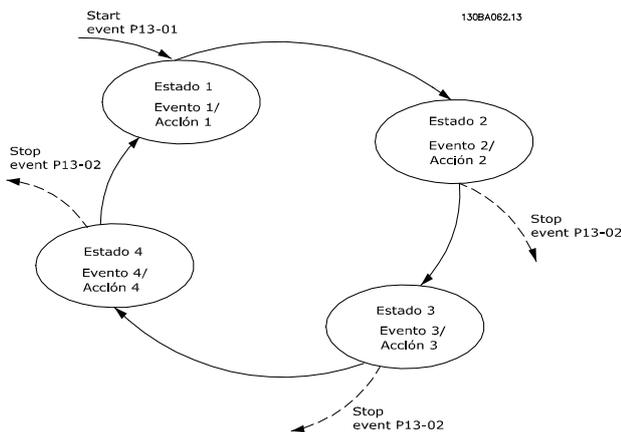


Ilustración 2.5 Ejemplo: controlador de intensidad interno

**Comparadores**

Los comparadores se usan para comparar variables continuas (es decir, frecuencia o intensidad de salida, entrada analógica, etc.) con valores fijos predeterminados.

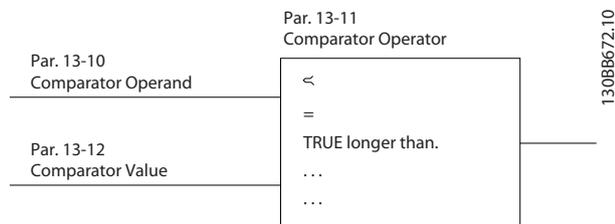


Ilustración 2.6 Comparadores

**Reglas lógicas**

Se pueden combinar hasta tres entradas booleanas (entradas VERDADERAS / FALSAS) de temporizadores, comparadores, entradas digitales, bits de estado y eventos utilizando los operadores lógicos Y, O y NO.

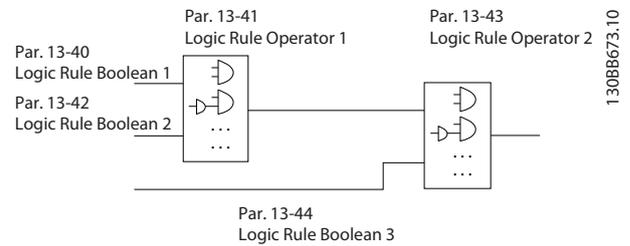


Ilustración 2.7 Reglas lógicas

2

Ejemplo de aplicación

FC		Parámetros	
		Función	Ajuste
+24 V	12	4-30 Función de pérdida de realim. del motor	[1] Advertencia
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19		
COM	20		
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50	4-31 Error de velocidad en realim. del motor	100 rpm
A IN	53	4-32 Tiempo lím. pérdida realim. del motor	5 s
A IN	54	7-00 Fuente de realim. PID de veloc.	[2] MCB 102
COM	55	17-11 Resolución (PPR)	1024*
A OUT	42	13-00 Modo Controlador SL	[1] Sí
COM	39	13-01 Evento arranque	[19] Advertencia
		13-02 Evento parada	[44] Botón Reset
		13-10 Operando comparador	[21] Número advert.
		13-11 Operador comparador	[1] ≈*
		13-12 Valor comparador	90
		13-51 Evento Controlador SL	[22] Comparador 0
		13-52 Acción Controlador SL	[32] Aj. sal. dig. A baja
		5-40 Relé de función	[80] Salida digital SL A
		*= Valor predeterminado	
		<b>Notas / comentarios:</b> si se supera el límite en el monitor de realimentación, se emite la advertencia 90. El SLC supervisa la advertencia 90 y, en caso de que esta se evalúe como VERDADERO, se activará el relé 1. A continuación, los equipos externos pueden indicar que es necesario realizar una reparación. Si el valor del error de realimentación vuelve a ser inferior al límite en un intervalo de 5 s, el convertidor de frecuencia continúa funcionando y la advertencia desaparece. Sin embargo, el relé 1 se mantiene activado hasta que se pulse [Reset] en el LCP.	

Tabla 2.1 Uso de SLC para configurar un relé

2.2 CEM

2.2.1 Aspectos generales de las emisiones CEM

Normalmente aparecen interferencias eléctricas a frecuencias en el intervalo de 150 kHz a 30 MHz. Las interferencias generadas por el convertidor de frecuencia y transmitidas por el aire, con frecuencias en el rango de 30 MHz a 1 GHz, tienen su origen en el inversor, el cable del motor y el motor.

Como se muestra en *Ilustración 2.8*, las intensidades capacitivas en el cable del motor, junto con una alta  $dU / dt$  de la tensión del motor, generan corrientes de fuga. La utilización de un cable de motor apantallado aumenta la corriente de fuga (consulte *Ilustración 2.8*) porque los cables apantallados tienen una mayor capacitancia a tierra que los cables no apantallados. Si la corriente de fuga no se filtra, provocará una mayor interferencia en la alimentación de red, en el intervalo de radiofrecuencia inferior a 5 MHz. Puesto que la corriente de fuga ( $I_1$ ) es reconducida a la unidad a través de la pantalla ( $I_3$ ), en principio solo habrá un pequeño campo electromagnético ( $I_4$ ) desde el cable de motor apantallado, tal como se indica en la ilustración siguiente.

El apantallamiento reduce la interferencia radiada, aunque incrementa la interferencia de baja frecuencia en la red eléctrica. Conecte el cable de motor al convertidor de frecuencia y protecciones del motor. Utilice abrazaderas de pantalla integradas para evitar extremos de pantalla retorcidas en espiral (cables de conexión flexibles). Los extremos de pantalla retorcidas en espiral aumentan la impedancia de la pantalla a las frecuencias superiores, lo que reduce el efecto de pantalla y aumenta la corriente de fuga ( $I_4$ ).

Cuando se emplea un cable apantallado para el bus de campo, el relé, el cable de control, la interfaz de señal o el freno, garantizan que el apantallamiento esté conectado al alojamiento en ambos extremos. En algunas situaciones, sin embargo, será necesario romper el apantallamiento para evitar bucles de intensidad.

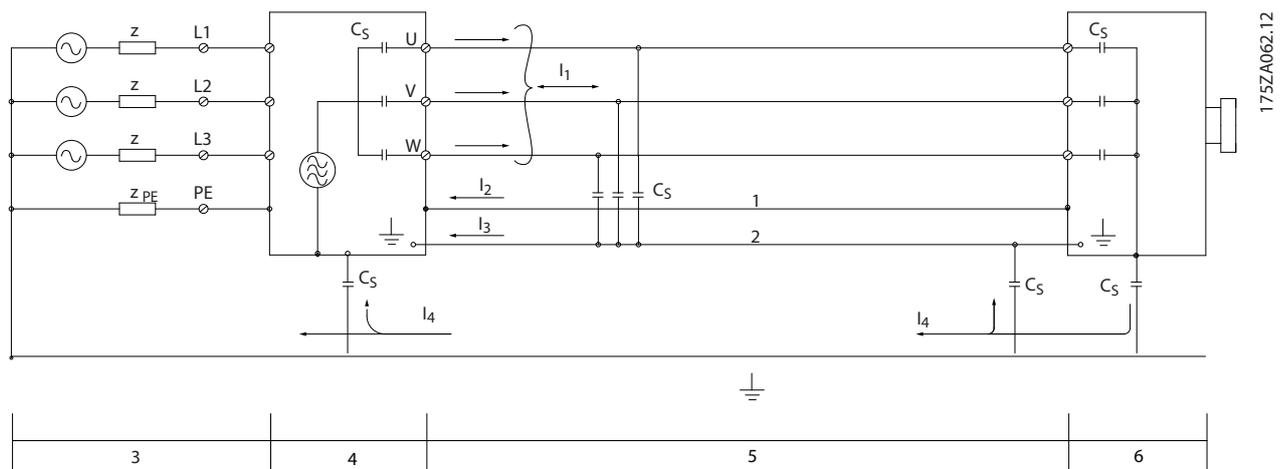


Ilustración 2.8 Ejemplo: corriente de fuga

Si se usan placas de montaje, estas deberán estar fabricadas en metal para garantizar que las intensidades del apantallamiento vuelven a la unidad. Asegúrese de que la placa de montaje y el chasis del convertidor de frecuencia hacen buen contacto eléctrico a través de los tornillos de montaje.

Al utilizar cables no apantallados no se cumplirán algunos requisitos sobre emisión. Pero sí se cumplirán los requisitos de inmunidad.

Para reducir el nivel de interferencia del sistema completo (convertidor de frecuencia + instalación), haga que los cables de motor y de freno sean lo más cortos posibles. Los cables con un nivel de señal sensible no deben colocarse junto a los cables de motor y de freno. La interferencia de frecuencias de radio superior a 50 MHz (transmitida por el aire) es generada especialmente por los elementos electrónicos de control.

### 2.2.2 Resultados de las pruebas de CEM

apantallado y un cuadro de control con potenciómetro, así como un motor y un cable de motor apantallado.

Los siguientes resultados de las pruebas se obtuvieron utilizando un sistema con un convertidor de frecuencia (con opciones, si era el caso), un cable de control

Tipo de filtro RFI	Estándares y requisitos	Emisión conducida			Emisión irradiada	
		Clase B	Clase A, grupo 1	Clase A, grupo 2	Clase B	Clase A, grupo 1
EN 55011	EN/CEI 61800-3	Entorno doméstico, establecimientos comerciales e industria ligera	Entorno industrial	Entorno industrial	Entorno doméstico, establecimientos comerciales e industria ligera	Entorno industrial
		Categoría C1	Categoría C2	Categoría C3	Categoría C1	Categoría C2
		Primer ambiente (doméstico y oficina)	Primer ambiente (doméstico y oficina)	Segundo ambiente (entorno industrial)	Primer ambiente (doméstico y oficina)	Primer ambiente (doméstico y oficina)
<b>H1</b>						
FCD302	0,37-3 kW	No	10 m	10 m	No	Sí

Tabla 2.2 Resultados de las pruebas de CEM (emisión, inmunidad)

### 2.2.3 Requisitos en materia de emisiones

De acuerdo con la norma de productos CEM para convertidores de frecuencia de velocidad ajustable EN/CEI 61800-3:2004, los requisitos CEM dependen del uso previsto del convertidor de frecuencia. Hay cuatro categorías definidas en la norma de productos CEM. Las definiciones de las cuatro categorías, junto con los requerimientos en materia de emisiones de la alimentación de red, se proporcionan en *Tabla 2.3*.

Categoría	Definición	Requisito en materia de emisiones realizado conforme a los límites indicados en la EN55011.
C1	Convertidores de frecuencia instalados en el primer ambiente (hogar y oficina) con una tensión de alimentación inferior a 1000 V.	Clase B
C2	Convertidores de frecuencia instalados en el primer ambiente (hogar y oficina), con una tensión de alimentación inferior a 1000 V, que no son ni enchufables ni desplazables y están previstos para su instalación y puesta a punto por profesionales.	Clase A, grupo 1
C3	Convertidores de frecuencia instalados en el segundo ambiente (industrial) con una tensión de alimentación inferior a 1000 V.	Clase A, grupo 2
C4	Convertidores de frecuencia instalados en el segundo ambiente con una tensión de alimentación igual o superior a 1000 V y una intensidad nominal igual o superior a 400 A o prevista para el uso en sistemas complejos.	Sin límite Debe elaborarse un plan CEM.

**Tabla 2.3 Requisitos en materia de emisiones**

Cuando se utilizan normas de emisiones generales, los convertidores de frecuencia deben cumplir los límites de la *Tabla 2.4*

Ambiente	Estándar general	Requisito en materia de emisiones realizado conforme a los límites indicados en la EN55011.
Primer ambiente (hogar y oficina)	Norma de emisiones para entornos residenciales, comerciales e industria ligera EN/CEI 61000-6-3.	Clase B
Segundo ambiente (entorno industrial)	Norma de emisiones para entornos industriales EN/CEI 61000-6-4.	Clase A, grupo 1

**Tabla 2.4 Clases de límite de emisión**

### 2.2.4 Requisitos de inmunidad

Los requisitos de inmunidad para convertidores de frecuencia dependen del entorno en el que estén instalados. Los requisitos para el entorno industrial son más exigentes que los del entorno doméstico y de oficina. Todos los convertidores de frecuencia Danfoss cumplen con los requisitos para el entorno industrial y, por lo tanto, cumplen también con los requisitos mínimos del entorno doméstico y de oficina con un amplio margen de seguridad.

Para documentar la inmunidad a interferencias eléctricas provocadas por fenómenos eléctricos, se han realizado las siguientes pruebas de inmunidad con un sistema formado por un convertidor de frecuencia (con opciones, en su caso), un cable de control apantallado y un panel de control, con potenciómetro, cable de motor y motor. Las pruebas se realizaron de acuerdo con las siguientes normas básicas:

- **EN 61000-4-2 (CEI 61000-4-2):** Descargas electrostáticas (ESD): Simulación de descargas electrostáticas de seres humanos.
- **EN 61000-4-3 (CEI 61000-4-3):** Radiación del campo electromagnético entrante, simulación modulada en amplitud de los efectos de equipos de radar y de comunicación por radio, así como las comunicaciones móviles.
- **EN 61000-4-4 (CEI 61000-4-4):** Transitorios de conexión / desconexión: Simulación de la interferencia introducida por el acoplamiento de un contactor, relés o dispositivos similares.
- **EN 61000-4-5 (CEI 61000-4-5):** Transitorios de sobretensión: Simulación de transitorios introducidos, por ejemplo, al caer rayos cerca de las instalaciones.
- **EN 61000-4-6 (CEI 61000-4-6):** RF modo común: Simulación del efecto del equipo transmisor de radio conectado a cables de conexión.

Consulte *Tabla 2.5*.

Rango de tensión 200-240 V, 380-480 V					
Norma básica	Ráfaga CEI 61000-4-4	Sobretensión CEI 61000-4-5	ESD CEI 61000-4-2	Campo electromagnético radiado CEI 61000-4-3	Tensión de RF modo común CEI 61000-4-6
Criterios de aceptación	B	B	B	A	A
Línea	4 kV CM	2 kV/2 Ω DM 4 kV/12 Ω CM	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Motor	4 kV CM	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Freno	4 kV CM	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Carga compartida	4 kV CM	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Cables de control	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Bus estándar	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Cables de relé	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Opciones de bus de campo y de aplicación	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Cable del LCP	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
24 V CC externa	2 V CM	0,5 kV/2 Ω DM 1 kV/12 Ω CM	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Protección	—	—	8 kV AD 6 kV CC	10 V/m	—

**Tabla 2.5 Inmunidad CEM**

1) Inyección en la protección del cable

AD: Descarga por el aire

CD: Descarga de contacto

CM: Modo común

DM: Modo diferencial

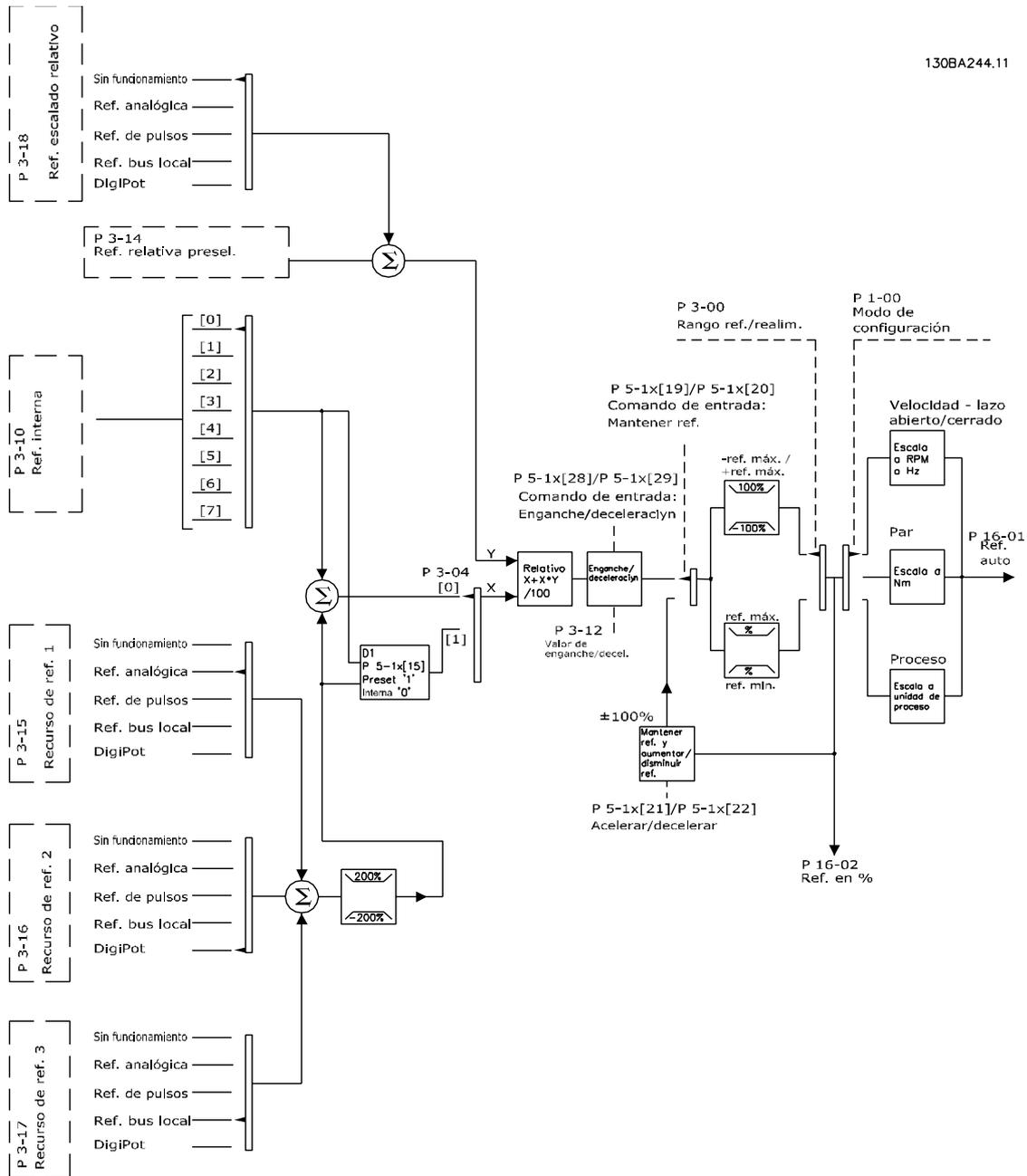
### 2.3 Manejo de referencias

#### Referencia local

La referencia local está activa cuando el convertidor de frecuencia se acciona con el botón [Hand On] activo. Ajuste la referencia hacia [▲]/[▼] y [◀]/[▶] con las flechas respectivamente.

#### Referencia remota

El sistema de manejo de referencias para el cálculo de la referencia remota se muestra en la *Ilustración 2.9*.



130BA244.11

Ilustración 2.9 Referencia remota

La referencia remota se calcula una vez en cada intervalo de exploración y consta, inicialmente, de dos tipos de entradas de referencia:

1. X (la referencia externa): una suma (consulte 3-04 *Función de referencia*) de hasta cuatro referencias seleccionadas de forma externa, que comprenden cualquier combinación (determinada por el ajuste de 3-15 *Recurso de referencia 1*, 3-16 *Recurso de referencia 2* y 3-17 *Recurso de referencia 3*) de una referencia interna fija (3-10 *Referencia interna*), referencias analógicas variables, referencias digitales variables de pulsos y varias referencias de bus serie, sea cual sea la unidad en que se controla el convertidor de frecuencia ([Hz], [RPM], [Nm], etc.).
2. Y- (la referencia relativa): una suma de una referencia interna fija (3-14 *Referencia interna relativa*) y una referencia analógica variable (3-18 *Recurso refer. escalado relativo*) en [%].

Los dos tipos de entradas de referencia se combinan en la siguiente fórmula: Referencia remota =  $X + X * Y / 100\%$ . Si no se utiliza la referencia relativa, el 3-18 *Recurso refer. escalado relativo* debe ajustarse como *Sin función* y el al 0%. Las funciones *enganche arriba / abajo* y *mantener referencia* pueden activarse mediante entradas digitales en el convertidor de frecuencia. Las funciones y parámetros se describen en la Guía de programación.

El escalado de las referencias analógicas se describe en los grupos de parámetros 6-1\* y 6-2\*, mientras que el escalado de referencias de pulsos digitales se describe en el grupo de parámetros 5-5\*.

Los límites e intervalos de referencias se ajustan en el grupo de parámetros 3-0\*.

### 2.3.1 Límites referencia

3-00 *Rango de referencia*, 3-02 *Referencia mínima* y 3-03 *Referencia máxima* definen conjuntamente el rango permitido para la suma de todas las referencias. Cuando es necesario, la suma de todas las referencias se bloquea. La relación entre la referencia resultante (tras bloquear) se muestra en *Ilustración 2.10 / Ilustración 2.11* y la suma de todas las referencias se indica en *Ilustración 2.12*.

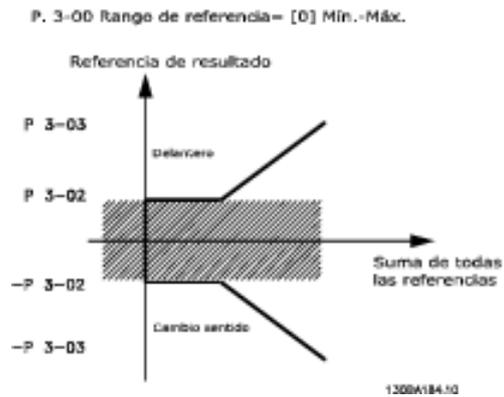


Ilustración 2.10 Intervalo de referencia = [0] Mín - Máx.

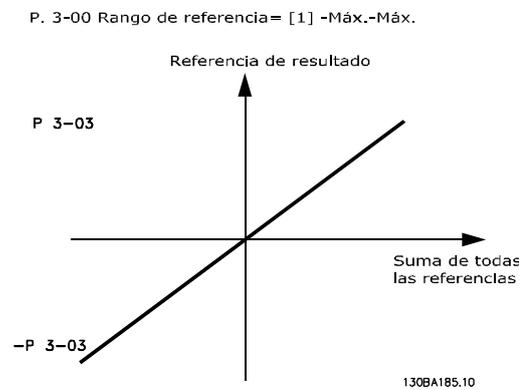


Ilustración 2.11 Intervalo de referencia = [1] -Máx - Máx.

El valor de 3-02 *Referencia mínima* no puede ajustarse por debajo de 0, 1-00 *Modo Configuración* a menos que esté ajustado a [3] *Proceso*. En ese caso, las relaciones siguientes entre la referencia resultante (tras bloquear) y la suma de todas las referencias son las indicadas en la *Ilustración 2.12*.

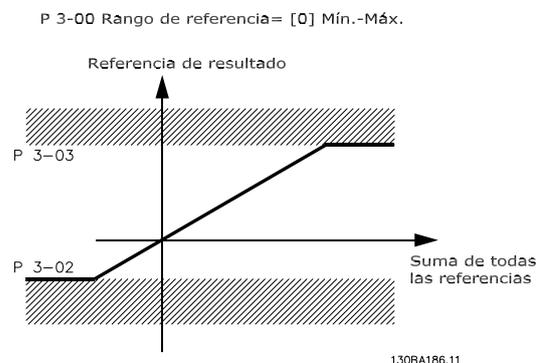


Ilustración 2.12 Suma de todas las referencias

2

### 2.3.2 Escalado de referencias preestablecidas y referencias de bus

Las referencias preestablecidas se escalan según estas reglas:

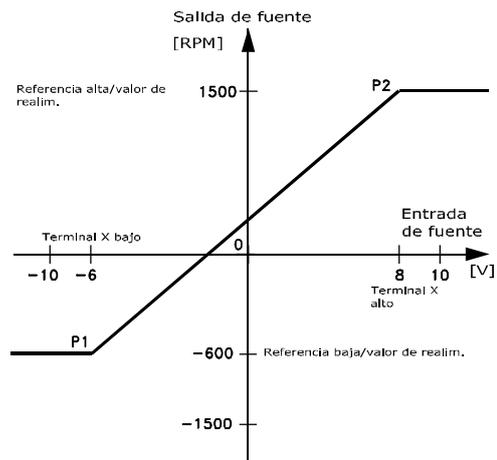
- Cuando 3-00 Rango de referencia: [0] Min - Máx, el 0% de la referencia es igual a 0 [unidad], donde la unidad puede ser cualquiera, por ejemplo rpm, m/s, bar, etc., el 100 % de la referencia es igual al máx (abs (3-03 Referencia máxima), abs (3-02 Referencia mínima)).
- Cuando 3-00 Rango de referencia: [1] -Máx - +Máx, el 0% de la referencia es igual a 0 [unidad], el -100% de la referencia es igual a -Máx, y el 100% de la referencia es igual a la referencia máxima.

Las referencias de bus se escalan según estas reglas:

- Cuando 3-00 Rango de referencia: [0] Min - Máx. Para obtener la resolución máxima en la referencia del bus, el escalado del bus es: la referencia 0 % es igual a la referencia mínima y la referencia 100% es igual a la referencia máxima.
- Cuando 3-00 Rango de referencia: [1] -Máx - +Máx, la referencia -100% es igual a la referencia -Máx, y la referencia 100% es igual a la referencia máxima.

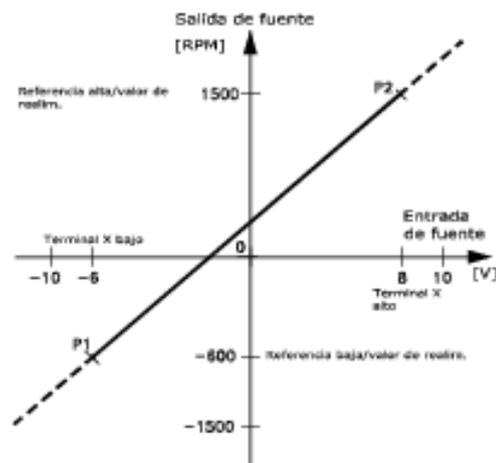
### 2.3.3 Escalado de referencias de pulsos y analógicas y realimentación

Las referencias y la realimentación se escalan de la misma manera a partir de entradas analógicas y por pulsos. La única diferencia es que una referencia superior o inferior a los «puntos finales» mínimo y máximo especificados (P1 y P2 en Ilustración 2.13) se bloquea, mientras que una realimentación superior o inferior a dichos puntos no se bloquea.



1308A181.10

Ilustración 2.13 Escalado de referencias de pulsos y analógicas y realimentación



1308A182.10

Ilustración 2.14 Escalado de la salida de referencia

Los puntos finales P1 y P2 se definen mediante los parámetros siguientes en función de qué entrada analógica o de pulsos se utilice.

	Analógica 53 S201=NO	Analógica 53 S201=SÍ	Analógica 54 S202=NO	Analógica 54 S202=SÍ	Entrada de pulsos 29	Entrada de pulsos 33
P1 = (mínimo valor de entrada, mínimo valor de referencia)						
Mínimo valor de referencia	6-14 Term. 53 valor bajo ref./realim	6-14 Term. 53 valor bajo ref./realim	6-24 Term. 54 valor bajo ref./realim	6-24 Term. 54 valor bajo ref./realim	5-52 Term. 29 valor bajo ref./realim	5-57 Term. 33 valor bajo ref./realim
Mínimo valor de entrada	6-10 Terminal 53 escala baja V [V]	6-12 Terminal 53 escala baja mA [mA]	6-20 Terminal 54 escala baja V [V]	6-22 Terminal 54 escala baja mA [mA]	5-50 Term. 29 baja frecuencia [Hz]	5-55 Term. 33 baja frecuencia [Hz]
P2 = (Máximo valor de entrada, máximo valor de referencia)						
Máximo valor de referencia	6-15 Term. 53 valor alto ref./realim	6-15 Term. 53 valor alto ref./realim	6-25 Term. 54 valor alto ref./realim	6-25 Term. 54 valor alto ref./realim	5-53 Term. 29 valor alto ref./realim	5-58 Term. 33 valor alto ref./realim
Máximo valor de entrada	6-11 Terminal 53 escala alta V [V]	6-13 Terminal 53 escala alta mA [mA]	6-21 Terminal 54 escala alta V [V]	6-23 Terminal 54 escala alta mA [mA]	5-51 Term. 29 alta frecuencia [Hz]	5-56 Term. 33 alta frecuencia [Hz]

Tabla 2.6 Valores finales de referencia y entrada

### 2.3.4 Banda muerta alrededor de cero

En algunos casos la referencia (y también la realimentación, en raras ocasiones) tiene que tener una banda muerta alrededor de cero (esto es, para asegurarse de que la máquina se detiene cuando la referencia es «casi cero»).

Para activar la banda muerta y ajustar su valor, deben realizarse los ajustes siguientes:

- El valor de referencia mínimo (consulte la *Tabla 2.6* para saber el parámetro apropiado) o bien el valor de referencia máximo debe ser igual a cero. En otras palabras; o bien P1 o bien P2 deben estar en el eje X en la gráfica que aparece más abajo.
- Los dos puntos que definen la gráfica de escalado están en el mismo cuadrante.

El tamaño de la banda muerta se define mediante P1 o P2, tal como se indica en *Ilustración 2.15*.

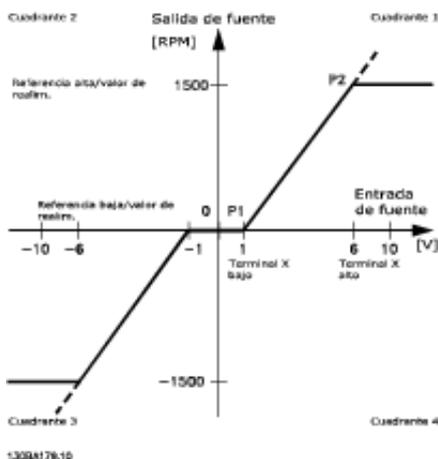


Ilustración 2.15 Banda muerta

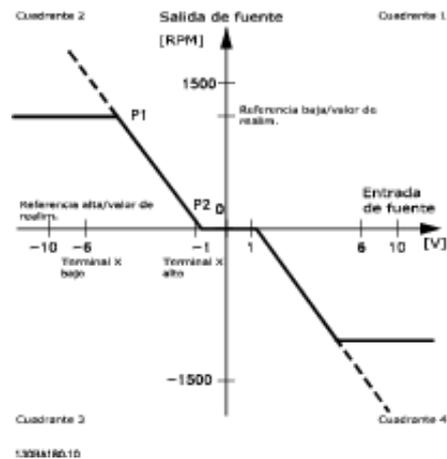


Ilustración 2.16 Banda muerta inversa

De esta forma, un punto final de referencia de P1 = (0 V, 0 RPM) no producirá ninguna banda muerta, pero un punto final de referencia de, por ejemplo, P1 = (1 V, 0 RPM), producirá una banda muerta de -1 V a +1 V en este caso, siempre que se ponga el punto final P2 o en el Cuadrante 1 o en el Cuadrante 4.

**Caso 1: referencia positiva con banda muerta, entrada digital para disparar inversión**

Este caso muestra cómo se bloquea la entrada de referencia con límites en el rango Mín - Máx.

2

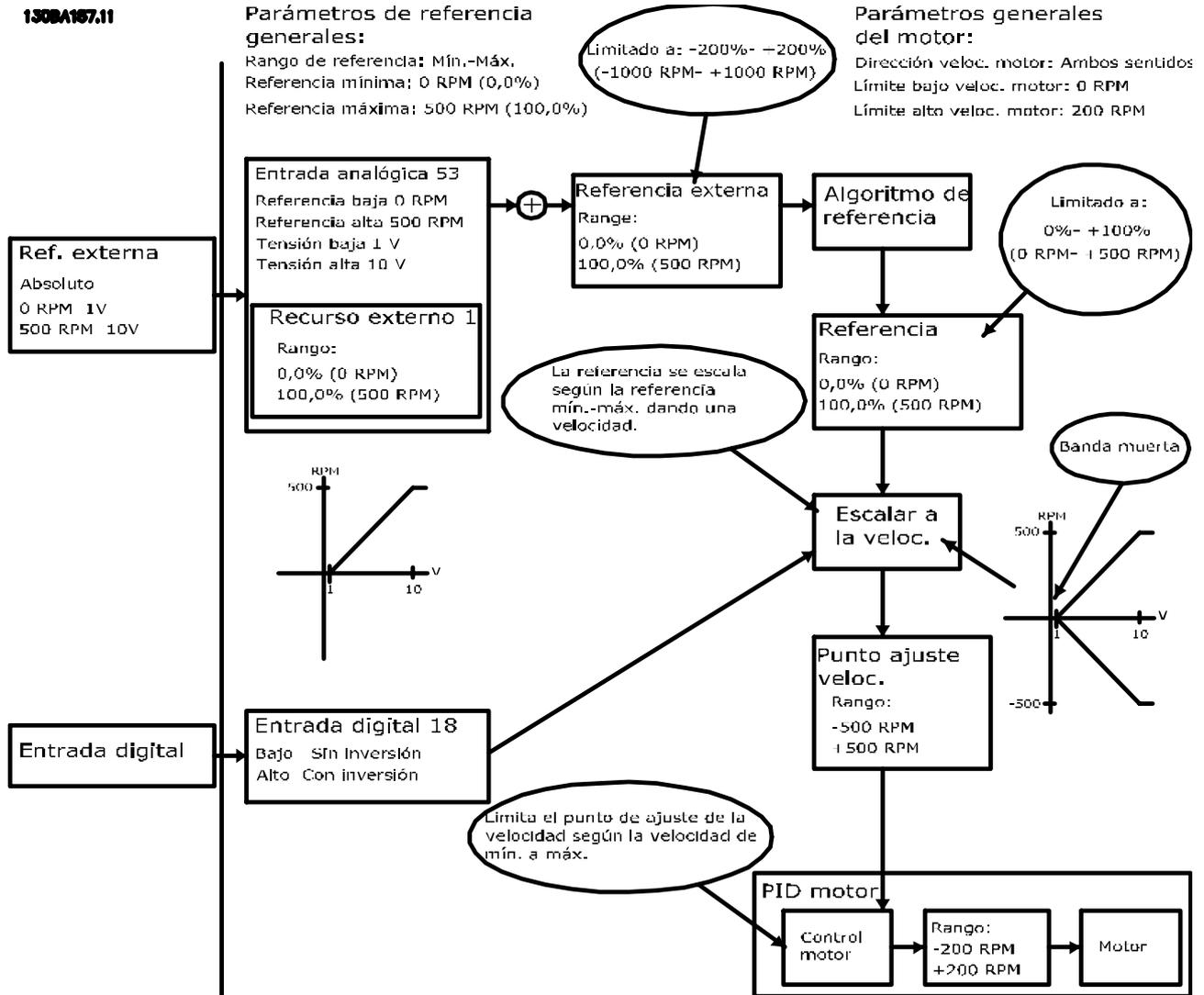


Ilustración 2.17 Ejemplo 1: referencia positiva

**Caso 2: referencia positiva con banda muerta, entrada digital para disparar inversión. Reglas de bloqueo.**

Este caso muestra cómo se bloquea la entrada de referencia con límites fuera del rango -Máx - +Máx en los límites inferior y superior de las entradas antes de añadirse a la referencia externa. Asimismo, muestra cómo se bloquea la referencia externa a -Máx - +Máx mediante el algoritmo de referencia.

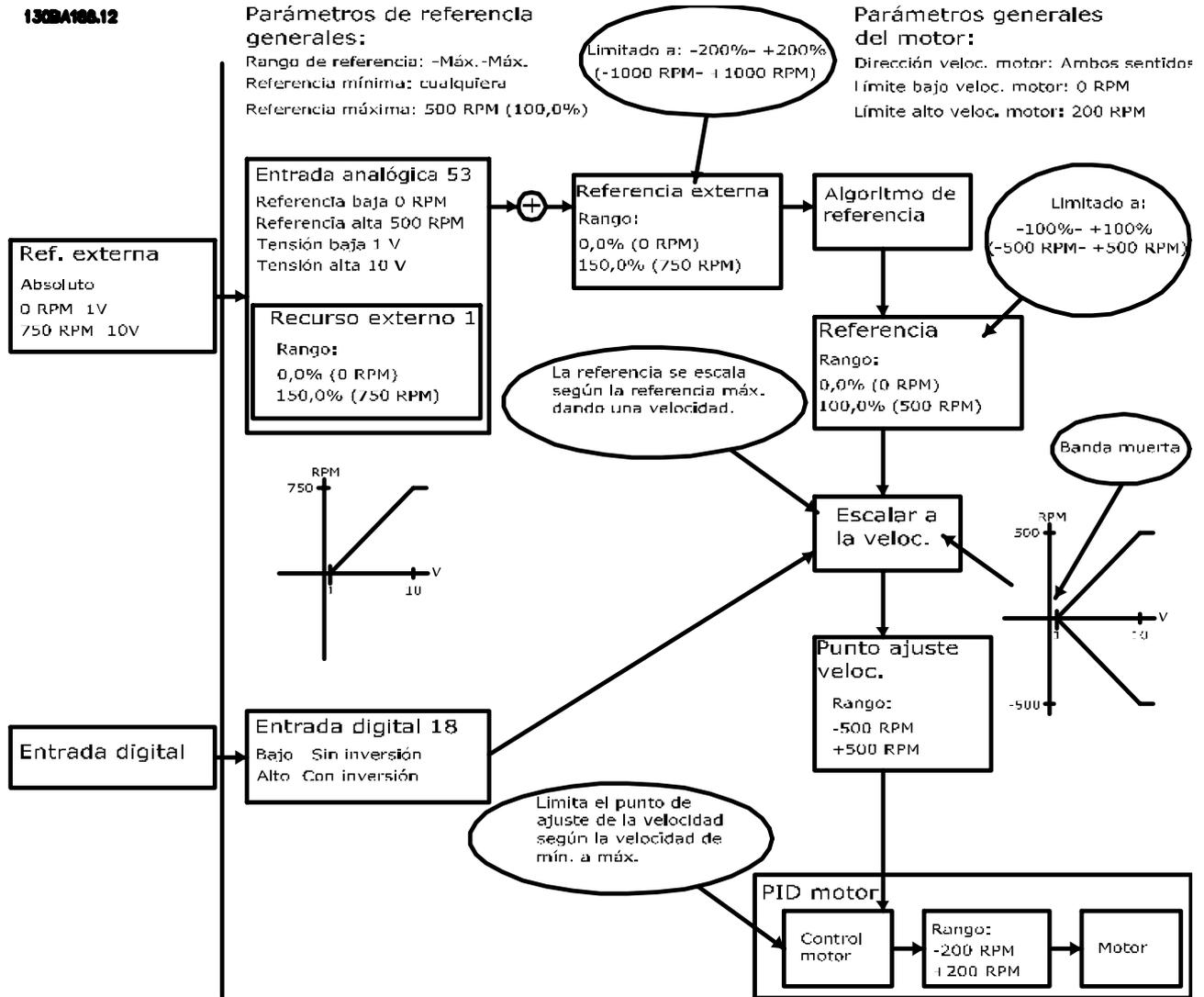


Ilustración 2.18 Ejemplo 2: referencia positiva

Caso 3: referencia de negativa a positiva con banda muerta, dirección determinada por el signo, -Máx - +Máx

2

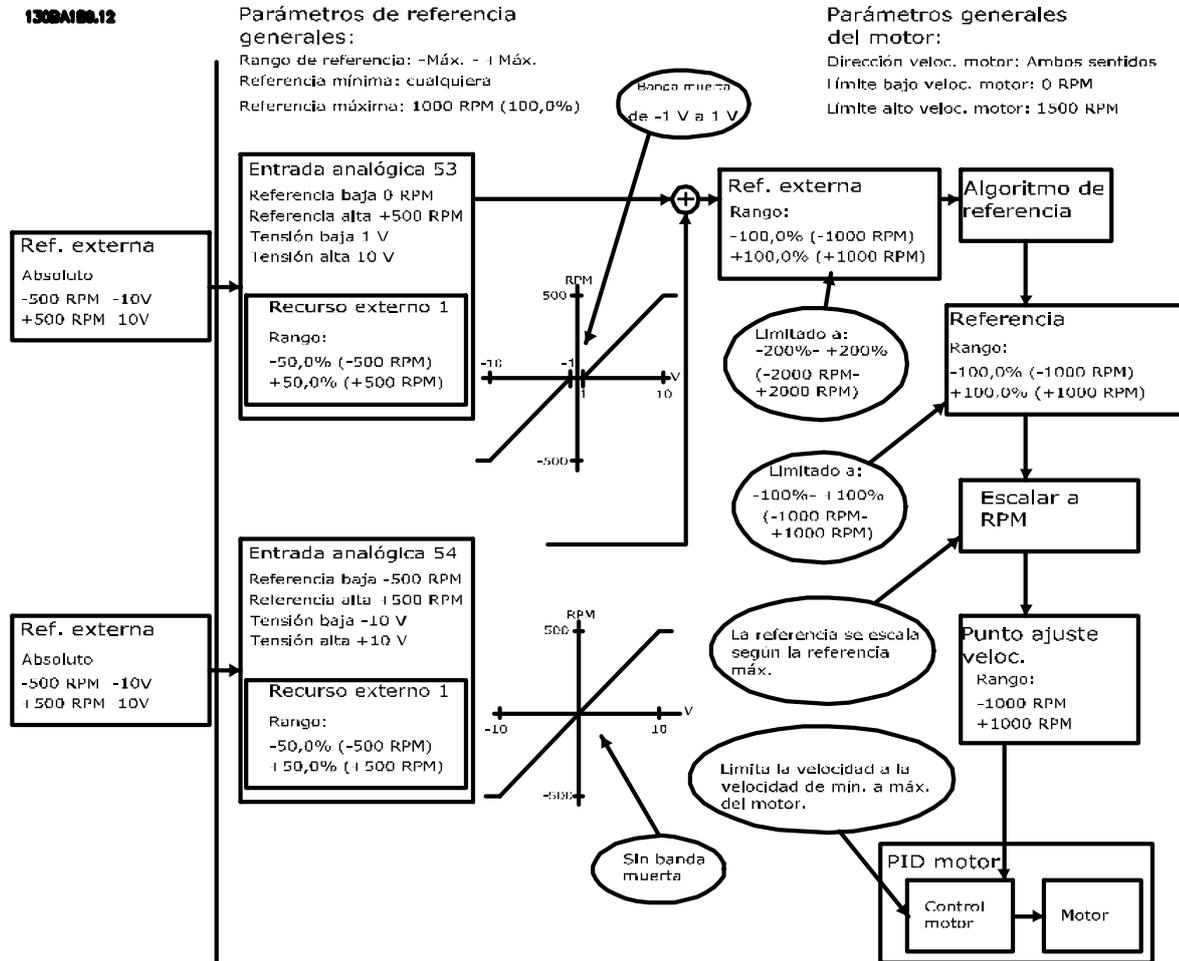


Ilustración 2.19 Ejemplo 3: referencia positiva a negativa

### 2.4.1 Corriente de fuga a tierra

Siga las normas locales y nacionales sobre la toma de tierra de protección del equipo con una corriente de fuga > 3,5 mA.

La tecnología del convertidor de frecuencia implica una conmutación de alta frecuencia con alta potencia. De este modo, se genera una corriente de fuga en la toma de tierra. Es posible que una intensidad a tierra en los terminales de potencia de salida del convertidor de frecuencia contenga un componente de CC que podría cargar los condensadores de filtro y provocar una intensidad a tierra transitoria.

La corriente de fuga a tierra está compuesta por varias contribuciones y depende de las diversas configuraciones del sistema, incluido el filtro RFI, los cables del motor apantallados y la potencia del convertidor de frecuencia.

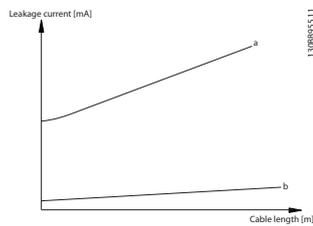


Ilustración 2.20 Influencia de la longitud del cable y la magnitud de la potencia en la corriente de fuga para Pa>Pb.

La corriente de fuga también depende de la distorsión de la línea.

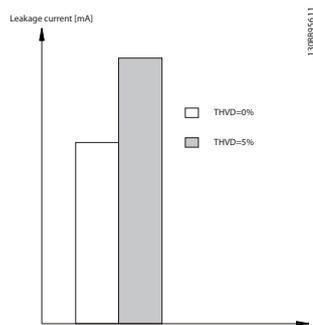


Ilustración 2.21 Influencia de la distorsión de la línea en la corriente de fuga

### ¡NOTA!

Si se utiliza un filtro, desconecte **14-50 Filtro RFI** durante la carga del filtro para evitar que una corriente de fuga alta conecte el RCD.

La norma EN / CEI 61800-5-1 (estándar de producto de Power Drive Systems) requiere una atención especial si la corriente de fuga supera los 3,5 mA. La toma de tierra debe reforzarse de una de las siguientes maneras:

- Cable de toma de tierra (terminal 95) de 10 mm<sup>2</sup>
- Dos cables de toma de tierra separados conformes con las normas de dimensionamiento

Consulte las normas EN / CEI 61800-5-1 y EN 50178 para obtener más información.

#### Uso de RCD

En caso de que se usen dispositivos de corriente residual (RCD), llamados también disyuntores de fuga a tierra (ELCB), habrá que cumplir las siguientes indicaciones:

- Solo deben utilizarse RCD de tipo B capaces de detectar intensidades de CA y CC.
- Deben utilizarse RCD con un retardo de entrada para evitar fallos provocados por las intensidades a tierra de transitorios.
- La dimensión de los RCD debe ser conforme a la configuración del sistema y las consideraciones medioambientales.

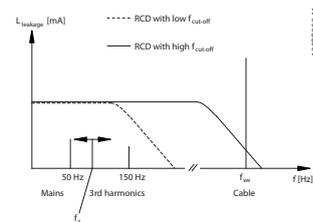


Ilustración 2.22 Contribuciones principales a la corriente de fuga

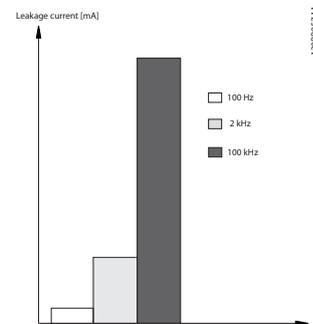


Ilustración 2.23 Influencia de la frecuencia de corte del RCD

Consulte también la *Nota sobre la aplicación RCD, MN90G*.

## 2.5 Aislamiento galvánico (PELV)

### 2.5.1 PELV: tensión protectora extrabajaja

PELV ofrece protección mediante una tensión muy baja. Se considera garantizada la protección contra descargas eléctricas cuando la fuente de alimentación eléctrica es de tipo PELV y la instalación se realiza de acuerdo con las reglamentaciones locales o nacionales sobre equipos PELV.

Todos los terminales de control y de relé 01-03/04-06 cumplen con la tensión protectora extra baja (PELV), salvo la conexión a tierra en triángulo por encima de 400 V.

El aislamiento galvánico (garantizado) se consigue cumpliendo los requisitos relativos a un mayor aislamiento y proporcionando las distancias necesarias en los circuitos. Estos requisitos se describen en la norma EN 61800-5-1.

Los componentes que forman el aislamiento eléctrico, según se explica a continuación, también cumplen todos los requisitos relativos al aislamiento y a la prueba correspondiente descrita en EN 61800-5-1.

El aislamiento galvánico PELV puede mostrarse en seis ubicaciones (véase *Ilustración 2.24*):

Para mantener el estado PELV, todas las conexiones realizadas con los terminales de control deben ser PELV, por ejemplo, el termistor debe disponer de un aislamiento reforzado/doble.

1. Fuente de alimentación (SMPS), incl. aislamiento de señal de  $U_{CC}$ , indicando la tensión del circuito del enlace de CC intermedio.
2. Circuito para disparo de los IGBT (transformadores de disparo/optoacopladores).
3. Transductores de corriente.
4. Optoacoplador, módulo de freno.
5. Circuitos de flujo de corriente interna, RFI y medición de temperatura.
6. Relés configurables.
7. Freno mecánico.

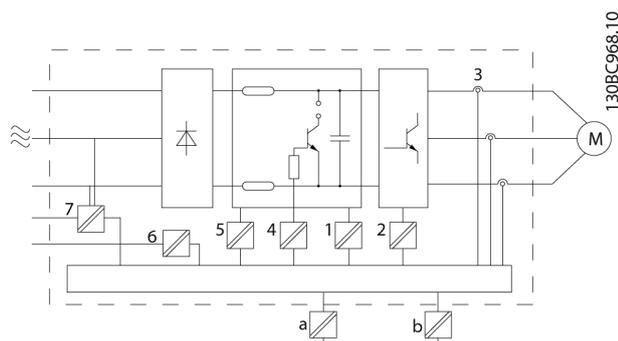


Ilustración 2.24 Aislamiento galvánico

El aislamiento galvánico funcional (a y b en el dibujo) funciona como opción auxiliar de 24 V y para la interfaz del bus estándar RS-485.

### ⚠ ADVERTENCIA

Instalación en altitudes elevadas:

380-500 V: En altitudes superiores a 2 km, póngase en contacto con Danfoss en relación con PELV.

380-500 V: En altitudes superiores a 3 km, póngase en contacto con Danfoss en relación con PELV.

### ⚠ ADVERTENCIA

El contacto con los componentes eléctricos podría llegar a provocar la muerte, incluso una vez desconectado el equipo de la red de alimentación.

Además, asegúrese de que se han desconectado las demás entradas de tensión, como la carga compartida (enlace del circuito intermedio de CC), así como la conexión del motor para energía regenerativa.

Antes de tocar cualquier componente eléctrico, espere al menos el tiempo indicado en *Introducción, en FCD 302, Manual de funcionamiento, MG04F*.

Solo se permite un intervalo de tiempo inferior si así se indica en la placa de características de un equipo específico.

## 2.6 Freno mecánico

### 2.6.1 Freno mecánico para elevador

Para ver un ejemplo de control de freno mecánico avanzado para aplicaciones de elevación, consulte *4 Ejemplos de aplicaciones*.

### 2.6.2 Cableado de la resistencia de freno

CEM (cables trenzados/apantallamiento)

Para reducir el ruido eléctrico de los cables entre la resistencia de freno y el convertidor de frecuencia, los cables deben ser trenzados.

Para mejorar el rendimiento de CEM se puede utilizar una pantalla metálica.

## 2.7 Funciones de freno

La función de freno se aplica para frenar la carga en el eje del motor, ya sea mediante el frenado dinámico o estático.

### 2.7.1 Freno de retención mecánico

Un freno de retención mecánico montado directamente en el eje del motor realiza generalmente un frenado estático. En algunas aplicaciones, el par de retención estática funciona como retención estática del eje del motor (generalmente en motores síncronos de imán permanente). Un freno de retención está controlado por un PLC o directamente a través de una salida digital desde el convertidor de frecuencia (relé o estado sólido).

#### ¡NOTA!

Cuando el freno de retención está incluido en una cadena de seguridad:  
**Un convertidor de freno no puede controlar con seguridad un freno mecánico. Un sistema de circuitos redundante para el control de frenos debe incluirse en la instalación general.**

### 2.7.2 Frenado dinámico

Función de freno dinámico

- Resistencia de freno: una puerta lógica IGBT del freno mantiene una sobretensión bajo un umbral determinado dirigiendo la energía del freno desde el motor a la resistencia de freno conectado (2-10 Función de freno = [1]).
- Freno de CA: el frenado de CA consume la energía sobrante por la creación de pérdida de energía en el motor. La función de freno de CA no puede utilizarse en aplicaciones con alta frecuencia de encendido y apagado, ya que esto sobrecalentaría el motor (par. 2-10 Función de freno = [2]).
- Freno de CC: una intensidad de CC sobremodulada añadida a la intensidad de corriente CA funciona como un freno de corriente parásita (≠ 0 s).

### 2.7.3 Selección de resistencia de freno

Para gestionar mayores demandas debidas a un frenado generador, es necesaria una resistencia de freno. El uso de una resistencia de freno garantiza que la energía es

absorbida por ésta y no por el convertidor de frecuencia. Para más información, consulte la Guía de Diseño de la resistencia de freno, MG900.

Si no se conoce la cantidad de energía cinética transferida a la resistencia en cada periodo de frenado, la potencia media puede ser calculada a partir del tiempo de ciclo y del tiempo de frenado, también llamado ciclo de trabajo intermitente. El ciclo de trabajo intermitente de la resistencia es un indicador del ciclo de trabajo con el que funciona la misma. Ilustración 2.25 muestra un ciclo de frenado típico.

#### ¡NOTA!

Los proveedores de motores utilizan a menudo S5 al declarar la carga admisible que es una expresión del ciclo de trabajo intermitente.

El ciclo de trabajo intermitente de la resistencia se calcula como se indica a continuación:

$$\text{Ciclo de trabajo} = t_b/T$$

T = tiempo del ciclo en s

t<sub>b</sub> es el tiempo de frenado en segundos (del tiempo de ciclo total)

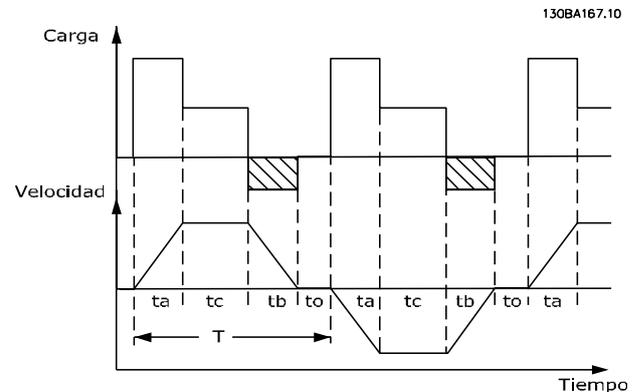


Ilustración 2.25 Tiempo del ciclo de frenado dinámico

	Tiempo de ciclo [s]	Ciclo de trabajo de frenado al 100% del par	Ciclo de trabajo de frenado a par de sobrecarga (150/160%)
<b>3x380-480 V</b>			
PK37-P75K	120	Continua	40%
P90K-P160	600	Continua	10%
P200-P800	600	40%	10%

Tabla 2.7 Frenado en nivel alto de par de sobrecarga

Resistencias de freno con ciclo de trabajo del 5, del 10 y del 40%. Si se aplica un ciclo de trabajo del 10%, las resistencias de freno son capaces de absorber potencia de frenado durante un 10% del tiempo de ciclo. El restante 90% del tiempo del ciclo se utilizará en disipar el exceso de calor.

**¡NOTA!**

**Asegúrese de que la resistencia está diseñada para manejar el tiempo de frenado requerido.**

La carga máxima admisible en la resistencia de freno se establece como un pico de potencia en un determinado ciclo de trabajo intermitente, y puede calcularse como:

$$R_{br}[\Omega] = \frac{U_{dc}^2}{P_{pico}}$$

donde

$$P_{pico} = P_{motor} \times M_{br} [\%] \times \eta_{motor} \times \eta_{VLT} [W]$$

La resistencia de freno depende de la tensión del circuito intermedio ( $U_{dc}$ ).

La función de freno se apoya en cuatro áreas de la red.

Tamaño	Frenado activo	Advertencia antes de corte	Corte (desconexión)
FCD 302 3x380-480 V	778 V	810 V	820 V

Tabla 2.8 Valores límite de frenado

**¡NOTA!**

**Compruebe que la resistencia de freno pueda admitir una tensión de 410 V, 820 V, 850 V, 975 V o 1130 V, a menos que utilice resistencias de freno.**

Danfoss recomienda la resistencia de freno  $R_{rec}$ , es decir, una que pueda garantizar que el convertidor de frecuencia sea capaz de frenar con el par máximo de frenado ( $M_{br}(\%)$ ) del 160%. La fórmula puede expresarse como:

$$R_{rec} [\Omega] = \frac{U_{dc}^2 \times 100}{P_{motor} \times M_{br} (\%) \times \eta_{VLT} \times \eta_{motor}}$$

$\eta_{motor}$  se encuentra normalmente a 0,90

$\eta_{VLT}$  se encuentra normalmente a 0,98

Para los convertidores de frecuencia de 200 V y 480 V, la  $R_{rec}$  al 160% del par de freno se escribe como:

$$200V : R_{rec} = \frac{107780}{P_{motor}} [\Omega]$$

$$480V : R_{rec} = \frac{375300}{P_{motor}} [\Omega] \text{ 1)}$$

$$480V : R_{rec} = \frac{428914}{P_{motor}} [\Omega] \text{ 2)}$$

1) Para convertidores de frecuencia con salida en el eje  $\leq 7,5$  kW

2) Para convertidores de frecuencia con salida en el eje de 11 a 75 kW

**¡NOTA!**

La resistencia seleccionada del circuito de freno no debería ser superior a la recomendada por Danfoss. Si se selecciona una resistencia de freno con un valor en ohmios más alto, tal vez no se consiga el par de frenado del 160% porque existe el riesgo de que el convertidor de frecuencia se desconecte por motivos de seguridad.

**¡NOTA!**

Si se produce un cortocircuito en el transistor de freno, la disipación de potencia en la resistencia de freno solo se puede impedir por medio de un contactor o un interruptor de red que desconecte la alimentación eléctrica del convertidor de frecuencia. (El convertidor de frecuencia puede controlar el contactor).

**¡NOTA!**

No tocar nunca la resistencia de freno, porque puede estar muy caliente durante o después del frenado. La resistencia de freno debe colocarse en un entorno seguro, para evitar el riesgo de incendio.

Los convertidores de frecuencia de tamaño D-F contienen más que un chopper de frenado. Por ello, deberá utilizar solo una resistencia de freno para cada chopper de frenado en esos tamaños de bastidor.

## 2.7.4 Control con función de freno

El freno está protegido contra cortocircuitos en la resistencia de freno y el transistor de freno está controlado para garantizar la detección de cortocircuitos en el transistor. Puede utilizarse una salida digital/de relé para proteger de sobrecargas la resistencia de freno en caso de producirse un fallo en el convertidor de frecuencia.

Además, el freno permite leer la potencia instantánea y principal de los últimos 120 segundos. El freno también puede controlar la potencia y asegurar que no se supera el límite seleccionado en el *2-12 Límite potencia de freno (kW)*.

En *2-13 Ctról. Potencia freno*, seleccione la función que se realizará cuando la potencia que se transmite a la resistencia de freno sobrepase el límite ajustado en *2-12 Límite potencia de freno (kW)*.

### ¡NOTA!

**El control de la potencia de frenado no es una función de seguridad; se necesita un interruptor térmico para lograr ese objetivo. El circuito de resistencia del freno no tiene protección de fuga a tierra.**

En el *2-17 Control de sobretensión* puede seleccionarse *Control de sobretensión (OVC)* (excluyendo la resistencia de freno) como función de freno alternativa. Esta función está activada para todas las unidades. Permite evitar una desconexión si aumenta la tensión de bus CC. Esto se realiza incrementando la frecuencia de salida para limitar la tensión del enlace de CC. Es una función muy útil para evitar la desconexión innecesaria del convertidor de frecuencia, por ejemplo, si el tiempo de rampa de deceleración es demasiado corto. En esta situación, se amplía el tiempo de rampa de deceleración.

OVC no puede activarse cuando está funcionando un motor PM (cuando *1-10 Construcción del motor* está ajustado en *[1] PM no saliente SPM*).

## 3 Integración del sistema

### 3

### 3.1 Introducción

#### 3.1.1 Montaje

El FCD 302 consta de dos partes: caja de instalación y pieza electrónica.

##### Montaje independiente

- Los orificios de la parte posterior de la caja de instalación sirven para fijar los soportes de montaje.
- Asegúrese de que el lugar donde va a realizar el montaje soportará el peso de la unidad.
- Asegúrese de que se utilizan los tornillos y pernos adecuados para el montaje.

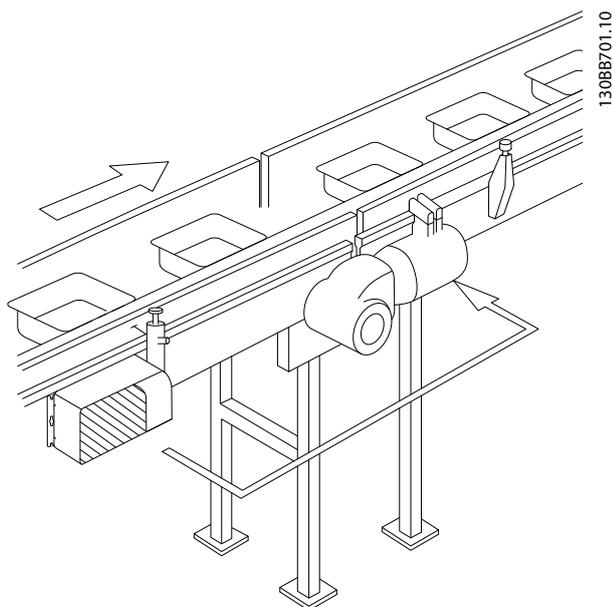


Ilustración 3.1 FCD 302 independiente con soportes de montaje

##### Posiciones de montaje permitidas

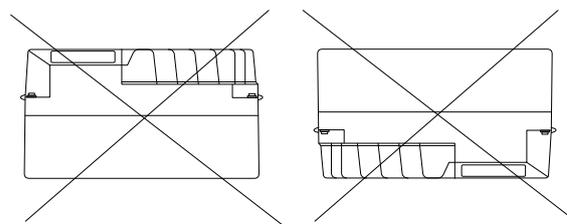
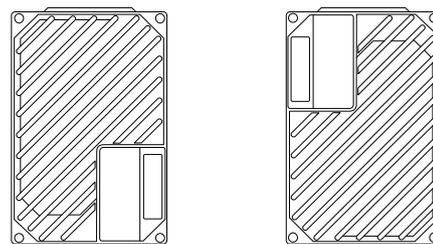
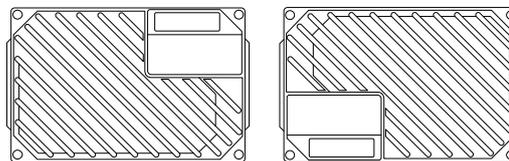


Ilustración 3.2 Posiciones de montaje permitidas: aplicaciones estándar

#### 3.1.1.1 Instalación higiénica

El FCD 302 ha sido diseñado conforme a las instrucciones EHEDG y se puede instalar en entornos donde una fácil limpieza sea primordial.

Monte el FCD 302 verticalmente en una pared o en el bastidor de la máquina para asegurarse de que los líquidos se escurran fuera del alojamiento. Oriente la unidad de modo que los prensacables estén situados en la base.

Utilice prensacables diseñados para responder a las exigencias de aplicación higiénicas, por ejemplo, Rittal HD 2410.110/120/130. Los prensacables para fines higiénicos garantizan una óptima facilidad de limpieza de la instalación.

#### ¡NOTA!

Únicamente los convertidores de frecuencia configurados para alojamientos higiénicos, FCD 302 P XXX T4 W69, disponen de la certificación EHEDG.

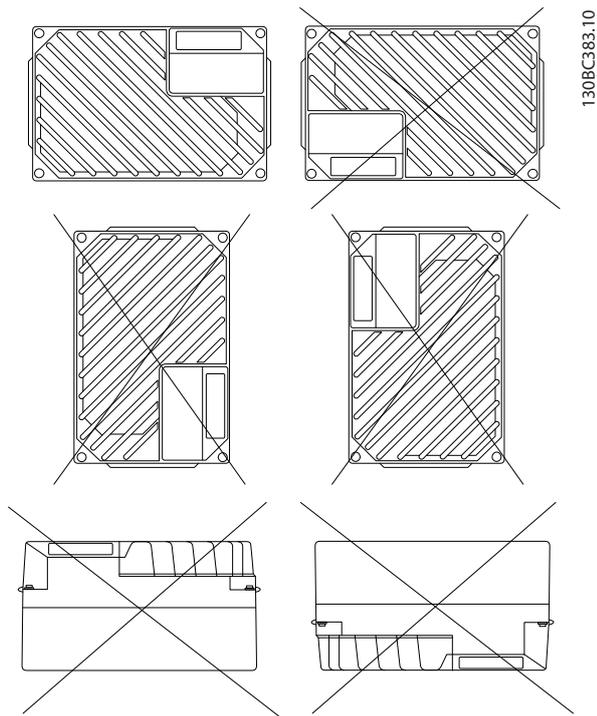


Ilustración 3.3 Posiciones de montaje permitidas. Aplicaciones higiénicas

### 3.2 Entrada: dinámica de red

#### 3.2.1 Conexiones

##### 3.2.1.1 Información general sobre el cableado

**¡NOTA!**

**Información general sobre el cableado**  
 Todos los cableados deben cumplir las normas nacionales y locales sobre las secciones de cables y la temperatura ambiente. Se recomienda usar conductores de cobre (75 °C).

##### 3.2.1.2 Conexión a la tensión de alimentación y conexión a tierra

Para las instrucciones de instalación y la localización de terminales, consulte el *Manual de funcionamiento de FCD 302, MG04F*.

##### Conexión de red

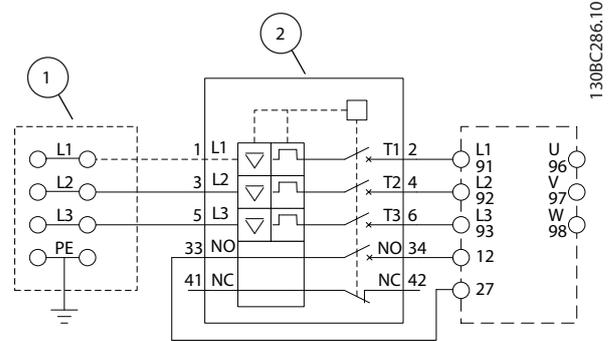


Ilustración 3.4 Solo unidad grande: disyuntor y desconexión de la red

1	Terminales de lazos
2	Disyuntor

Tabla 3.1 Leyenda

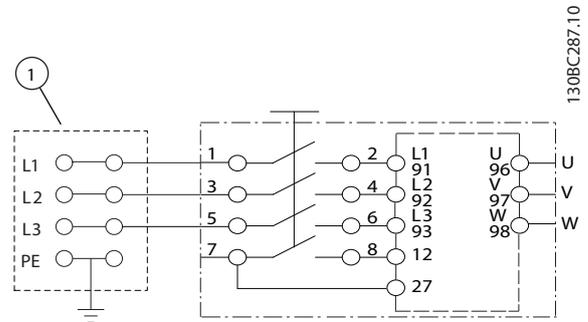
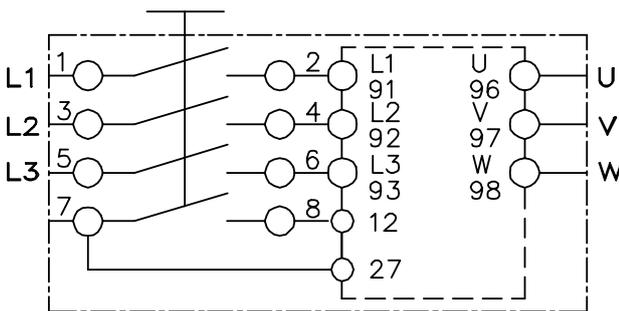
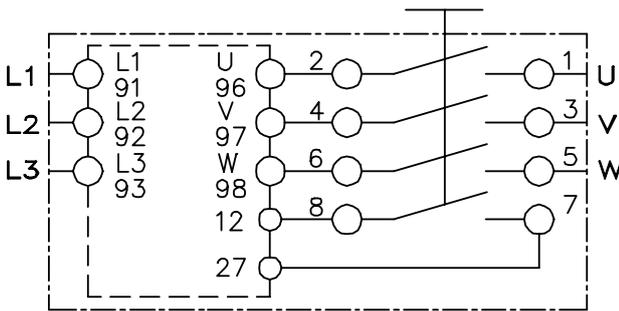


Ilustración 3.5 Solo unidad grande: interruptor para mantenimiento en red con terminales de lazo

1	Terminales de lazos
---	---------------------

Tabla 3.2 Leyenda



195NA288.10

Ilustración 3.6 Conexión de red y de motor con interruptor de servicio.

El interruptor de mantenimiento es opcional tanto para la unidad pequeña como para la grande. El interruptor se muestra instalado en el lado del motor. También puede localizarse en el lado de red, u omitirse.

El disyuntor es opcional para la unidad grande. La unidad grande puede configurarse con interruptor de mantenimiento o con disyuntor, pero no con ambos. Ilustración 3.6 no puede configurarse en la práctica, pero se muestra únicamente para indicar las respectivas posiciones de los componentes.

Normalmente, los cables de alimentación no son apantallados.

### 3.2.1.3 Conexión de relés

Para establecer la salida del relé, consulte el grupo de parámetros Relés 5-4\*.

N.º	01-02	conexión (normalmente abierta)
	01-03	desconexión (normalmente cerrada)
	04-05	conexión (normalmente abierta)
	04-06	desconexión (normalmente cerrada)

Tabla 3.3 Ajustes de relé

Para la localización de los terminales de relé, consulte el Manual de funcionamiento de FCD 302, MG04F.

## 3.2.2 Fusibles y disyuntores

### 3.2.2.1 Fusibles

Los fusibles y / o disyuntores son protectores recomendados en el lado de la fuente de alimentación a modo de protección en el caso de avería de componentes internos del convertidor de frecuencia (primer fallo).

#### ¡NOTA!

Esto es obligatorio a fin de asegurar el cumplimiento de los requisitos de la norma CEI 60364 para CE y del NEC 2009 para UL.

#### ⚠️ ADVERTENCIA

El personal y los bienes deben estar protegidos contra las consecuencias de la avería de componentes en el interior del convertidor de frecuencia.

#### Protección de circuito derivado

Para proteger la instalación de peligros eléctricos e incendios, todos los circuitos derivados de una instalación, aparatos de conexión, máquinas, etc., deben estar protegidos frente a cortocircuitos y sobretensiones de acuerdo con las normativas nacionales e internacionales.

#### ¡NOTA!

Las recomendaciones dadas no se aplican a la protección de circuito derivado para UL.

#### Protección ante cortocircuitos

Danfoss recomienda utilizar los fusibles / disyuntores mencionados a continuación para proteger al personal de servicio y los bienes, en caso de avería de un componente en el convertidor de frecuencia.

### 3.2.2.2 Recomendaciones

#### ⚠️ ADVERTENCIA

En caso de mal funcionamiento, el incumplimiento de esta recomendación podría dar lugar a riesgos personales y daños al convertidor de frecuencia u otros equipos.

En los apartados siguientes se indica la intensidad nominal recomendada. Danfoss recomienda fusibles de tipo gG y disyuntores Danfoss CB (Danfoss - CTI-25). Pueden utilizarse otros tipos de disyuntores con tal de que limiten la energía en el interior del convertidor de frecuencia a un intervalo igual o inferior que el de los tipos CB de Danfoss.

Siga las recomendaciones para fusibles y disyuntores para garantizar que cualquier daño en el convertidor de frecuencia solo es interno.

Para obtener más información, consulte la Nota sobre la aplicación Fusibles y Disyuntores, MN90T.

### 3.2.2.3 Cumplimiento de la normativa CE

El uso de fusibles y disyuntores es obligatorio para cumplir con la norma CEI 60364.

Danfoss recomienda el tamaño de fusibles de tipo gG-25. Este tamaño de fusible es adecuado para su uso en un circuito capaz de proporcionar 100 000 Arms (simétricos), 480 V. Con los fusibles adecuados, la clasificación de corriente de cortocircuito (SCCR) del convertidor de frecuencia es 100 000 Arms.

### 3.2.2.4 Conformidad con UL

Los fusibles o disyuntores son obligatorios para cumplir con el NEC 2009. Para cumplir los requisitos UL/cUL, utilice los fusibles previos indicados en *Tabla 6.3*, y cumpla con las condiciones enumeradas en *6.2 Datos eléctricos y dimensiones de los cables*.

## 3.3 Salida: dinámica de motor

### 3.3.1 Conexión del motor

#### ¡NOTA!

**Para ajustarse a las especificaciones de emisión CEM, se recomiendan cables apantallados / blindados.**

Consulte *6.3 Especificaciones generales* para elegir las dimensiones correctas de sección y longitud del cable de motor.

#### Apantallamiento de los cables

Evite la instalación con extremos de pantalla retorcida (cables de conexión flexibles). Eliminan el efecto de

apantallamiento a frecuencias elevadas. Si necesita interrumpir el apantallamiento para instalar un aislante del motor o un contactor del motor, el apantallamiento debe continuarse con la menor impedancia de AF posible.

Conecte la pantalla del cable de motor a la placa de desacoplamiento del convertidor de frecuencia y al chasis metálico del motor.

Realice las conexiones del apantallamiento con la mayor superficie posible (abrazadera de cables). Para ello, utilice los dispositivos de instalación suministrados con el convertidor de frecuencia.

Si es necesario romper el apantallamiento para instalar aislamientos o relés de motor, el apantallamiento debe tener la menor impedancia de AF posible.

#### Longitud y sección del cable

Las pruebas efectuadas en el convertidor de frecuencia se han realizado con una longitud y una sección de cable determinadas. Si se utiliza una sección de cable de mayor tamaño, puede aumentar la capacitancia (y, por tanto, la corriente de fuga) del cable, por lo que su longitud debe reducirse proporcionalmente. Mantenga el cable de motor tan corto como sea posible para reducir el nivel de interferencias y las corrientes de fuga.

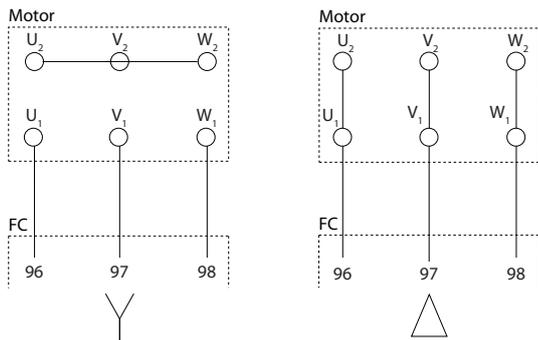
Es posible conectar al convertidor de frecuencia cualquier tipo de motor asíncrono trifásico estándar. Normalmente, los motores pequeños se conectan en estrella (230 / 400 V, Y). Los motores grandes se conectan normalmente en triángulo (400/690 V, Δ). Consulte la placa de características del motor para utilizar el modo de conexión y la tensión adecuados.

Para la instalación de la red y los cables de motor consulte el *Manual de funcionamiento de FCD 302, MG04F*.

N.º de term.	96	97	98	99	
	U	V	W	PE <sup>1)</sup>	Tensión del motor un 0-100% de la tensión de red. 3 cables que salen del motor
	U1	V1	W1	PE <sup>1)</sup>	Conexión en triángulo
	W2	U2	V2		6 cables que salen del motor
	U1	V1	W1	PE <sup>1)</sup>	Conexión en estrella U2, V2 y W2 U2, V2 y W2 deben interconectarse de forma independiente.

**Tabla 3.4 Terminales de conexión del motor**

<sup>1)</sup>Conexión a tierra protegida

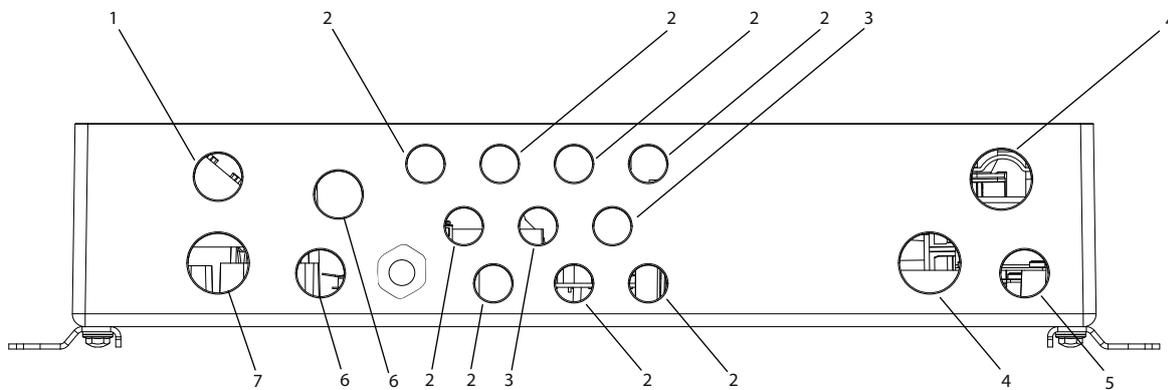


175ZA114.11

**¡NOTA!**

Para los motores sin papel de aislamiento de fase o cualquier otro refuerzo de aislamiento adecuado para su funcionamiento con suministro de tensión (como un convertidor de frecuencia), coloque un filtro de onda sinusoidal en la salida del convertidor de frecuencia.

Ilustración 3.7 Conexiones a tierra en estrella y en triángulo



130BC981.10

Ilustración 3.8 Orificios de entrada para cables (unidad grande)

1	Freno M20
2	8 × M16
3	2 × M20
4	Cable de red M25
5	M20
6	24 V M20
7	Motor M25

Tabla 3.5 Leyenda

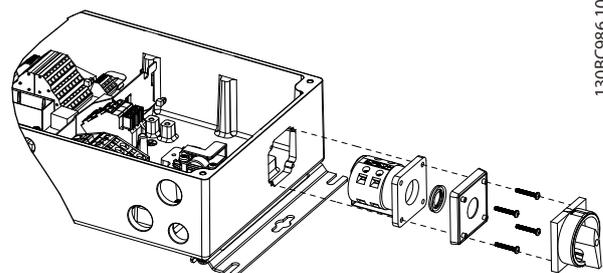
3.3.2 Dispositivos de desconexión de corriente

El convertidor de frecuencia está disponible con

- un interruptor de mantenimiento opcional en la red o en el motor
- disyuntor integrado opcional en la red (solo unidad grande)

Especifique los requisitos en los pedidos.

Ilustración 3.9 y Ilustración 3.10 muestran ejemplos de la configuración de la unidad grande.



130BC986.10

Ilustración 3.9 Ubicación del interruptor de mantenimiento, red, unidad grande (IP66/Tipo 4X exterior)

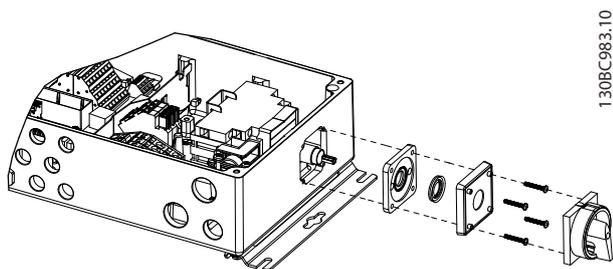


Ilustración 3.10 Ubicación del disyuntor red y unidad grande

### 3.3.3 Información adicional del motor

#### 3.3.3.1 Cable de motor

El motor debe conectarse a los terminales U/T1/96, V/T2/97 y W/T3/98. Toma de tierra a terminal 99. Con este convertidor de frecuencia, pueden utilizarse todos los tipos de motores trifásicos asíncronos estándar. Según el ajuste de fábrica, el motor gira en sentido horario con la salida del convertidor de frecuencia conectada tal y como se muestra en *Tabla 3.6*:

N.º de terminal	Función
96, 97, 98, 99	Red U/T1, V/T2 y W/T3 Toma de tierra

Tabla 3.6 Conexiones del motor: ajustes de fábrica

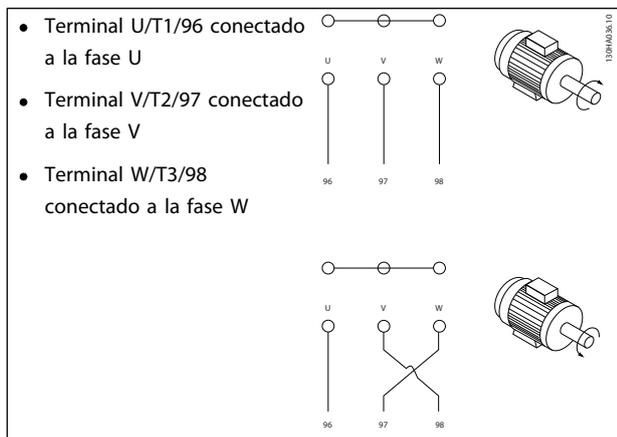


Tabla 3.7 Conexión del motor: sentido de giro

El sentido de giro puede cambiarse invirtiendo dos fases en el cable de motor o modificando el ajuste de 4-10 Dirección veloc. motor.

Es posible comprobar el giro del motor mediante 1-28 Comprob. rotación motor y siguiendo los pasos que se indican en la pantalla.

#### 3.3.3.2 Protección térmica del motor

El relé termoelectrónico del convertidor de frecuencia ha recibido la aprobación UL para la protección de un motor, cuando 1-90 Protección térmica motor se ha ajustado para Descon. ETR y 1-24 Intensidad motor se ha ajustado a la corriente nominal del motor (consulte la placa de características del mismo).

#### 3.3.3.3 Conexión de motores en paralelo

El convertidor de frecuencia puede controlar varios motores conectados en paralelo. Al utilizar la conexión del motor en paralelo, debe observarse lo siguiente:

- Recomendado para ejecutar aplicaciones con motores en paralelo en modo U/F 1-01 Principio control motor [0]. Ajuste la configuración U/F en 1-55 Característica U/f - U y 1-56 Característica U/f - F.
- El modo VCC+ se puede utilizar en algunas aplicaciones.
- El consumo total de corriente por parte de los motores no debe sobrepasar la corriente nominal de salida  $I_{INV}$  del convertidor de frecuencia.
- Si los tamaños de los motores son muy diferentes en la resistencia de bobinado, pueden surgir problemas debidos a una tensión del motor demasiado baja a baja velocidad.
- El relé termoelectrónico (ETR) del convertidor de frecuencia no puede utilizarse como protección del motor para el motor individual. Proporciona una mayor protección del motor, por ejemplo mediante termistores en cada resistencia de bobinado del motor o relés térmicos individuales. (Los disyuntores no son adecuados como dispositivo de protección).

#### ¡NOTA!

Las instalaciones con cables conectados a un punto común, como se muestra en el primer ejemplo de la figura, solo son recomendables para longitudes de cable cortas.

#### ¡NOTA!

Cuando los motores se encuentran conectados en paralelo, el 1-02 Realimentación encoder motor Flux no se puede utilizar, y el 1-01 Principio control motor debe estar ajustado a Características especiales del motor (U/f).

La longitud total del cable de motor detallada en 6 Especificaciones es válida siempre y cuando se mantengan cortos los cables paralelos (menos de 10 m cada uno).

### 3.3.3.4 Aislamiento del motor

Para longitudes de cable del motor  $\leq$  la longitud máxima recogida en 6.3 *Especificaciones generales*, se recomiendan las siguientes clasificaciones de aislamiento del motor, debido a que la tensión pico puede ser hasta el doble de la tensión de CC, 2,8 veces la tensión de red, debido a la transmisión de efectos de la red en el cable de motor. Si un motor tiene una clasificación de aislamiento inferior, se recomienda la utilización de un filtro du/dt o de onda senoidal.

Tensión nominal de red	Aislamiento del motor
$U_N \leq 420$ V	Estándar $U_{LL} = 1300$ V
$420$ V $< U_N \leq 500$ V	Reforzada $U_{LL} = 1600$ V

Tabla 3.8 Tensión de red y aislamiento del motor

### 3.3.3.5 Corrientes en los rodamientos del motor

Todos los motores instalados con convertidores de FC 302 90 kW o de mayor potencia, deben tener instalados cojinetes NDE (Non-Drive End, no acoplados) aislados para eliminar las corrientes circulantes en los cojinetes. Para minimizar las intensidades en el eje y los cojinetes de la transmisión (DE), es necesario una adecuada conexión a tierra del convertidor de frecuencia, el motor, la máquina manejada y la conexión entre el motor y la máquina.

#### Estrategias estándar de mitigación

- Utilizar un rodamiento aislado
- Aplicar rigurosos procedimientos de instalación
  - Comprobar que el motor y el motor de carga estén alineados
  - Seguir estrictamente las directrices de instalación CEM
  - Reforzar el PE de modo que la impedancia de alta frecuencia sea inferior en el PE que los cables de alimentación de entrada
  - Proporcionar una buena conexión de alta frecuencia entre el motor y el convertidor de frecuencia, por ejemplo, mediante un cable apantallado que tenga una conexión de 360° en el motor y en el convertidor de frecuencia
  - Asegurarse de que la impedancia desde el convertidor de frecuencia hasta la tierra sea inferior que la impedancia de tierra de la máquina, lo que puede resultar difícil para las bombas
  - Realizar una conexión a tierra directa entre el motor y el motor de carga
- Reducir la frecuencia de conmutación de IGBT

- Modificar la forma de onda del inversor, 60° AVM frente a SFAVM.
- Instalar un sistema de conexión a tierra del eje o usar un acoplador aislante
- Aplicar un lubricante conductor
- Usar el ajuste mínimo de velocidad, si es posible
- Tratar de asegurar que la tensión de línea está equilibrada con tierra. Esto puede resultar difícil para sistemas de patilla con toma de tierra, IT, TT o TN-CS
- Use un filtro dU / dt o sinusoidal.

### 3.3.4 Condiciones de funcionamiento extremas

#### Cortocircuito (fase del motor: fase)

El convertidor de frecuencia está protegido contra cortocircuitos con la lectura de la intensidad en cada una de las tres fases del motor o en el enlace CC. Un cortocircuito entre dos fases de salida provoca una sobreintensidad en el inversor. El inversor se cierra individualmente cuando la intensidad del cortocircuito sobrepasa el valor permitido (alarma 16, bloqueo por alarma).

Para proteger el convertidor de frecuencia contra un cortocircuito en las cargas compartidas y en las salidas de freno, consulte las directrices de diseño.

#### Conmutación en la salida

La conmutación a la salida entre el motor y el convertidor de frecuencia está totalmente permitida. Si conmuta la salida, no puede dañar el convertidor de frecuencia. Sin embargo, es posible que aparezcan mensajes de fallo.

#### Sobretensión generada por el motor

La tensión en el circuito intermedio aumenta cuando el motor actúa como generador en los siguientes casos:

- Cuando la carga arrastra al motor (a una frecuencia de salida constante del convertidor de frecuencia), es decir, cuando la carga genera energía.
- Durante la deceleración («rampa de deceleración»), si el momento de inercia es alto, la fricción es baja y el tiempo de rampa de deceleración es demasiado corto para que la energía sea disipada como una pérdida en el convertidor de frecuencia, el motor y la instalación.
- Un ajuste de compensación de deslizamiento incorrecto puede producir una tensión de CC más alta.
- Fuerza contraelectromotriz desde el funcionamiento del motor PM. Cuando queda en inercia a

unas rpm altas, la fuerza contraelectromotriz del motor PM puede superar potencialmente la tolerancia de tensión máxima del convertidor de frecuencia y provocar daños. El convertidor de frecuencia está diseñado para prevenir las incidencias en la fuerza contraelectromotriz: el valor de 4-19 *Frecuencia salida máx.* se limita automáticamente en base a un cálculo interno basado en el valor de 1-40 *f<sub>cem</sub> a 1000 RPM*, 1-25 *Veloc. nominal motor* y 1-39 *Polos motor*. Cuando el motor puede superar la velocidad (por ejemplo, debido a efectos excesivos de autorrotación), se recomienda equiparlo con una resistencia de freno.

### ¡NOTA!

**El convertidor de frecuencia debe estar equipado con un chopper de frenado.**

Si es posible, la unidad de control intenta corregir la rampa (2-17 *Control de sobretensión*).

El inversor se apaga para proteger a los transistores y condensadores del circuito intermedio, cuando se alcanza un determinado nivel de tensión.

Consulte 2-10 *Función de freno* y 2-17 *Control de sobretensión* para seleccionar el método utilizado para controlar el nivel de tensión del circuito intermedio.

### ¡NOTA!

**OVC no puede activarse cuando está en funcionamiento un motor PM, es decir, para el parámetro 1-10 *Construcción del motor* ajuste a [1] *PM no saliente SPM*.**

#### Corte de red

Durante un corte en la alimentación, el convertidor de frecuencia sigue funcionando hasta que la tensión del circuito intermedio desciende por debajo del nivel mínimo para parada. Generalmente, dicho nivel es un 15% inferior a la tensión de alimentación nominal más baja del convertidor de frecuencia. La tensión de red antes del corte, combinada con la carga del motor, determinan el tiempo necesario para la parada de inercia del inversor.

#### Sobrecarga estática en modo VVC<sup>plus</sup>

Cuando el convertidor de frecuencia está sobrecargado, los controles reducen la frecuencia de salida para reducir la carga. La sobrecarga se define como alcanzar el límite de par ajustado en 4-16 *Modo motor límite de par* / 4-17 *Modo generador límite de par*.

Para una sobrecarga extrema, la intensidad actúa para garantizar que el convertidor de frecuencia se desactiva después de aproximadamente 5-10 s.

El tiempo de funcionamiento dentro del límite de par se limita (0-60 s) en el 14-25 *Retardo descon. con lím. de par*.

### 3.3.4.1 Protección térmica del motor

Para proteger la aplicación de daños graves, el convertidor de frecuencia ofrece varias funciones dedicadas

#### Límite de par

mediante la función de límite de par, el motor queda protegido ante sobrecargas independientemente de la velocidad. Seleccione el ajuste del límite de par 4-16 *Modo motor límite de par y / o 4-17 Modo generador límite de par*. Ajuste el tiempo de desconexión para la advertencia del límite de par en 14-25 *Retardo descon. con lím. de par*.

#### Límite intensidad

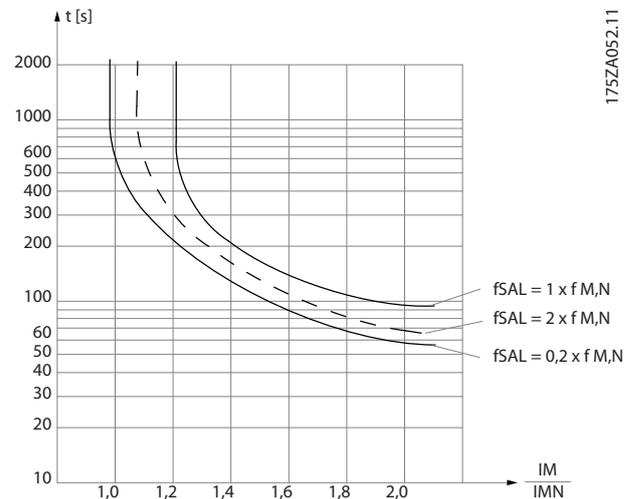
Ajuste el límite de intensidad en 4-18 *Límite intensidad*. Ajuste el tiempo antes de que la advertencia de límite de par se desconecte en 14-24 *Retardo descon. con lím. de int.*

#### Límite mínimo veloc.

(4-11 *Límite bajo veloc. motor [RPM]* o 4-12 *Límite bajo veloc. motor [Hz]*) limitan el intervalo operativo de velocidad a entre 30 y 50/60 Hz. Límite máximo veloc. (4-13 *Límite alto veloc. motor [RPM]* o 4-19 *Frecuencia salida máx.*) limitan la velocidad máxima de salida que puede proporcionar el convertidor.

#### ETR (relé termoelectrónico)

La función ETR mide la tensión real, la velocidad y el tiempo para calcular la temperatura del motor y protegerlo de recalentamientos (advertencia o desconexión). También hay disponible una entrada externa de termistor. ETR es un dispositivo electrónico que simula un relé bimetálico basado en mediciones internas. Las características se muestran en *Ilustración 3.11*:



**Ilustración 3.11 Funciones ETR**

*Ilustración 3.11*: el eje X muestra la relación entre los valores  $I_{motor}$  e  $I_{motor}$  nominales. El eje Y muestra el intervalo en segundos antes de que el ETR corte y desconecte el convertidor de frecuencia. Las curvas muestran la velocidad nominal característica, al doble de la velocidad nominal y al 0,2x de la velocidad nominal. A una velocidad inferior, el ETR se desconecta con un calentamiento inferior debido a una menor refrigeración

3

del motor. De ese modo, el motor queda protegido frente al sobrecalentamiento, incluso a baja velocidad. La función ETR calcula la temperatura del motor en función de la intensidad y la velocidad reales. La temperatura calculada es visible como un parámetro de lectura en el 16-18 *Térmico motor* del convertidor de frecuencia.

### 3.4 Selección de las opciones / del convertidor de frecuencia

#### 3.4.1 Cables de control y terminales

##### 3.4.1.1 Recorrido de los cables de control

La alimentación externa de 24 V CC se puede utilizar como una alimentación de baja tensión para la tarjeta de control y cualquier otra tarjeta instalada como opción. Esto permite el funcionamiento completo del LCP (incluido el ajuste de parámetros) sin necesidad de realizar una conexión a la red eléctrica.

**¡NOTA!**

Se producirá una advertencia de tensión baja cuando se haya conectado la alimentación de 24 V CC; sin embargo, no se producirá una desconexión.

**⚠️ ADVERTENCIA**

Utilice una alimentación de 24 V CC de tipo PELV para asegurar el correcto aislamiento galvánico (de tipo PELV) en los terminales de control del convertidor de frecuencia.

##### 3.4.1.2 Interruptores DIP

- Los terminales de entrada analógicos 53 y 54 pueden seleccionar señales de entrada tanto para la tensión (0-10 V) como para la corriente (0-20 mA).
- Fije los conmutadores S201 (terminal 53) y S202 (terminal 54) para seleccionar el tipo de señal. ON es para la corriente, OFF para la tensión.
- El terminal 53 predeterminado es para una referencia de velocidad en lazo abierto.
- El terminal 54 predeterminado es para una señal de realimentación en lazo cerrado.

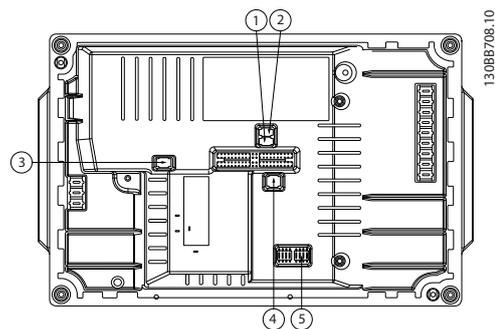


Ilustración 3.12 Ubicación de los interruptores DIP

1	S201 - terminal 53
2	S202 - terminal 54
3	S801 - terminación del bus estándar
4	Terminación de Profibus
5	Dirección de bus de campo

Tabla 3.9 Leyenda

**¡NOTA!**

Los interruptores 4 y 5 solo son válidos para las unidades con opciones de bus de campo.

### 3.4.1.3 Ejemplo de cableado básico

Conecte los terminales 27 y 37 a los terminales 12 y 13 de +24 V, tal y como se muestra en *Ilustración 3.13*.

Ajustes predeterminados:

27 = Inercia inversa 5-10 Terminal 18 Entrada digital [2]

37 = Desconexión segura de par inversa

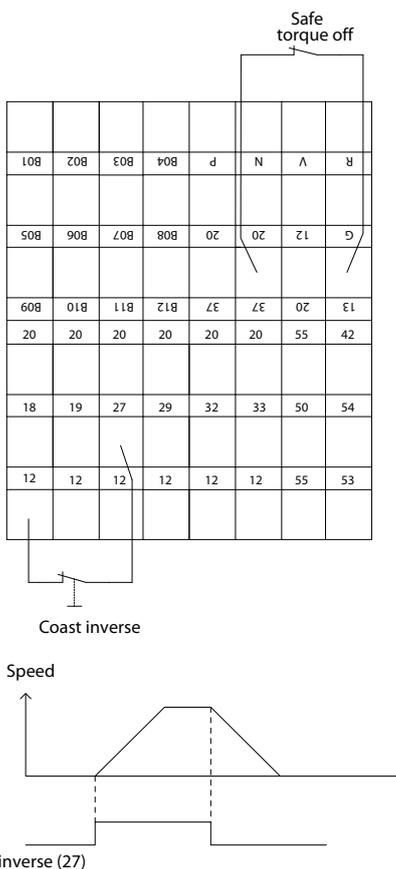


Ilustración 3.13 Ejemplo de cableado básico

### 3.4.1.4 Instalación eléctrica, Cables de control

3

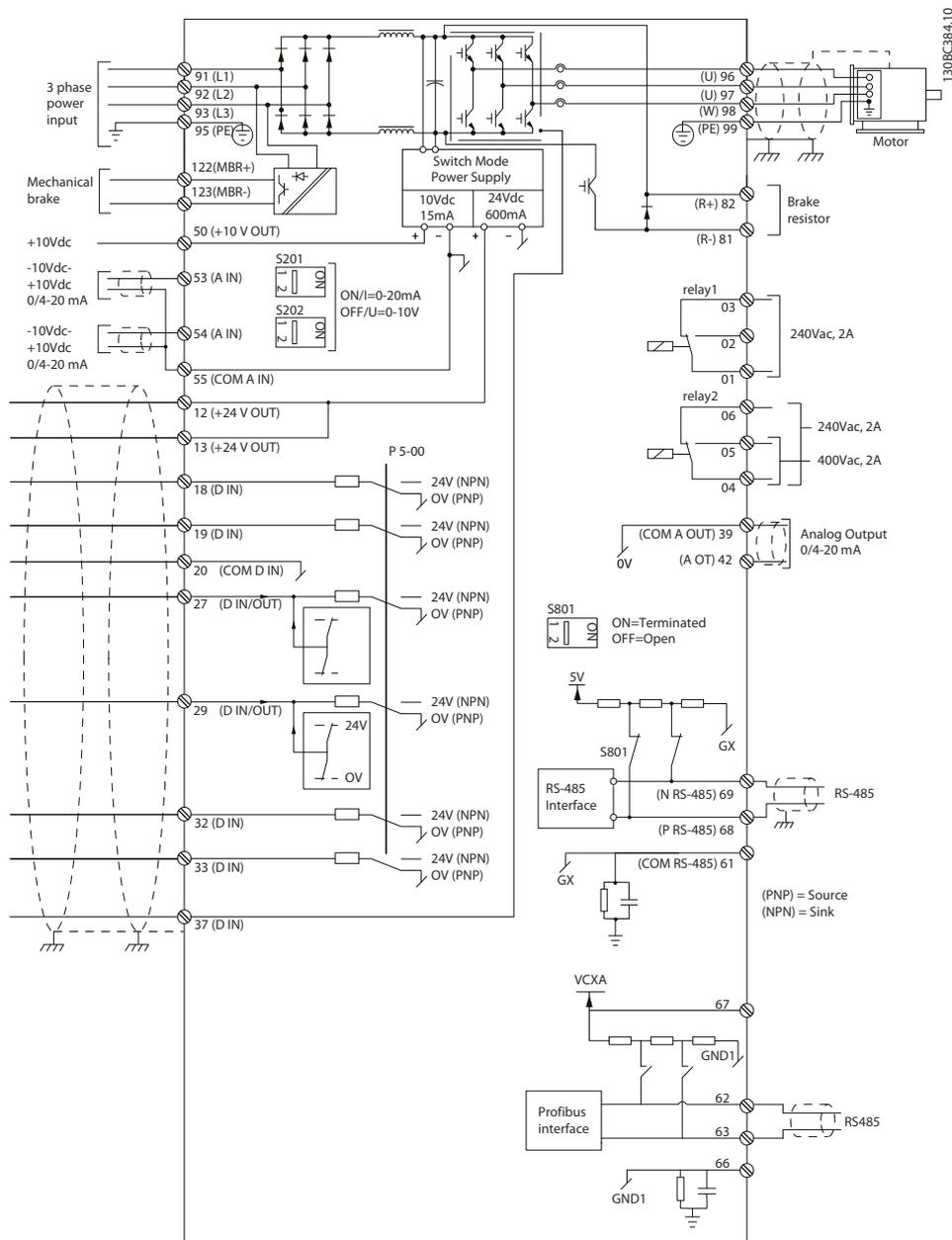


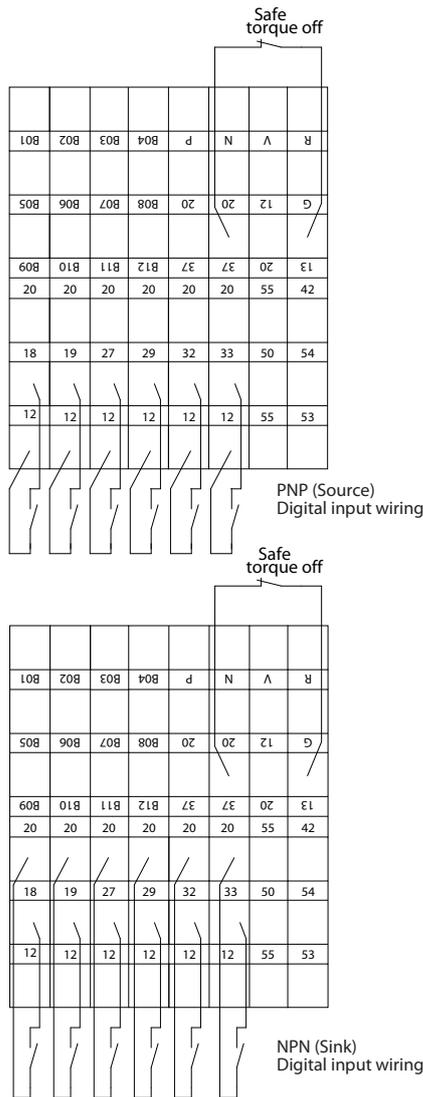
Ilustración 3.14 Terminales eléctricos sin opciones

A = analógico, D = digital

El terminal 37 se utiliza para la parada segura.

El relé 2 no funciona cuando el convertidor de frecuencia tiene una salida del freno mecánico.

Los cables de control muy largos y las señales analógicas pueden, rara vez, producir lazos de tierra de 50 / 60 Hz debido al ruido introducido a través de los cables de alimentación de red. Si esto ocurre, puede ser necesario romper la pantalla o introducir un condensador de 100 nF entre la pantalla y el chasis. Conecte las entradas y salidas analógicas y digitales por separado a las entradas comunes (terminal 20, 55 y 39), para evitar que las corrientes de tierra de ambos grupos afecten a los demás grupos. Por ejemplo, conectar la entrada digital podría perturbar la señal de entrada analógica.



1308C987.10

Ilustración 3.15 Polaridad de entrada de los terminales de control

### ¡NOTA!

Para ajustarse a las especificaciones de emisión CEM, se recomiendan cables apantallados / blindados. Si se utiliza un cable no apantallado / no blindado. Para obtener más información, consulte los 2.2.2 *Resultados de las pruebas de CEM.*

### 3.4.1.5 Salida de relé

La salida de relé con los terminales 01, 02, 03 y 04, 05, 06 tiene una capacidad máxima de 240 V CA, 2 A. Para indicar los estados y las advertencias puede usarse un mínimo de 24 V CC, 10 mA o 24 V CA, 100 mA. Ambos relés se ubican físicamente en la tarjeta de instalación. La programación de dichos relés se realiza mediante el grupo de parámetros 5-4\*. Los relés son tipo Forma C, lo que quiere decir que cada uno tiene un contacto normalmente abierto y uno normalmente cerrado en un único polo. Los contactos de cada relé están clasificados para una carga máxima de 240 V CA a 2 A.

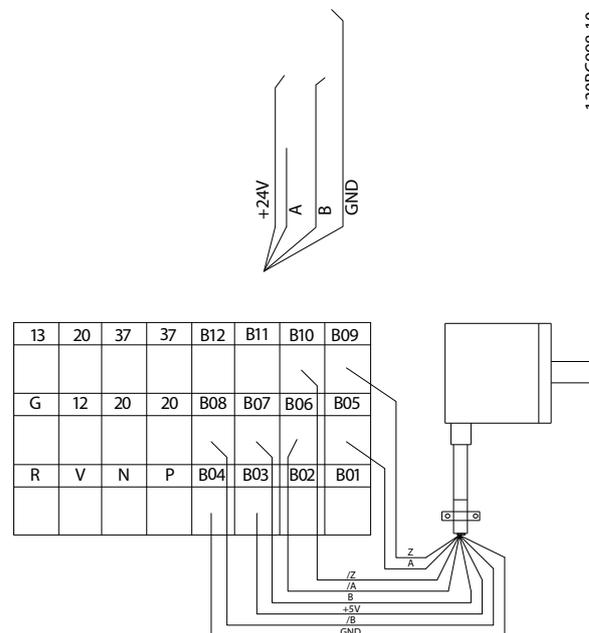
#### Relé 1

- Terminal 01: común
- Terminal 02: normalmente abierto 240 V CA
- Terminal 03: normalmente cerrado 240 V CA

#### Relé 2

- Terminal 04: común
- Terminal 05: normalmente abierto 240 V CA
- Terminal 06: normalmente cerrado 240 V CA

El relé 1 y el relé 2 se programan en los 5-40 *Relé de función*, 5-41 *Retardo conex, relé* y 5-42 *Retardo desconex, relé.*



1308C998.10

Ilustración 3.16 Conexión de relés

### 3.4.2 Resistencia de freno

Algunas aplicaciones requieren la caída de la energía cinética. Este convertidor de frecuencia no devuelve la energía a la red, por lo que la energía cinética deberá transformarse en calor. Esto se logra mediante el frenado con una resistencia de freno.

En aplicaciones en las que el motor se utiliza como freno, se genera energía en el motor y se devuelve al convertidor de frecuencia. Si la energía no puede ser transportada de nuevo al motor, se incrementará la tensión en la línea de CC del convertidor. En aplicaciones con frenados frecuentes y/o cargas de inercia elevada, este aumento puede producir una desconexión por sobretensión en el convertidor y, finalmente, una parada del sistema. Se utilizan resistencias de freno para disipar el exceso de energía resultante del frenado regenerativo. La resistencia se selecciona en base a su valor en ohmios, su tasa de disipación de energía y su tamaño físico. Danfoss Las resistencias de freno están disponibles en distintos tipos, para la instalación externa o interna del convertidor de frecuencia. Los números de códigos pueden encontrarse en 5.2.1 *Números de pedido: Accesorios*.

#### 3.4.2.1 resistencias de frenos 10%

En los convertidores de frecuencia equipados con la opción de freno dinámico, en cada módulo del inversor se incluye un IGBT del freno junto con los terminales 81(R-) y 82(R+) para la conexión de una(s) resistencia(s) de freno externa.

Para el uso de resistencia de freno interna:

Resistencia de freno 1750 Ω 10 W/100%	Para montaje dentro de la caja de instalación, debajo de los terminales del motor
Resistencia de freno 350 Ω 10 W/100%	Para montaje dentro de la caja de instalación, debajo de los terminales del motor

Tabla 3.10 resistencias de frenos 10%

#### 3.4.2.2 Resistencia de freno del 40%

Colocar externamente la resistencia de freno tiene las ventajas de seleccionar la resistencia en base a las necesidades de la aplicación, disipar la energía fuera del panel de control, y proteger al convertidor de frecuencia de sobrecalentamiento si la resistencia de freno está sobrecargada.

N.º	81 (función opcional)	82 (función opcional)	Terminales de resistencia de freno
	R-	R+	

Tabla 3.11 resistencias de frenos 40%

- El cable de conexión a la resistencia de freno debe estar apantallado / blindado. Conecte el apantallamiento al armario metálico del convertidor de frecuencia y al de la resistencia de freno con abrazaderas de cable.
- Elija un cable de freno cuya sección se adecue al par de frenado.

### 3.4.3 Condiciones especiales

En determinadas condiciones especiales, en las que se pone el funcionamiento del convertidor de frecuencia en una situación difícil, debe tenerse en cuenta la reducción de potencia. En algunas condiciones, la reducción de potencia debe hacerse manualmente.

En otras, el convertidor de frecuencia efectúa automáticamente un grado de reducción de potencia cuando es necesario. Esto se hace así para garantizar el rendimiento en fases críticas en las que la alternativa podría ser una desconexión.

#### 3.4.3.1 Reducción de potencia manual

La reducción de potencia manual debe tenerse en cuenta para:

- Presión atmosférica: relevante para la instalación en altitudes por encima de 1 km
- Velocidad del motor: en funcionamiento continuo con RPM bajas en aplicaciones de par constante
- Temperatura ambiente: relevante para temperaturas ambiente por encima de 50 °C

Póngase en contacto con Danfoss para obtener la nota sobre la aplicación para tablas y elaboración. Aquí solo se detalla el caso de funcionamiento a velocidades del motor bajas.

#### 3.4.3.2 Reducción de potencia automática

El convertidor de frecuencia comprueba constantemente los niveles críticos:

- Temperatura alta crítica en la tarjeta de control o disipador térmico
- Carga del motor alta
- Tensión de enlace de CC alta
- Velocidad del motor baja

Como respuesta a un nivel crítico, el convertidor de frecuencia ajusta la frecuencia de conmutación. Para temperaturas internas altas críticas y velocidades de motor bajas, el convertidor de frecuencia también puede forzar el patrón de PWM a SFAVM.

## ¡NOTA!

La reducción de potencia automática es diferente cuando 14-55 Filtro de salida está ajustado en [2] Sine-Wave Filter Fixed.

### 3.4.3.3 Reducción de potencia debido a funcionamiento a velocidad lenta

Cuando se conecta un motor a un convertidor de frecuencia, es necesario comprobar si la refrigeración del motor es la adecuada.

El nivel de calentamiento depende de la carga del motor, así como de la velocidad y el tiempo de funcionamiento.

#### Aplicaciones de par constante (modo CT)

Se puede producir un problema con valores bajos de rpm en aplicaciones de par constante. En una aplicación de par constante, un motor puede sobrecalentarse a velocidades bajas debido a una escasez de aire de refrigeración proveniente del ventilador integrado en el motor. Por lo tanto, si se va a hacer funcionar el motor constantemente a un valor de rpm inferior a la mitad del valor nominal, debe recibir aire adicional para su enfriamiento (o debe utilizarse un motor diseñado para este tipo de funcionamiento). Una alternativa es reducir el nivel de carga del motor eligiendo un motor más grande. No obstante, el diseño del convertidor de frecuencia establece un límite en cuanto al tamaño del motor.

#### Aplicaciones de par variable (cuadrático) (VT)

En aplicaciones VT, como bombas centrífugas y ventiladores, el par es proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad y la potencia es proporcional al cubo de la velocidad. Con estas aplicaciones no se necesita una refrigeración o disminución adicional del motor. En *Ilustración 3.17*, la curva VT típica está por debajo del par máximo con reducción de potencia y del par máximo con enfriamiento forzado en todas las velocidades.

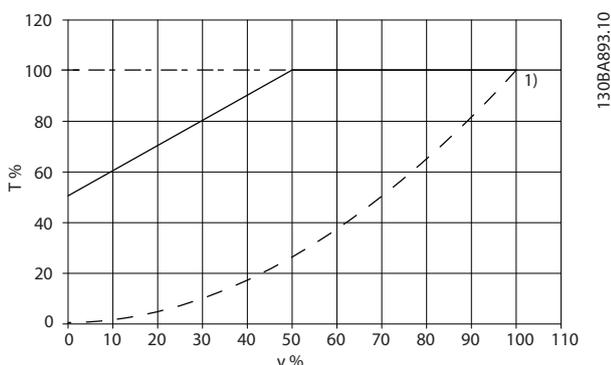


Ilustración 3.17 Aplicaciones VT: carga máxima para un motor estándar a 40 °C

Elemento	Descripción
————	Par máximo
-----	Par típico en la carga VT

Tabla 3.12 Leyenda: aplicaciones VT

## ¡NOTA!

El funcionamiento a una velocidad por encima de la sincronización provocará que el par disponible del motor se reduzca de forma inversamente proporcional al aumento de la velocidad. Esto debe tenerse en cuenta durante la fase de diseño para evitar la sobrecarga del motor.

### 3.4.4 CEM

Lo que sigue es una guía para la instalación de convertidores de frecuencia siguiendo lo que se denomina buena práctica de ingeniería. Siga estas directrices cuando sea necesario cumplir la norma EN 61800-3 *Primer ambiente*. Si la instalación debe cumplir la norma EN 61800-3 *Segundo ambiente*, por ejemplo en redes industriales, o en una instalación con su propio transformador, se permite desviarse de estas directrices, aunque no es recomendable. Consulte también 1.4.3 *Marca CE*, 2.2.1 *Aspectos generales de las emisiones CEM* y 2.2.2 *Resultados de las pruebas de CEM*.

#### Buena práctica de ingeniería para asegurar una instalación eléctrica correcta en cuanto a CEM:

- Utilice solo cables de motor y de control blindados y trenzados. La pantalla debería proporcionar una cobertura mínima del 80%. El material del apantallamiento debe ser metálico, normalmente de cobre, aluminio, acero o plomo, aunque se admiten otros tipos. No hay requisitos especiales en cuanto al cable de red.
- En instalaciones que utilizan conductos metálicos rígidos no es necesario utilizar cable apantallado, pero el cable del motor se debe instalar en un conducto separado de los cables de control y de red. Es necesario conectar completamente el conducto desde la unidad al motor. El rendimiento de CEM de los conductos flexibles varía considerablemente y es preciso obtener información del fabricante.
- Conecte el apantallamiento / blindaje / conducto a tierra en ambos extremos para los cables del motor y de control. En algunos casos, no es posible conectar la pantalla en ambos extremos. En estos casos, conecte la pantalla al convertidor de frecuencia.
- Evite terminar el apantallamiento / blindaje con extremos enrollados (cables de conexión flexibles) Eso aumenta la impedancia de alta frecuencia del apantallamiento, lo cual reduce su eficacia a altas

frecuencias. Utilice en su lugar abrazaderas de cable o casquillos de cable CEM de baja impedancia.

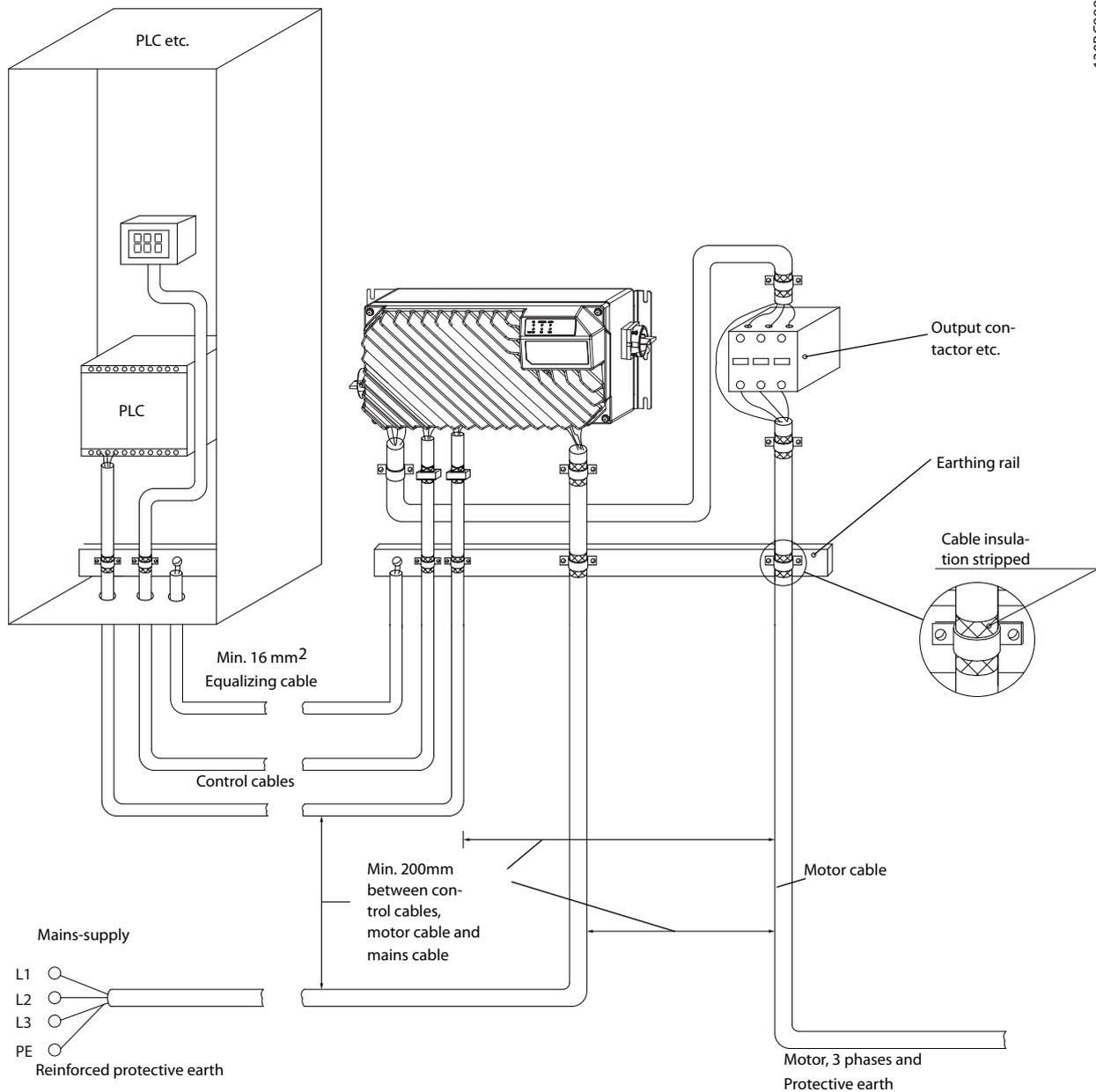
- Siempre que sea posible, evite utilizar cables de motor o de control no apantallados / no blindados en el interior de los alojamientos que albergan las unidades.

Deje la pantalla lo más cerca posible de los conectores.

Ilustración 3.18 muestra un ejemplo de una instalación eléctrica correcta, en cuanto a CEM, de un convertidor de

frecuencia IP20. El convertidor de frecuencia está conectado a un PLC que está instalado en un armario aparte. Otras formas de instalación podrán ofrecer un rendimiento de CEM igualmente bueno, siempre y cuando se sigan las anteriores directrices.

Si la instalación no se lleva a cabo según las directrices y si se utilizan cableados y cables de control no apantallados, es posible que no se cumplan ciertos requisitos relativos a emisiones aunque sí se cumplan los relacionados con inmunidad. Consulte la sección 2.2.2 *Resultados de las pruebas de CEM*.



1308C989.10

Ilustración 3.18 CEM: instalación eléctrica correcta de un convertidor de frecuencia

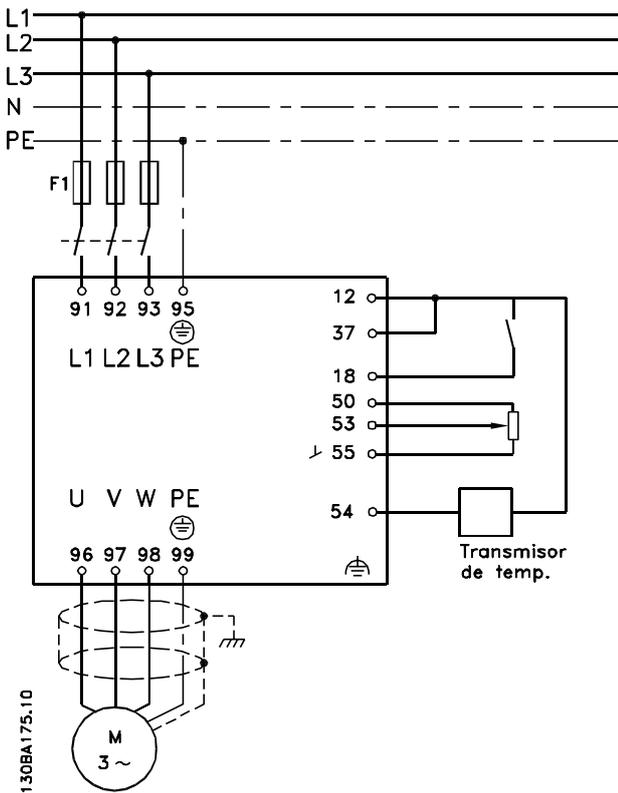


Ilustración 3.19 Diagrama de conexiones eléctricas

### 3.4.4.1 Conexión a tierra de cables de control apantallados

#### Apantallamiento correcto

En la mayoría de los casos, el método preferido consiste en fijar los cables de control con abrazaderas de pantallas en ambos extremos para garantizar el mejor contacto posible con el cable de alta frecuencia.

Si el potencial de tierra entre el convertidor de frecuencia y el PLC es distinto, puede producirse ruido eléctrico que perturbará todo el sistema. Resuelva este problema instalando un cable equalizador junto al cable de control. Sección transversal mínima del cable: 16 mm<sup>2</sup>.

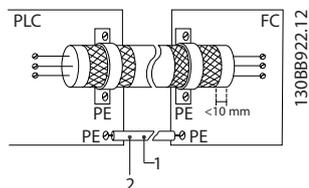


Ilustración 3.20 Apantallamiento de los cables de control

1	Cable equalizador de
2	16 mm <sup>2</sup> mín.

Tabla 3.13 Leyenda

#### Lazos de tierra de 50 / 60 Hz

Si se utilizan cables de control muy largos, pueden aparecer lazos de tierra. Este problema se puede solucionar conectando un extremo del apantallamiento a tierra mediante un condensador de 100 nF (manteniendo los cables cortos).

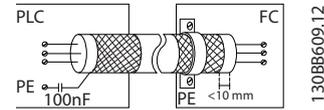


Ilustración 3.21 Apantallamiento para bucles de tierra de 50 / 60 Hz

#### Evite el ruido de CEM en la comunicación serie

Este terminal se conecta a tierra mediante un enlace RC interno. Utilice cables de par trenzado a fin de reducir la interferencia entre conductores. El método recomendado se muestra en Ilustración 3.22:

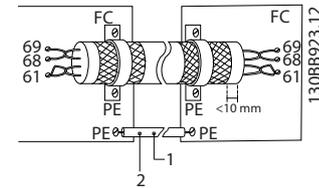


Ilustración 3.22 Apantallamiento para la reducción de ruido CEM en la comunicación serie

1	Cable equalizador de
2	16 mm <sup>2</sup> mín.

Tabla 3.14 Leyenda

Como método alternativo, puede omitirse la conexión al terminal 61:

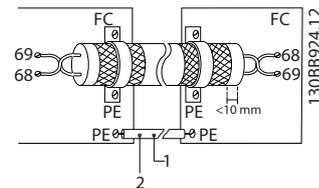


Ilustración 3.23 Apantallamiento para la reducción de ruido CEM en la comunicación serie sin terminal 61

1	Cable equalizador de
2	16 mm <sup>2</sup> mín.

Tabla 3.15 Leyenda

### 3.4.4.2 Interruptor RFI

#### Alimentación de red aislada de tierra

Cuando la alimentación del convertidor de frecuencia proviene de una fuente de red aislada (red IT, triángulo flotante y triángulo conectado a tierra) o de redes TT / TN-S con toma de tierra, ajuste el interruptor RFI en [Off] mediante *14-50 Filtro RFI* en el convertidor de frecuencia. De lo contrario, ajuste *14-50 Filtro RFI* a [On].

Si desea obtener información adicional, consulte:

- CEI 364-3
- *Nota sobre la aplicación VLT en redes IT, MN90C.* Es importante utilizar monitores de aislamiento diseñados para su uso con componentes electrónicos de potencia (CEI 61557-8).

### 3.4.5 Interferencia de la red de alimentación/Armónicos

#### 3.4.5.1 Interferencia de la red de alimentación/Armónicos

El convertidor de frecuencia acepta una intensidad no senoidal de la red, lo que aumenta la intensidad de entrada  $I_{RMS}$ . Una corriente no senoidal es transformada por medio de un análisis Fourier y separada en corrientes de onda senoidal con diferentes frecuencias, es decir, con diferentes corrientes armónicas  $I_N$  con 50 Hz como frecuencia básica:

Corrientes armónicas	$I_1$	$I_5$	$I_7$
Hz	50 Hz	250 Hz	350 Hz

Tabla 3.16 Corrientes armónicas

Los armónicos no afectan directamente al consumo eléctrico, aunque aumentan las pérdidas por calor en la instalación (transformador, cables). Por ello, en instalaciones con un porcentaje alto de carga rectificadora, mantenga las intensidades armónicas en un nivel bajo para evitar sobrecargar el transformador y una alta temperatura de los cables.

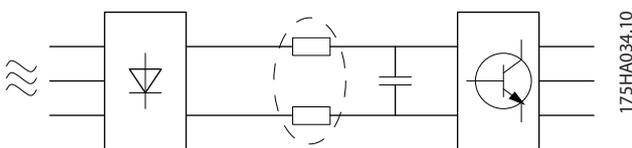


Ilustración 3.24 Bobinas del circuito intermedio

#### ¡NOTA!

Algunas corrientes armónicas pueden perturbar el equipo de comunicación conectado al mismo transformador o causar resonancias, si se utilizan baterías con corrección del factor de potencia.

	Corriente de entrada
$I_{RMS}$	1,0
$I_1$	0,9
$I_5$	0,4
$I_7$	0,2
$I_{11-49}$	<0,1

Tabla 3.17 Corrientes armónicas en comparación con la corriente de entrada RMS

Para asegurar corrientes armónicas bajas, el convertidor de frecuencia tiene bobinas de circuito intermedio de forma estándar. Las bobinas de CC reducen la distorsión total de armónicos (THD) al 40%.

### 3.4.5.2 Efecto de los armónicos en un sistema de distribución de potencia

En *Ilustración 3.25* un transformador está conectado al lado primario hacia un punto de acoplamiento común PCC1, en la fuente de alimentación de tensión media. El transformador tiene una impedancia  $Z_{xfr}$  y alimenta un número de cargas. El punto de acoplamiento común donde están conectadas todas las cargas es PCC2. Cada carga está conectada a través de cables con una impedancia  $Z_1, Z_2, Z_3$ .

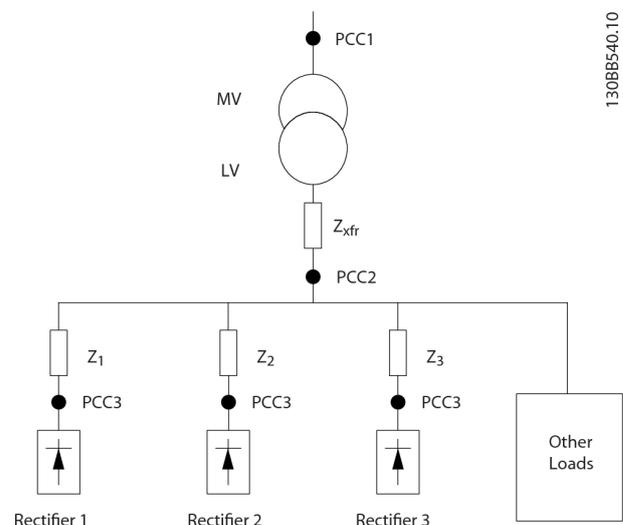


Ilustración 3.25 Sistema de distribución pequeño

Las corrientes armónicas consumidas por cargas no lineales causan distorsión de la tensión debido a la caída de tensión en las impedancias del sistema de distribución. Impedancias más elevadas se traducen en mayores niveles de distorsión de tensión.

La distorsión actual está relacionada con el rendimiento del aparato, el cual está relacionado con la carga individual. La distorsión de tensión está relacionada con el rendimiento del sistema. No es posible determinar la distorsión de tensión en el PCC sabiendo únicamente el rendimiento armónico de la carga. Para predecir la

distorsión en el PCC, deben conocerse tanto la configuración del sistema de distribución como las impedancias relevantes.

Un término empleado comúnmente para describir la impedancia de una red es la relación de cortocircuito  $R_{sce}$ , definida como la relación entre la potencia aparente de cortocircuito de la fuente de alimentación en el PCC ( $S_{sc}$ ) y la potencia aparente nominal de la carga ( $S_{equ}$ ).

$$R_{sce} = \frac{S_{ce}}{S_{equ}}$$

donde  $s_{sc} = \frac{U^2}{Z_{suministro}}$  y  $s_{equ} = U \times I_{equ}$

**El efecto negativo de los armónicos es doble**

- Las corrientes armónicas contribuyen a pérdidas del sistema (en el cableado, transformador)
- La distorsión de tensión armónica provoca interferencias en otras cargas e incrementa las pérdidas en otras cargas.

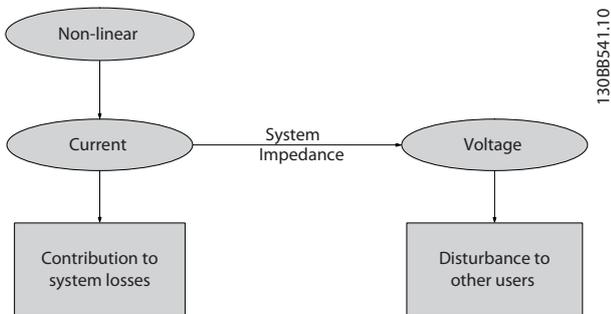


Ilustración 3.26 Efecto negativo de los armónicos

**3.4.5.3 Normas y requisitos de limitación armónica**

Los requisitos para la limitación armónica pueden ser:

- Requisitos específicos de la aplicación
- Normas que deben cumplirse

Los requisitos específicos de la aplicación están relacionados con una instalación específica en la que hay razones técnicas para limitar los armónicos.

Ejemplo: un transformador de 250 kVA con dos motores de 110 kW conectados es suficiente si uno de los motores está conectado directamente en línea y el otro recibe alimentación a través de un convertidor de frecuencia. Sin embargo, el transformador puede tener un tamaño menor si ambos motores reciben alimentación de un convertidor de frecuencia. Empleando medios adicionales para la reducción de armónicos dentro de la instalación o eligiendo variantes de convertidores de frecuencia de armónicos bajos, es posible que ambos motores funcionen con convertidores de frecuencia.

Hay varias normas, reglamentos y recomendaciones de mitigación de armónicos. Hay que tener en cuenta que la aplicación de las diferentes normas depende de las

diferentes regiones geográficas y sectores industriales. Las normas siguientes son las más comunes:

- IEC61000-3-2
- IEC61000-3-12
- IEC61000-3-4
- IEEE 519
- G5/4

Consulte la *Guía de diseño sobre los filtros armónicos avanzados 005/010, MG80C* para averiguar detalles específicos sobre cada norma.

**3.4.5.4 Mitigación de armónicos**

En casos en los que la supresión adicional de armónicos es necesaria, Danfoss ofrece una amplia gama de equipos de mitigación. Estos son:

- Convertidores de frecuencia de 12 pulsos VLT
- Filtros AHF VLT
- Convertidores de frecuencia de bajos armónicos VLT
- Filtros activos VLT

La elección de la solución correcta depende de varios factores:

- La red (distorsión de fondo, desequilibrio de red, resonancia y tipo de fuente de alimentación (transformador/generador))
- Aplicación (perfil de carga, número de cargas y tamaño de la carga)
- Requisitos/reglamentos locales/nacionales (IEEE519, CEI, G5/4, etc.)
- Coste total de propiedad (coste inicial, eficiencia, mantenimiento, etc.)

**3.4.5.5 Cálculo de armónicos**

Para determinar el grado de contaminación de tensión de la red y las precauciones necesarias, utilice el software de cálculo MCT31 de Danfoss. En [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com) puede descargarse la herramienta gratuita de cálculo armónico VLT® MCT 31. El software está construido pensando en la comodidad del usuario y se ha limitado para incluir solamente los parámetros del sistema que son accesibles normalmente.

Puede utilizar relés diferenciales RCD, conexión a tierra de protección múltiple o conexión a tierra como protección adicional, siempre que se cumpla la normativa vigente en materia de seguridad.

En caso de fallo a tierra, puede desarrollarse una componente CC en la intensidad en fallo.

Si se utilizan relés RCD, deben cumplirse los reglamentos locales. Los relés deben ser adecuados para proteger equipos trifásicos con un puente rectificador y para una pequeña descarga utilizando RCD en el momento de la conexión. Consulte 2.4 *Corriente de fuga a tierra* para obtener más información.

### 3.4.6 Prueba y ajuste final

#### 3.4.6.1 Prueba de alta tensión

Realice una prueba de alta tensión cortocircuitando los terminales U, V, W, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> y L<sub>3</sub>. Aplique un máximo de 2,15 kV CC para los convertidores de frecuencia de 380-500 V, durante un segundo, entre el cortocircuito y el chasis.

#### ⚠️ ADVERTENCIA

Si se somete a toda la instalación a una prueba de alto voltaje, interrumpa la conexión del motor y de la alimentación si las corrientes de fuga son demasiado altas.

#### 3.4.6.2 Toma de tierra

**Siempre que se instale un convertidor de frecuencia, se deben tener en cuenta los siguientes puntos básicos para obtener la compatibilidad electromagnética (CEM).**

- Conexión a tierra de seguridad: tenga en cuenta que el convertidor de frecuencia tiene una corriente de fuga alta y debe conectarse a tierra de forma adecuada por razones de seguridad. Aplique la normativa local de seguridad.
- Conexión a tierra de alta frecuencia: procure que los cables de conexión a tierra sean lo más cortos posible.

Conecte los distintos sistemas de tierra con la mínima impedancia posible del conductor. La mínima impedancia del conductor posible se obtiene manteniendo el conductor lo más corto posible y utilizando la superficie más extensa posible.

Los alojamientos metálicos de los diferentes dispositivos se montan en la placa posterior del alojamiento con la impedancia de AF más baja posible. Con ello, se evita tener distintas tensiones de AF para cada dispositivo, así como el riesgo de corrientes de interferencias de radio a través de los cables de conexión que se pueden utilizar entre los dispositivos. Las interferencias de radio deberán reducirse.

Para obtener una baja impedancia de AF, use los pernos de ajuste de los dispositivos como conexión de AF con la placa posterior. Es necesario retirar la pintura aislante o similar de los puntos de ajuste.

#### 3.4.6.3 Conexión segura a tierra

El convertidor de frecuencia tiene una alta corriente de fuga y debe conectarse a tierra de forma adecuada por razones de seguridad conforme a CEI 61800-5-1.

#### ⚠️ ADVERTENCIA

La corriente de fuga a tierra del convertidor de frecuencia sobrepasa los 3,5 mA. Para asegurarse de que el cable a tierra cuenta con una buena conexión mecánica a tierra (terminal 95), la sección de cable debe ser de al menos 10 mm<sup>2</sup> ó 2 cables a tierra de sección estándar de forma separada.

#### 3.4.6.4 Comprobación del ajuste final

Para comprobar el ajuste y asegurarse de que el convertidor de frecuencia funciona, siga estos pasos.

**Paso 1. Localice la placa de características del motor.**

#### ¡NOTA!

El motor puede estar conectado en estrella (Y) o en triángulo (Δ). Esta información aparece en la placa de características del motor.

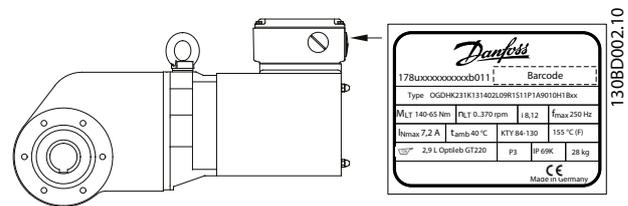


Ilustración 3.27 Localización de la placa de características del motor

178uxxxxxxxxxb011		Barcode	
Type OGDHK231K131402L09R1S11P1A9010H1Bxx			
M <sub>LT</sub> 140-65 Nm	n <sub>LT</sub> 0..370 rpm	i 8,12	f <sub>max</sub> 250 Hz
I <sub>Nmax</sub> 7,2 A	t <sub>amb</sub> 40 °C	KTY 84-130	155 °C (F)
2,9 L Optileb GT220	P3	IP 69K	28 kg
Made in Germany			

Ilustración 3.28 Placa de características

## Paso 2. Compruebe la placa de características del motor en esta lista de parámetros.

Para acceder a esta lista, pulse primero la tecla [Quick Menu] en el LCP y, a continuación, seleccione «Q2 Ajuste rápido».

1. 1-20 Potencia motor [kW]  
1-21 Potencia motor [CV]
2. 1-22 Tensión motor
3. 1-23 Frecuencia motor
4. 1-24 Intensidad motor
5. 1-25 Veloc. nominal motor

## Paso 3. Seleccione los datos del motor OGD.

1. Ajuste 1-11 Motor Model a OGD LA10' de 'Danfoss.

## Paso 4. Configure el límite de velocidad y el tiempo de rampa

Ajuste los límites deseados para la velocidad y el tiempo de rampa:

- 3-02 Referencia mínima
- 3-03 Referencia máxima
- 4-11 Límite bajo veloc. motor [RPM] o 4-12 Límite bajo veloc. motor [Hz]
- 4-13 Límite alto veloc. motor [RPM] o 4-14 Límite alto veloc. motor [Hz]
- 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa
- 3-42 Rampa 1 tiempo desacel. rampa

## 3.5 Condiciones ambientales

### 3.5.1 Humedad atmosférica

El convertidor de frecuencia ha sido diseñado para cumplir la norma CEI/EN 60068-2-3, EN 50178 pkt. 9.4.2.2 a 50 °C.

### 3.5.2 Entornos agresivos

Un convertidor de frecuencia consta de un gran número de componentes mecánicos y electrónicos. Todos ellos son, hasta cierto punto, vulnerables a los efectos ambientales.

## **PRECAUCIÓN**

El convertidor de frecuencia no se debe instalar en lugares en los que haya líquidos, partículas o gases en suspensión capaces de afectar y dañar los componentes electrónicos. Si no se toman las medidas de protección necesarias, aumentará el riesgo de paradas, y se reducirá la duración del convertidor de frecuencia.

## Grado de protección según norma CEI 60529

La función de parada segura solo puede instalarse y operarse desde un armario de control con un grado de protección IP54 o superior (o en un entorno equivalente). Esto es necesario para evitar fallos cruzados y cortocircuitos entre terminales, conectores, pistas y circuitería relacionada con la seguridad, que pudieran ser provocados por objetos extraños.

Los líquidos pueden ser transportados por el aire y condensarse en el convertidor de frecuencia, provocando la corrosión de los componentes y las partes metálicas. El vapor, la grasa y el agua salada pueden ocasionar la corrosión de componentes y de piezas metálicas. En tales entornos, utilice equipos con clasificación de protección IP54/55. Como protección adicional, se puede pedir opcionalmente el barnizado de las placas de circuito impreso.

Las partículas transportadas en el aire, como el polvo, pueden provocar fallos mecánicos, eléctricos o térmicos en el convertidor de frecuencia. Un indicador habitual de los niveles excesivos de partículas suspendidas en el aire son las partículas de polvo alrededor del ventilador del convertidor de frecuencia. En entornos con mucho polvo, se recomienda el uso de un equipo con clasificación de protección IP54/55 o un armario para equipos IP00/IP20/ TIPO 1.

En ambientes con altos niveles de temperatura y humedad, los gases corrosivos, como los compuestos de azufre, nitrógeno y cloro, originan procesos químicos en los componentes del convertidor de frecuencia.

Dichas reacciones químicas afectan a los componentes electrónicos y los dañarán con rapidez. En esos ambientes, monte el equipo en un armario con ventilación de aire fresco, manteniendo los gases agresivos alejados del convertidor de frecuencia.

Como protección adicional, en estas zonas se puede pedir opcionalmente el barnizado de las placas de circuitos impresos.

## ¡NOTA!

La instalación de los convertidores de frecuencia en entornos agresivos aumentará el riesgo de parada del sistema y reducirá considerablemente la vida útil del convertidor de frecuencia.

## 3

Antes de instalar el convertidor de frecuencia, compruebe la presencia de líquidos, partículas y gases en el aire. Para ello, observe las instalaciones existentes en este entorno. Signos habituales de líquidos dañinos en el aire son la existencia de agua o aceite en las piezas metálicas o su corrosión.

Los niveles excesivos de partículas de polvo suelen encontrarse en los armarios de instalación y en las instalaciones eléctricas existentes. Un indicador de la presencia de gases corrosivos transmitidos por el aire es el ennegrecimiento de los conductos de cobre y los extremos de los cables de las instalaciones existentes.

Los protecciones D y E tienen una opción de canal trasero de acero inoxidable para proporcionar protección adicional en entornos agresivos. Sigue siendo necesaria una ventilación adecuada para los componentes internos del convertidor de frecuencia. Contacte con Danfoss para obtener información más detallada.

### 3.5.3 Vibración y golpe

El convertidor de frecuencia ha sido probado según un procedimiento basado en las siguientes normativas:

El convertidor de frecuencia cumple los requisitos relativos a estas condiciones cuando se monta en las paredes y suelos de instalaciones de producción, o en paneles atornillados a paredes o suelos.

- CEI/EN 60068-2-6: Vibración (sinusoidal) – 1970
- CEI/EN 60068-2-64: Vibración aleatoria de banda ancha

### 3.5.4 Ruido acústico

**El ruido acústico producido por el convertidor de frecuencia procede de tres fuentes:**

1. Bobinas del circuito intermedio de CC.
2. El ventilador incorporado.
3. La bobina de choque del filtro RFI.

Consulte *6 Especificaciones* para obtener información sobre el ruido acústico.

## 4 Ejemplos de aplicaciones

Los ejemplos de esta sección pretenden ser una referencia rápida para aplicaciones comunes.

- Los ajustes de parámetros son los valores regionales predeterminados, salvo que se indique lo contrario (seleccionado en *0-03 Ajustes regionales*).
- Los parámetros asociados con los terminales y sus ajustes se muestran al lado de los dibujos.
- Cuando se necesitan ajustes de conmutación para los terminales analógicos A53 o A54, también se mostrarán.

Puede ser necesario un puente entre el terminal 12 (o 13) y el 27 para que el convertidor de frecuencia funcione cuando está usando valores de programación ajustados en fábrica. Consulte 4.9.1.1 *Función de parada segura del terminal 37* para obtener mas información.

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	1-29 Adaptación automática del motor (AMA)	[1] Act. AMA completo
D IN	19		
COM	20		
D IN	27	5-12 Terminal 27 Entrada digital	[2]* Inercia inversa
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		
		*= Valor predeterminado <b>Notas / comentarios:</b> el grupo de parámetros 1-2* debe ajustarse de acuerdo con el motor.	

Tabla 4.1 AMA con T27 conectado

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19		
COM	20		
D IN	27	1-29 Adaptación automática del motor (AMA)	[1] Act. AMA completo
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		
		*= Valor predeterminado <b>Notas / comentarios:</b> el grupo de parámetros 1-2* debe ajustarse de acuerdo con el motor.	

Tabla 4.2 AMA sin T27 conectado

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19		
COM	20		
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		
		*= Valor predeterminado <b>Notas / comentarios:</b>	

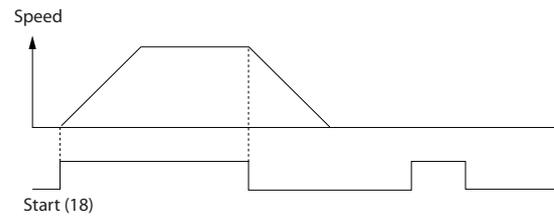
Tabla 4.3 Referencia analógica de velocidad (tensión)

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	6-12 Terminal 53	4 mA*
D IN	19	escala baja mA	
COM	20	6-13 Terminal 53	20 mA*
D IN	27	escala alta mA	
D IN	29	6-14 Term. 53	0 rpm
D IN	32	valor bajo ref./	
D IN	33	realim	
D IN	37	6-15 Term. 53	1500 rpm
		valor alto ref./	
		realim	
*= Valor predeterminado			
<b>Notas / comentarios:</b>			

Tabla 4.4 Referencia analógica de velocidad (intensidad)

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	5-10 Terminal 18	[8] Arranque*
D IN	19	entrada digital	
COM	20	5-12 Terminal 27	[0] Sin
D IN	27	entrada digital	función
D IN	29	5-19 Terminal 37	[1] Alarma
D IN	32	parada segura	parada seg.
D IN	33		
D IN	37		
*= Valor predeterminado			
<b>Notas / comentarios:</b>			
Cuando 5-12 Terminal 27 entrada digital se ajusta en [0] Sin función, no se necesita un puente al terminal 27.			
+10	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabla 4.5 Comando de arranque / parada con parada segura

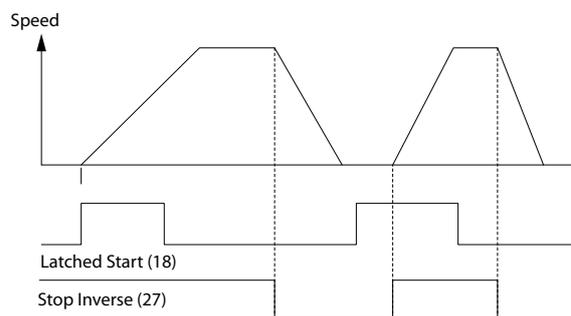


130BB805.11

Ilustración 4.1 Comando de arranque / parada con parada segura

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	5-10 Terminal 18	[9] Arranque
D IN	19	entrada digital	por pulsos
COM	20	5-12 Terminal 27	[6] Parada
D IN	27	entrada digital	inversa
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
*= Valor predeterminado			
<b>Notas / comentarios:</b>			
Cuando 5-12 Terminal 27 entrada digital se ajusta en [0] Sin función, no se necesita un puente al terminal 27.			
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabla 4.6 Arranque / Parada de pulsos



130BB806.10

Ilustración 4.2 Arranque / Parada de pulsos

		Parámetros	
		Función	Ajuste
		5-10 Terminal 18 <i>entrada digital</i>	[8] Arranque
		5-11 Terminal 19 <i>entrada digital</i>	[10] Cambio de sentido*
		5-12 Terminal 27 <i>entrada digital</i>	[0] Sin función
		5-14 Terminal 32 <i>entrada digital</i>	[16] Ref. interna LSB
		5-15 Terminal 33 <i>entrada digital</i>	[17] Ref. interna MSB
3-10 Referencia interna		Ref. interna 0	25%
		Ref. interna 1	50%
		Ref. interna 2	75%
		Ref. interna 3	100%
		*= Valor predeterminado	
		<b>Notas / comentarios:</b>	

Tabla 4.7 Arranque / parada con cambio de sentido y cuatro velocidades predeterminadas

		Parámetros	
		Función	Ajuste
		5-11 Terminal 19 <i>entrada digital</i>	[1] Reinicio
		*= Valor predeterminado	
		<b>Notas / comentarios:</b>	

Tabla 4.8 Reinicio de alarma externa

		Parámetros	
		Función	Ajuste
		6-10 Terminal 53 <i>escala baja V</i>	0,07 V*
		6-11 Terminal 53 <i>escala alta V</i>	10 V*
		6-14 Term. 53 <i>valor bajo ref./realim</i>	0 rpm
		6-15 Term. 53 <i>valor alto ref./realim</i>	1500 rpm
		*= Valor predeterminado	
		<b>Notas / comentarios:</b>	

Tabla 4.9 Referencia de velocidad (empleando un potenciómetro manual)

		Parámetros	
		Función	Ajuste
		5-10 Terminal 18 <i>entrada digital</i>	[8] Arranque*
		5-12 Terminal 27 <i>entrada digital</i>	[19] Mantener referencia
		5-13 Terminal 29 <i>Entrada digital</i>	[21] Aceleración
		5-14 Terminal 32 <i>entrada digital</i>	[22] Deceleración
		*= Valor predeterminado	
		<b>Notas / comentarios:</b>	

Tabla 4.10 Aceleración / Deceleración

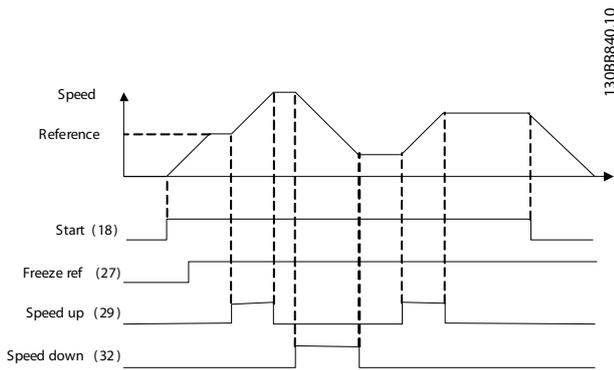


Ilustración 4.3 Aceleración / Deceleración

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	8-30 Protocolo	FC*
D IN	19	8-31 Dirección	1*
COM	20	8-32 Velocidad en baudios	9600*
D IN	27	*= Valor predeterminado	
D IN	29	<b>Notas / comentarios:</b> seleccione el protocolo, la dirección y la velocidad en baudios en los parámetros mencionados anteriormente.	
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		
R1	01, 02, 03		
R2	04, 05, 06		
	61, 68, 69	RS-485	

Tabla 4.11 Conexión de red RS-485

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	1-90 Protección térmica motor	[2] Descon. termistor
D IN	19	1-93 Fuente de termistor	[1] Entrada analógica 53
COM	20	*= Valor predeterminado	
D IN	27	<b>Notas / comentarios:</b> si solo se desea una advertencia, 1-90 Protección térmica motor debe estar ajustado en [1] Advert. termistor.	
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		
U - I	A53		

Tabla 4.12 Termistor del motor

## PRECAUCIÓN

Los termistores deben utilizar aislamiento reforzado o doble para cumplir los requisitos de aislamiento PELV.

		Parámetros																																																					
		Función	Ajuste																																																				
<table border="1"> <tr><th colspan="2">FC</th></tr> <tr><td>+24 V</td><td>12</td></tr> <tr><td>+24 V</td><td>13</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>18</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>19</td></tr> <tr><td>COM</td><td>20</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>27</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>29</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>32</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>33</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>37</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>+10 V</td><td>50</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>53</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>54</td></tr> <tr><td>COM</td><td>55</td></tr> <tr><td>A OUT</td><td>42</td></tr> <tr><td>COM</td><td>39</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>RI</td><td>01</td></tr> <tr><td>RI</td><td>02</td></tr> <tr><td>RI</td><td>03</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>R2</td><td>04</td></tr> <tr><td>R2</td><td>05</td></tr> <tr><td>R2</td><td>06</td></tr> </table>		FC		+24 V	12	+24 V	13	D IN	18	D IN	19	COM	20	D IN	27	D IN	29	D IN	32	D IN	33	D IN	37			+10 V	50	A IN	53	A IN	54	COM	55	A OUT	42	COM	39			RI	01	RI	02	RI	03			R2	04	R2	05	R2	06	130BB839.10	
FC																																																							
+24 V	12																																																						
+24 V	13																																																						
D IN	18																																																						
D IN	19																																																						
COM	20																																																						
D IN	27																																																						
D IN	29																																																						
D IN	32																																																						
D IN	33																																																						
D IN	37																																																						
+10 V	50																																																						
A IN	53																																																						
A IN	54																																																						
COM	55																																																						
A OUT	42																																																						
COM	39																																																						
RI	01																																																						
RI	02																																																						
RI	03																																																						
R2	04																																																						
R2	05																																																						
R2	06																																																						
		4-30 Función de pérdida de realim. del motor	[1] Advertencia																																																				
		4-31 Error de velocidad en realim. del motor	100RPM																																																				
		4-32 Tiempo lím. pérdida realim. del motor	5 s																																																				
		7-00 Fuente de realim. PID de veloc.	[2] MCB 102																																																				
		17-11 Resolución (PPR)	1024*																																																				
		13-00 Modo Controlador SL	[1] Sí																																																				
		13-01 Evento arranque	[19] Advertencia																																																				
		13-02 Evento parada	[44] Botón Reset																																																				
		13-10 Operando comparador	[21] Número advert.																																																				
		13-11 Operador comparador	[1] ≈*																																																				
		13-12 Valor comparador	90																																																				
		13-51 Evento Controlador SL	[22] Comparador 0																																																				
		13-52 Acción Controlador SL	[32] Aj. sal. dig. A baja																																																				
		5-40 Relé de función	[80] Salida digital SL A																																																				
		*= Valor predeterminado																																																					
		<b>Notas / comentarios:</b> si se supera el límite en el monitor de realimentación, se emitirá la advertencia 90. El SLC supervisa la advertencia 90 y, en caso de que esta se evalúe como «TRUE» («VERDADERO»), se activará el relé 1. A continuación, los equipos externos podrán indicar que es necesario realizar una reparación. Si el valor del error de realimentación vuelve a ser inferior al límite en un intervalo de 5, el convertidor de frecuencia continúa funcionando y la advertencia desaparece. Sin embargo, el relé 1 seguirá activado hasta que se pulse [Reset] en el LCP.																																																					

Tabla 4.13 Uso de SLC para configurar un relé

		Parámetros																																																					
		Función	Ajuste																																																				
<table border="1"> <tr><th colspan="2">FC</th></tr> <tr><td>+24 V</td><td>12</td></tr> <tr><td>+24 V</td><td>13</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>18</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>19</td></tr> <tr><td>COM</td><td>20</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>27</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>29</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>32</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>33</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>37</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>+10 V</td><td>50</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>53</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>54</td></tr> <tr><td>COM</td><td>55</td></tr> <tr><td>A OUT</td><td>42</td></tr> <tr><td>COM</td><td>39</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>RI</td><td>01</td></tr> <tr><td>RI</td><td>02</td></tr> <tr><td>RI</td><td>03</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>R2</td><td>04</td></tr> <tr><td>R2</td><td>05</td></tr> <tr><td>R2</td><td>06</td></tr> </table>		FC		+24 V	12	+24 V	13	D IN	18	D IN	19	COM	20	D IN	27	D IN	29	D IN	32	D IN	33	D IN	37			+10 V	50	A IN	53	A IN	54	COM	55	A OUT	42	COM	39			RI	01	RI	02	RI	03			R2	04	R2	05	R2	06	130BB841.10	
FC																																																							
+24 V	12																																																						
+24 V	13																																																						
D IN	18																																																						
D IN	19																																																						
COM	20																																																						
D IN	27																																																						
D IN	29																																																						
D IN	32																																																						
D IN	33																																																						
D IN	37																																																						
+10 V	50																																																						
A IN	53																																																						
A IN	54																																																						
COM	55																																																						
A OUT	42																																																						
COM	39																																																						
RI	01																																																						
RI	02																																																						
RI	03																																																						
R2	04																																																						
R2	05																																																						
R2	06																																																						
		5-40 Relé de función	[32] Ctrl. freno mec.																																																				
		5-10 Terminal 18 entrada digital	[8] Arranque*																																																				
		5-11 Terminal 19 entrada digital	[11] Arranque e inversión																																																				
		1-71 Retardo arr.	0,2																																																				
		1-72 Función de arranque	[5] VVC <sup>plus</sup> /FLUX en sentido horario																																																				
		1-76 Intensidad arranque	Im,n																																																				
		2-20 Intensidad freno liber.	Ap. dependiente																																																				
		2-21 Velocidad activación freno [RPM]	Mitad del deslizamiento nominal del motor																																																				
		*= Valor predeterminado																																																					
		<b>Notas / comentarios:</b>																																																					

Tabla 4.14 Control de freno mecánico

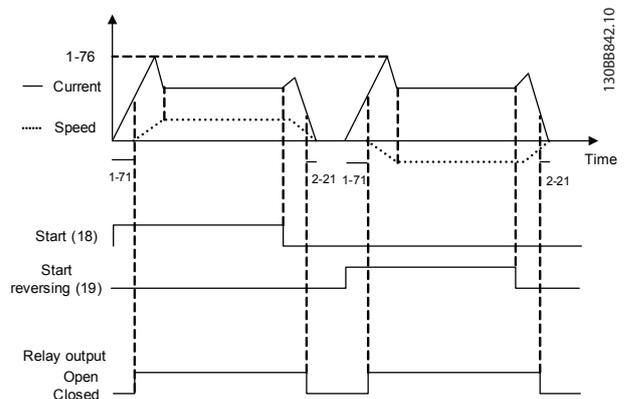
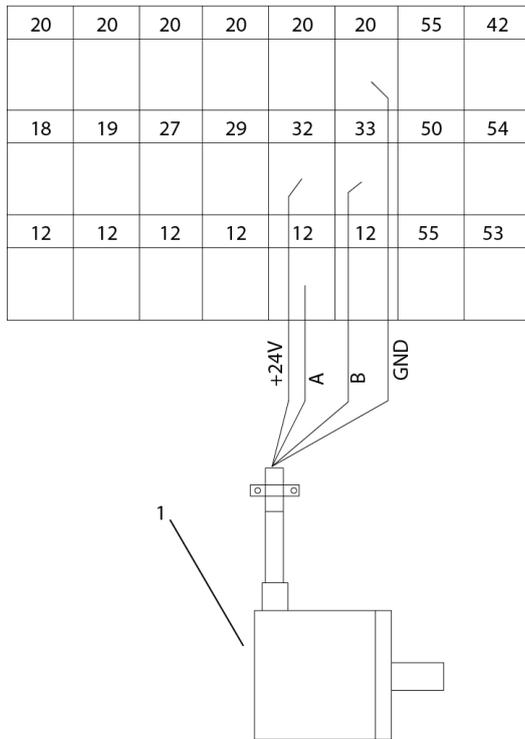


Ilustración 4.4 Control de freno mecánico

### 4.1 Conexión del encoder

El objetivo de esta guía es facilitar la configuración de la conexión del encoder al convertidor de frecuencia. Antes de configurar el encoder, se mostrarán los ajustes básicos para un sistema de control de velocidad de lazo cerrado.



130BC995.10

Ilustración 4.5 Conexión del encoder al convertidor de frecuencia

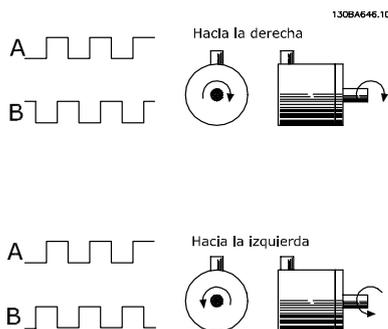


Ilustración 4.6 Encoders incrementales de 24 V con una longitud máxima del cable de 5 m

### 4.2 Dirección de encoder

La dirección del encoder está determinada por el orden de los pulsos que entran en el convertidor. La dirección en sentido horario significa que el canal A se encuentra 90 grados eléctricos antes que el B. La dirección en sentido antihorario significa que el canal B se encuentra 90 grados eléctricos antes que el A.

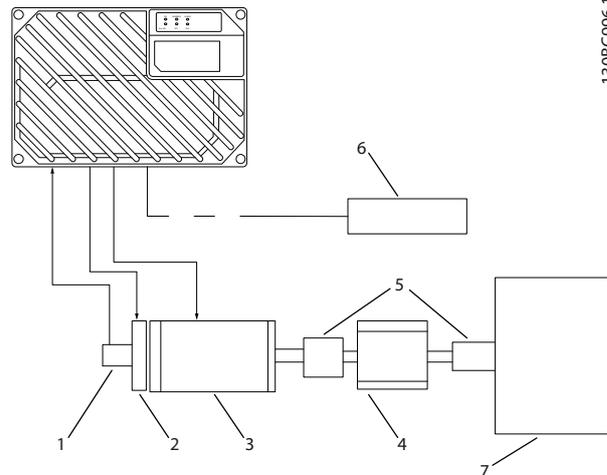
La dirección se determina mirando desde el extremo del eje.

### 4.3 Sistema de convertidor de lazo cerrado

Un sistema de convertidor de frecuencia de lazo cerrado consta normalmente de elementos como:

- Motor
- Añadir (Caja de engranajes) (Freno mecánico)
- Convertidor de frecuencia
- Encoder como sistema de realimentación
- Resistencia de freno para frenado dinámico
- Transmisión
- Carga

Las aplicaciones que necesitan un control de freno mecánico suelen requerir una resistencia de freno.



130BC996.10

Ilustración 4.7 Ajuste básico para el control de velocidad de lazo cerrado

Elemento	Descripción
1	Encoder
2	Freno mecánico
3	Motor
4	Caja de engranajes
5	Transmisión
6	Resist. de freno
7	Carga

Tabla 4.15 Leyenda

## 4.4 Control de PID

### 4.4.1 Contr. PID veloc.

1-00 Modo Configuración	1-01 Principio control motor			
	U/f	VVCplus	Flux Sensorless	Flux con realim. encoder
[0] Veloc. lazo abierto	No activo	No activo	ACTIVO	N.D.
[1] Veloc. lazo cerrado	N.D.	ACTIVO	N.D.	ACTIVO
[2] Par	N.D.	N.D.	N.D.	No activo
[3] Proceso		No activo	ACTIVO	ACTIVO

Tabla 4.16 Configuraciones de control en las que el control de velocidad está activo.

«N.D.» significa que el modo especificado no está disponible.

«No activo» significa que el modo especificado está disponible pero el control de velocidad no está activo en dicho modo.

### ¡NOTA!

El PID de control de velocidad funciona usando el ajuste de parámetros predeterminado, pero es recomendable ajustar los parámetros para optimizar el rendimiento del control del motor. Los dos principios de control del motor Flux dependen especialmente del ajuste adecuado para alcanzar todo su potencial.

### 4.4.2 Los siguientes parámetros están relacionados con el control de velocidad

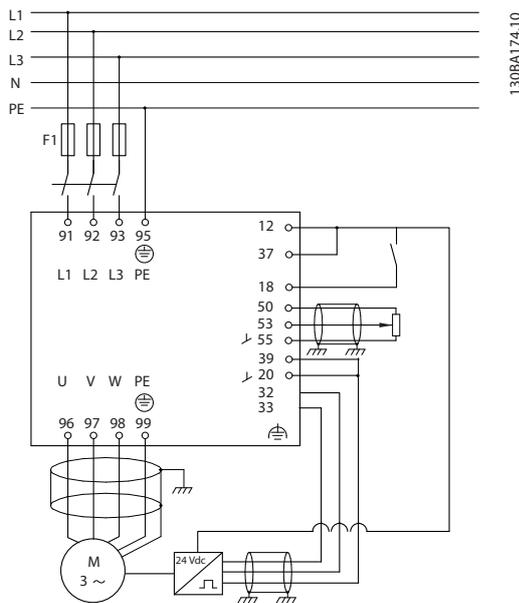
Parámetro	Descripción de la función	
7-00 Fuente de realim. PID de veloc.	Seleccióne desde qué entrada obtendrá la realimentación el PID de velocidad.	
30-83 Ganancia proporc. PID veloc.	Cuanto mayor sea este valor, más rápido será el control. Sin embargo, valores demasiado elevados pueden producir oscilaciones.	
7-03 Tiempo integral PID veloc.	Elimina el error de velocidad de estado fijo. Cuanto menor es el valor, más rápida es la reacción. Sin embargo, valores demasiado bajos pueden producir oscilaciones.	
7-04 Tiempo diferencial PID veloc.	Proporciona una ganancia proporcional al índice de cambio de la realimentación. El ajuste a cero desactiva el diferencial.	
7-05 Límite ganancia dif. PID veloc.	Si hay cambios rápidos en la referencia o en la realimentación en determinada aplicación, lo que significa que el error cambia rápidamente, el diferencial puede volverse demasiado dominante. Esto se debe a que reacciona a cambios en el error. Cuanto más rápido cambia el error, más alta es la ganancia diferencial. Por ello, esta ganancia se puede limitar para permitir el ajuste de un tiempo diferencial razonable para cambios lentos, y una ganancia rápida adecuada para cambios rápidos.	
7-06 Tiempo filtro paso bajo PID veloc.	El filtro de paso bajo amortigua las oscilaciones de la señal de realimentación y mejora el rendimiento de estado fijo. Sin embargo, un filtro demasiado grande deteriorará el rendimiento dinámico del control de PID de velocidad. Ajustes prácticos del par. 7-06 tomados del número de pulsos por revolución del encoder (PPR):	
	<b>PPR del encoder</b>	<b>7-06 Tiempo filtro paso bajo PID veloc.</b>
	512	10 ms
	1024	5 ms
	2048	2 ms
	4096	1 ms

Tabla 4.17 Parámetros relacionados con el control de velocidad

#### Ejemplo de programación del control de velocidad

En este caso, el control de PID de velocidad se usa para mantener una velocidad de motor constante independientemente de la modificación de carga del motor. La velocidad del motor requerida se ajusta mediante un potenciómetro conectado al terminal 53. El rango de velocidad es 0-1500 RPM y corresponde a 0-10 V en el

potenciómetro. El arranque y la parada están controlados por un interruptor conectado al terminal 18. El PID de velocidad monitoriza las RPM actuales del motor usando un encoder incremental de 24 V (HTL) como realimentación. El sensor de realimentación es un encoder (1024 pulsos por revolución) conectado a los terminales 32 y 33.



130BA174:10

Debe programarse lo siguiente en el orden indicado (consulte la explicación de los ajustes en la *Guía de programación FCD 302, MG04G*).

En la lista se supone que todos los demás parámetros e interruptores permanecen en su ajuste predeterminado.

Ilustración 4.8 Ejemplo: conexión del control de velocidad

Función	N.º de parámetro	Ajuste
1) Asegúrese de que el motor está funcionando correctamente. Haga lo siguiente:		
Ajuste los parámetros del motor usando los datos de la placa de características	1-2*	En función de las especificaciones de la placa de características del motor
Haga que el convertidor de frecuencia realice una Adaptación Automática del Motor	1-29 <i>Adaptación automática del motor (AMA)</i>	[1] Act. AMA completo
2) Compruebe que el motor está en marcha y que el encoder está conectado correctamente. Haga lo siguiente:		
Pulse la tecla [Hand on] (Control local) del LCP. Compruebe que el motor está en marcha y fíjese en qué dirección está girando (que a partir de ahora denominaremos «dirección positiva»).		Ajuste una referencia <b>positiva</b> .
Vaya a <i>16-20 Ángulo motor</i> . Gire el motor lentamente en la dirección positiva. Debe girarlo tan lentamente (solo algunas RPM) que pueda determinarse si el valor del <i>16-20 Ángulo motor</i> está aumentando o disminuyendo.	<i>16-20 Ángulo motor</i>	N.D. (parámetro de solo lectura) Nota: Un valor creciente se desborda al llegar a 65535 y vuelve a empezar por 0.
Si <i>16-20 Ángulo motor</i> está disminuyendo, cambie la dirección del encoder en <i>5-71 Term. 32/33 direc. encoder</i> .	<i>5-71 Term. 32/33 direc. encoder</i>	[1] Dcha. a izqda. (si <i>16-20 Ángulo motor</i> está disminuyendo)
3) Asegúrese de que los límites del convertidor de frecuencia están ajustados a valores seguros		
Ajuste unos límites aceptables para las referencias.	3-02 Referencia mínima 3-03 Referencia máxima	0 RPM (valor predeterminado) 1500 RPM (predeterminado)
Compruebe que los ajustes de rampa estén dentro de las posibilidades del convertidor de frecuencia y cumplan las especificaciones de funcionamiento de la aplicación permitidas.	3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa 3-42 Rampa 1 tiempo desacel. rampa	ajustes predeterminados ajustes predeterminados
Ajuste unos límites aceptables para la frecuencia y la velocidad del motor.	4-11 Límite bajo veloc. motor [RPM] 4-13 Límite alto veloc. motor [RPM] 4-19 Frecuencia salida máx.	0 RPM (valor predeterminado) 1500 RPM (predeterminado) 60 Hz (predeterminado 132 Hz)

Función	N.º de parámetro	Ajuste
4) Configure el control de velocidad y seleccione el principio de control del motor		
Activación del control de velocidad	1-00 Modo Configuración	[1] Veloc. lazo cerrado
Selección del principio de control del motor	1-01 Principio control motor	[3] Lazo Cerrado Flux
5) Configure y escale la referencia al control de velocidad		
Ajuste la entrada analógica 53 como fuente de referencia.	3-15 Recurso de referencia 1	No necesario (predeterminado)
Escale la entrada analógica 53 de 0 RPM (0 V) a 1500 RPM (10 V)	6-1*	No necesario (predeterminado)
6) Configure la señal del encoder HTL de 24 V como realimentación para el control del motor y de la velocidad.		
Ajuste la entrada digital 32 y la 33 como entradas del encoder	5-14 Terminal 32 entrada digital 5-15 Terminal 33 entrada digital	[0] Sin función (predeterminado)
Seleccione el terminal 32/33 como realimentación del motor	1-02 Realimentación encoder motor Flux	No necesario (predeterminado)
Seleccione el terminal 32/33 como realimentación del PID de velocidad	7-00 Fuente de realim. PID de veloc.	No necesario (predeterminado)
7) Ajuste los parámetros PID del control de velocidad		
Use las pautas de ajuste cuando sea apropiado o ajuste manualmente	7-0*	Consulte las pautas que encontrará más abajo
8) ¡Ya está!		
Guarde los ajustes de los parámetros en el LCP para mantenerlos a salvo	0-50 Copia con LCP	[1] Trans. LCP tod. par.

Tabla 4.18 Ajustes de control de velocidad

### 4.4.3 Ajuste fino del control de PID de velocidad

Las pautas de ajuste que le ofrecemos a continuación son relevantes en caso de que utilice uno de los principios de control del motor Flux en aplicaciones en las que la carga sea principalmente inercial (con un bajo nivel de fricción).

El valor del 30-83 *Ganancia proporc. PID veloc.* depende de la inercia combinada del motor y la carga, y el ancho de banda seleccionado puede calcularse usando la fórmula siguiente:

$$Par. 7 - 02 = \frac{Total\ inercia\ [kgm^2] \times par. 1 - 25}{Par. 1 - 20 \times 9550} \times Ancho\ de\ banda\ [rad / s]$$

#### ¡NOTA!

**1-20 Potencia motor [kW] es la potencia del motor en [kW] (o sea, introduzca «4» kW en vez de «4000» W en la fórmula).**

Un valor que resulta práctico usar para el ancho de banda es 20 rad/s. Compruebe el resultado del cálculo del 30-83 *Ganancia proporc. PID veloc.* y compárelo con la fórmula siguiente (esto no es necesario si usa una realimentación de alta resolución, tal como una SinCos):

$$Par. 7 - 02_{MAX} = \frac{0.01 \times 4 \times Encoder\ Resolución \times Par. 7 - 06}{2 \times \pi} \times máx.\ par\ rizado\ [\%]$$

Un valor inicial adecuado para el 7-06 *Tiempo filtro paso bajo PID veloc.* es 5 ms (a menor resolución del encoder, mayor valor del filtro). Normalmente es aceptable un valor máximo de rizado del par del 3%. En los encoders incrementales, la resolución del encoder se encuentra en el 5-70 *Term. 32/33 resolución encoder* (HTL de 24 V en una unidad estándar) o en el 17-11 *Resolución (PPR)* (TTL de 5 V en la opción MCB102).

Generalmente, el límite práctico máximo del 30-83 *Ganancia proporc. PID veloc.* viene determinado por la resolución del encoder y el tiempo del filtro de realimentación, pero también otros factores de la aplicación pueden limitar a un valor inferior el 30-83 *Ganancia proporc. PID veloc.*

Para minimizar la sobremodulación, el 7-03 *Tiempo integral PID veloc.* puede ajustarse aproximadamente a 2,5 s (varía según la aplicación).

7-04 *Tiempo diferencial PID veloc.* debe ajustarse a 0 hasta que todo lo demás esté ajustado. Si resulta necesario,

termine el ajuste experimentando con pequeños incrementos de este ajuste.

#### 4.4.4 Control PID proceso

El control de PID de proceso puede emplearse para controlar parámetros de aplicación que pueden medirse mediante un sensor (es decir, presión, temperatura, flujo) y verse afectados por el motor conectado a través de una bomba o ventilador o de otra manera.

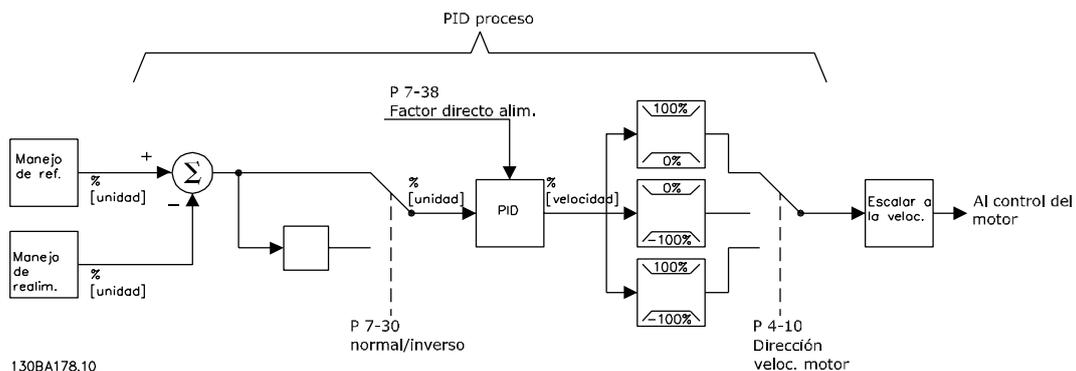
Tabla 4.19 muestra las configuraciones de control que permiten usar el control de proceso. Si se usa un principio de control de motor de flujo vectorial, recuerde ajustar los parámetros PID del control de velocidad. Consulte la sección sobre la estructura de control para saber dónde está activo el control de velocidad.

1-00 Modo Configuración	1-01 Principio control motor			
	U/f	VVCplus	Flux Sensorless	Flux con realim. encoder
[3] Proceso	N.D.	Proceso	Proceso y velocidad	Proceso y velocidad

Tabla 4.19 Ajustes del control de PID de proceso

#### ¡NOTA!

El PID de control de proceso funciona usando el ajuste de parámetros por defecto, pero es recomendable ajustar los parámetros para optimizar el rendimiento del control de la aplicación. Los dos principios de control Flux del motor son especialmente dependientes del ajuste adecuado del PID del control de velocidad (previo al ajuste del PID de control de proceso) para alcanzar todo su potencial.



130BA178.10

Ilustración 4.9 Diagrama del control de PID de proceso

#### 4.4.5 Parámetros relevantes de control de proceso

Parámetro	Descripción de la función
7-20 Fuente 1 realim. lazo cerrado proceso	Selección de qué fuente (es decir, entrada analógica o de pulsos) obtendrá su realimentación el PID de proceso.
7-22 Fuente 2 realim. lazo cerrado proceso	Opcional: Determina si (y desde dónde) el PID de proceso debe obtener una señal de realimentación adicional. Si se selecciona un recurso de realimentación adicional, las dos señales de realimentación se añadirán conjuntamente antes de ser utilizadas en el control PID de proceso.
7-30 Ctrl. normal/inverso de PID de proceso.	En funcionamiento Normal [0], el control de proceso responderá con un incremento de la velocidad del motor si la realimentación es inferior a la referencia. En la misma situación, pero en funcionamiento Inverso [1], el control de proceso responderá con una velocidad de motor decreciente.
7-31 Saturación de PID de proceso	La función de saturación garantiza que cuando se alcanza un límite de frecuencia o de par, el integrador se ajustará en una ganancia que corresponda a la frecuencia real. Esto evita la integración a lo largo de un error que no pueda compensarse, de ningún modo, con un cambio de velocidad. Esta función puede desactivarse seleccionando «No» [0].
7-32 Valor arran. para ctrlldor. PID proceso.	En algunas aplicaciones, alcanzar el punto de velocidad/consigna necesario puede tomar un tiempo muy largo. En estas aplicaciones, podría resultar útil ajustar una velocidad fija del motor desde el convertidor de frecuencia antes de activar el control de proceso. Esto se hace fijando un valor de arranque para controlador PID de proceso en el 7-32 Valor arran. para ctrlldor. PID proceso..
7-33 Ganancia propor. PID de proc.	Cuanto mayor sea este valor, más rápido será el control. Sin embargo, valores demasiado elevados pueden crear oscilaciones.
7-34 Tiempo integral PID proc.	Elimina el error de velocidad de estado fijo. Cuanto menor es el valor, más rápida es la reacción. Sin embargo, valores demasiado bajos pueden crear oscilaciones.
7-35 Tiempo diferencial PID proc.	Proporciona una ganancia proporcional al índice de cambio de la realimentación. El ajuste a cero desactiva el diferencial.
7-36 Límite ganancia diferencial PID proceso.	Si hay cambios rápidos en la referencia o en la realimentación en determinada aplicación, lo que significa que el error cambia rápidamente, el diferencial puede volverse demasiado dominante. Esto se debe a que reacciona a cambios en el error. Cuanto más rápido cambia el error, más alta es la ganancia diferencial. Por ello, esta ganancia se puede limitar para permitir el ajuste de un tiempo diferencial razonable para cambios lentos.
7-38 Factor directo aliment. PID de proc.	En aplicaciones con una correlación buena (y aproximadamente lineal) entre la referencia del proceso y la velocidad del motor necesaria para obtener dicha referencia, el factor directo de realimentación puede usarse para alcanzar un mejor rendimiento dinámico del control de PID de proceso.
5-54 Tiempo filtro pulsos constante #29 (Terminal de pulsos. 29), 5-59 Tiempo filtro pulsos constante #33 (terminal de pulsos. 33), 6-16 Terminal 53 tiempo filtro constante (terminal analógico 53), 6-26 Terminal 54 tiempo filtro constante (terminal analógico 54)	Si existen oscilaciones de la señal de realimentación de intensidad/tensión, se pueden reducir mediante un filtro de paso bajo. Esta constante de tiempo representa la frecuencia límite del rizado que se produce en la señal de realimentación. Ejemplo: Si el filtro de paso bajo se ha ajustado a 0,1 s, la velocidad límite será 10 RAD/s (el recíproco de 0,1 s), que corresponde a $(10/2 \times \pi) = 1,6$ Hz. Esto significa que todas las intensidades/tensiones que varían en más de 1,6 oscilaciones por segundo serán suprimidas por el filtro. El control solo se efectuará en una señal de realimentación que varíe en una frecuencia (velocidad) de menos de 1,6 Hz. El filtro de paso bajo mejora el rendimiento de estado fijo, pero si se selecciona un tiempo de filtro demasiado grande, el rendimiento dinámico del control de PID de proceso disminuirá.

Tabla 4.20 Los parámetros son relevantes para el control de proceso

### 4.4.6 Ejemplo de un control PID de proceso

Ilustración 4.10 es un ejemplo de un control PID de proceso utilizado en un sistema de ventilación.

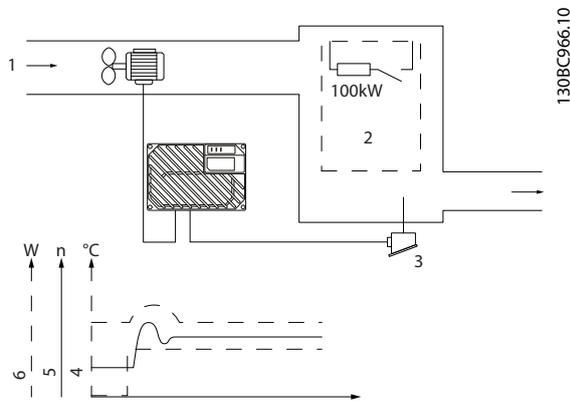


Ilustración 4.10 Sistema de ventilación del control de PID de proceso

Elemento	Descripción
1	Aire frío
2	Proceso de generación de calor
3	Transmisor de temperatura
4	Temperatura
5	Velocidad del ventilador
6	Temperatura

Tabla 4.21 Leyenda

En un sistema de ventilación, la temperatura deberá poder ajustarse desde -5 a 35 °C con un potenciómetro de 0 a 10 V. La tarea del control de proceso es mantener la temperatura a un nivel preajustado constante.

El control es de tipo inverso, lo que significa que cuando se incrementa la temperatura, también lo hace la velocidad

de ventilación, con el fin de generar más aire. Cuando cae la temperatura, se reduce también la velocidad. El transmisor empleado es un sensor de temperatura con un rango de funcionamiento de -10 a 40 °C, 4-20 mA. Mín. / Máx. velocidad de 300 / 1500 RPM.

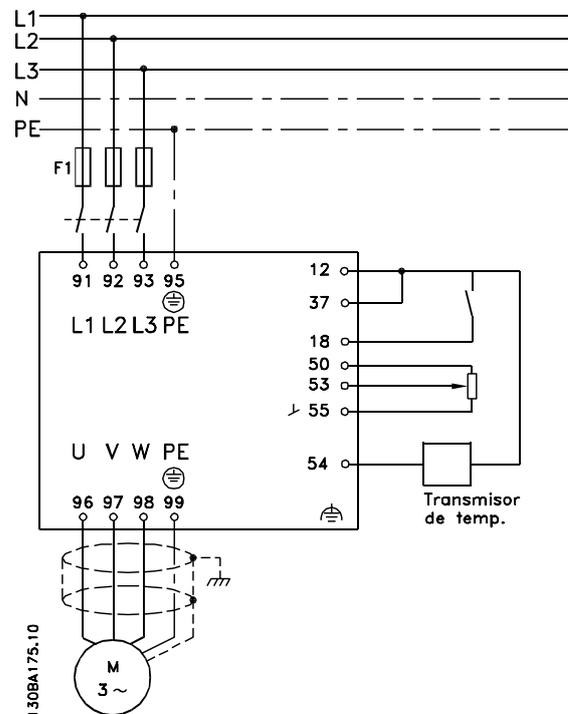


Ilustración 4.11 Transmisor de dos hilos

1. Arranque/parada mediante el interruptor conectado al terminal 18.
2. Referencia de temperatura a través del potenciómetro (-5 a 35 °C, 0 a 10 V CC) conectado al terminal 53.
3. Realimentación de temperatura a través de un transmisor (-10 a 40 °C, 4 a 20 mA) conectado al terminal 54. Interruptor S202 ajustado a Sí (entrada de intensidad).

Función	N.º de par.	Ajuste
Inicialice el convertidor de frecuencia	14-22	[2] Inicialización: apague y encienda la alimentación, pulse el botón de reinicio
1) Ajuste los parámetros del motor:		
Ajuste los parámetros del motor según los datos de la placa de características.	1-2*	Según indique la placa de características del motor.
Realice una Adaptación automática del motor (AMA) completa	1-29	[1] Act. AMA completo
2) Compruebe que el motor esté girando en la dirección adecuada. Cuando el motor está conectado al convertidor de frecuencia con las fases ordenadas como U - U; V- V; W - W, el eje del motor normalmente girará en sentido horario visto desde el extremo del motor.		
Pulse la tecla [Hand On] del LCP. Compruebe la dirección del eje aplicando una referencia manual.		
Si el motor gira en sentido opuesto a la dirección requerida: 1. Cambie la dirección del motor en <i>4-10 Dirección veloc. motor</i> 2. Apague la alimentación - espere a que se descargue el enlace de CC - cambie dos de las fases del motor	4-10	Seleccione la dirección correcta del eje del motor
Ajuste el modo de configuración	1-00	[3] Proceso
Ajuste Configuración modo local	1-05	[0] Veloc. lazo abierto
3) Ajuste la configuración de las referencias, es decir, el rango para el manejo de referencias. Ajuste la escala de la entrada analógica con el par. 6-xx		
Ajuste las unidades de referencia/realimentación	3-01	[60] °C Unidad mostrada en el display
Ajuste la referencia mín. (10 °C)	3-02	-5 °C
Ajuste la referencia máx. (80 °C)	3-03	35 °C
Si el valor ajustado viene determinado por un valor predeterminado (parámetro indexado), ajuste las demás fuentes de referencia como Sin función	3-10	[0] 35% $Ref = \frac{Par. 3 - 10_{(0)}}{100} \times ((Par. 3 - 03) - (par. 3 - 02)) = 24, 5^{\circ} C$ 3-14 Referencia interna relativa a 3-18 Recurso refer. escalado relativo [0] = Sin función
4) Ajuste los límites del convertidor de frecuencia:		
Ajuste los tiempos de rampa a un valor apropiado como 20 s.	3-41 3-42	20 s 20 s
Ajuste los límites de velocidad mín.	4-11	300 rpm
Ajuste el límite máx. de velocidad del motor	4-13	1500 rpm
Ajuste la frecuencia máxima de salida.	4-19	60 Hz
Ajuste S201 o S202 a la función de entrada analógica que desee (Tensión (V) o miliamperios (I))		
<b>¡NOTA!</b> <b>Los interruptores son sensibles - Apague y encienda la alimentación conservando el valor predeterminado de V</b>		
5) Escale las entradas analógicas empleadas como referencia y realimentación		
Ajuste la tensión baja del terminal 53	6-10	0 V
Ajuste la tensión alta del terminal 53	6-11	10 V
Ajuste el valor bajo de realimentación del terminal 54	6-24	-5 °C
Ajuste el valor alto de realimentación del terminal 54	6-25	35 °C
Ajuste la fuente de realimentación	7-20	[2] Entrada analógica 54
6) Ajustes básicos PID		
PID de proceso normal/inverso	7-30	[0] Normal
Saturación de PID de proceso	7-31	[1] Sí
Valor arran. para ctrl.dor. PID proceso	7-32	300 rpm
Guarde los parámetros en el LCP	0-50	[1] Trans. LCP tod. par.

Tabla 4.22 Ejemplo de ajuste de un control de PID de proceso

### 4.4.7 Optimización del controlador de proceso

Ya se han definido los ajustes básicos; todo lo que hay que hacer es optimizar la ganancia proporcional, el tiempo de integración y el tiempo diferencial (7-33 *Ganancia proporc. PID de proc.*, 7-34 *Tiempo integral PID proc.*, 7-35 *Tiempo diferencial PID proc.*). En la mayoría de los procesos, esto puede hacerse siguiendo estas pautas:

4

1. Ponga en marcha el motor.
2. Ajuste 7-33 *Ganancia proporc. PID de proc.* a 0,3 e increméntelo hasta que la señal de realimentación empiece a variar constantemente. Seguidamente, reduzca el valor hasta que la señal de realimentación se haya estabilizado. Después, reduzca la ganancia proporcional en un 40-60%.
3. Ajuste 7-34 *Tiempo integral PID proc.* a 20 s y reduzca el valor hasta que la señal de realimentación empiece a variar constantemente. Aumente el tiempo de integración hasta que la señal de realimentación se estabilice, seguido de un incremento del 15-50%.
4. Utilice 7-35 *Tiempo diferencial PID proc.* únicamente para sistemas de actuación muy rápida (tiempo diferencial). El valor normal es cuatro veces el tiempo de integración definido. El diferenciador solo debe emplearse cuando el ajuste de la ganancia proporcional y del tiempo de integración se hayan optimizado por completo. Compruebe que las oscilaciones de la señal de realimentación están suficientemente amortiguadas por el filtro de paso bajo de la señal de realimentación.

#### ¡NOTA!

Si es necesario puede activarse el arranque/parada una serie de veces para provocar una variación de la señal de realimentación.

### 4.4.8 Método de ajuste de Ziegler Nichols

Pueden utilizarse varios métodos para ajustar los controles PID del convertidor de frecuencia. Uno de estos métodos es una técnica desarrollada en la década de 1950 que ha superado el paso del tiempo y aún se emplea hoy día. Se trata del método conocido como ajuste de Ziegler Nichols.

#### ¡NOTA!

El método descrito no debe utilizarse en aplicaciones que puedan resultar dañadas por las oscilaciones creadas por ajustes de control marginalmente estables.

Los criterios de ajuste de los parámetros están basados en la evaluación del sistema en el límite de estabilidad en

lugar de estarlo en la obtención de una respuesta de paso. Se incrementa la ganancia proporcional hasta que se observan oscilaciones continuas (medidas en la realimentación), es decir, hasta que el sistema se vuelve marginalmente estable. La ganancia correspondiente ( $K_u$ ) se denomina ganancia máxima. El periodo de la oscilación ( $P_u$ ) (llamado periodo máximo) se determina como se muestra en *Ilustración 4.12*.

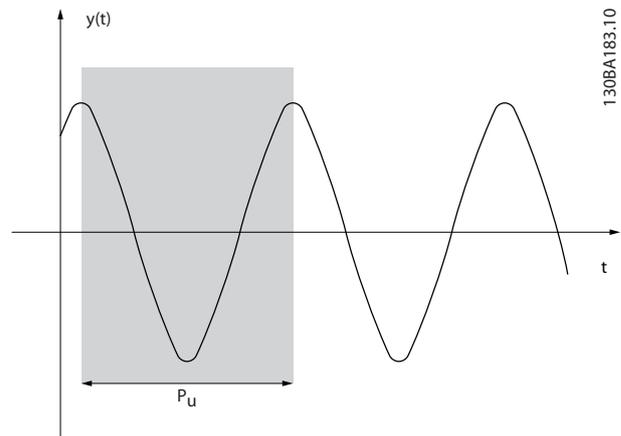


Ilustración 4.12 Sistema marginalmente estable

Mida  $P_u$  cuando la amplitud de la oscilación sea muy pequeña. A continuación, se «retrocede» de nuevo desde esta ganancia, tal como se indica en *Tabla 4.23*.

$K_u$  es la ganancia a la que se obtiene la oscilación.

Tipo de control	Ganancia proporcional	Tiempo integral	Tiempo diferencial
Control PI	$0,45 * K_u$	$0,833 * P_u$	-
Control de PID estricto	$0,6 * K_u$	$0,5 * P_u$	$0,125 * P_u$
PID con cierta sobremodulación	$0,33 * K_u$	$0,5 * P_u$	$0,33 * P_u$

Tabla 4.23 Ajuste de Ziegler Nichols para reguladores, basado en un límite de estabilidad.

La experiencia ha demostrado que el ajuste de control según la regla de Ziegler Nichols proporciona una buena respuesta de lazo cerrado para muchos sistemas. El operador del proceso puede realizar el ajuste final del control de forma iterativa para alcanzar un control satisfactorio.

**Descripción paso a paso**

**Paso 1:** Seleccione solo el control proporcional: el tiempo integral se ajusta al valor máximo y el tiempo diferencial se ajusta a cero.

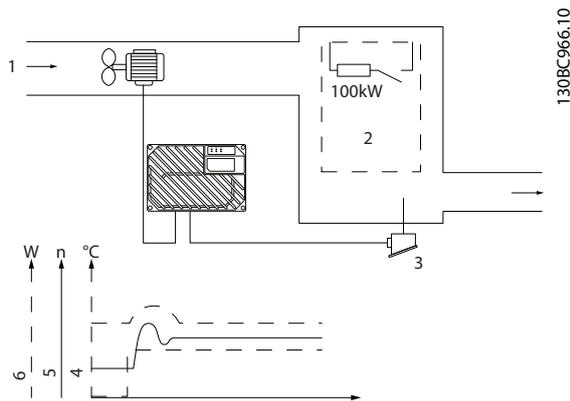
**Paso 2:** Aumente el valor de la ganancia proporcional hasta llegar al punto de inestabilidad (oscilaciones sostenidas) y se alcance el valor crítico de ganancia,  $K_u$ .

**Paso 3:** Mida el periodo de oscilación para obtener la constante de tiempo crítico,  $P_u$ .

**Paso 4:** Use *Tabla 4.23* para calcular los parámetros del control PID necesarios.

**4.4.9 Ejemplo de un control PID de proceso**

*Ilustración 4.10* es un ejemplo de un control PID de proceso utilizado en un sistema de ventilación.



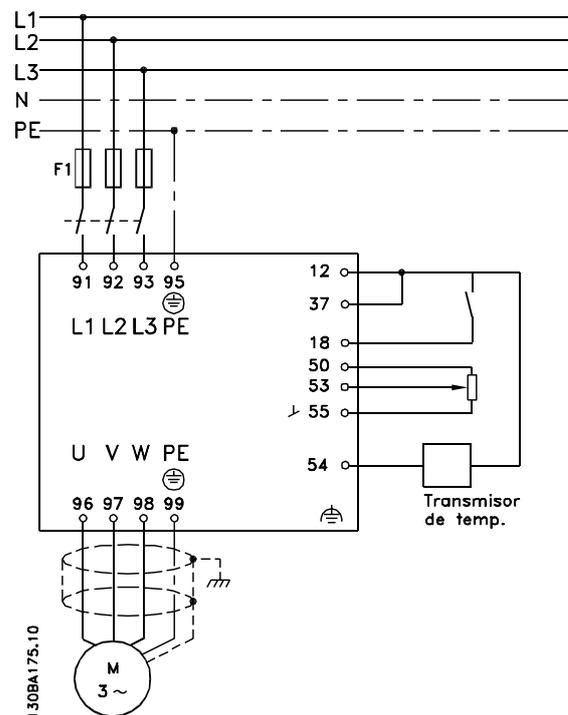
**Ilustración 4.13** Sistema de ventilación del control de PID de proceso

Elemento	Descripción
1	Aire frío
2	Proceso de generación de calor
3	Transmisor de temperatura
4	Temperatura
5	Velocidad del ventilador
6	Temperatura

**Tabla 4.24** Leyenda

En un sistema de ventilación, la temperatura deberá poder ajustarse desde  $-5$  a  $35$  °C con un potenciómetro de 0 a 10 V. La tarea del control de proceso es mantener la temperatura a un nivel preajustado constante.

El control es de tipo inverso, lo que significa que cuando se incrementa la temperatura, también lo hace la velocidad de ventilación, con el fin de generar más aire. Cuando cae la temperatura, se reduce también la velocidad. El transmisor empleado es un sensor de temperatura con un rango de funcionamiento de  $-10$  a  $40$  °C, 4-20 mA. Mín. / Máx. velocidad de 300 / 1500 RPM.

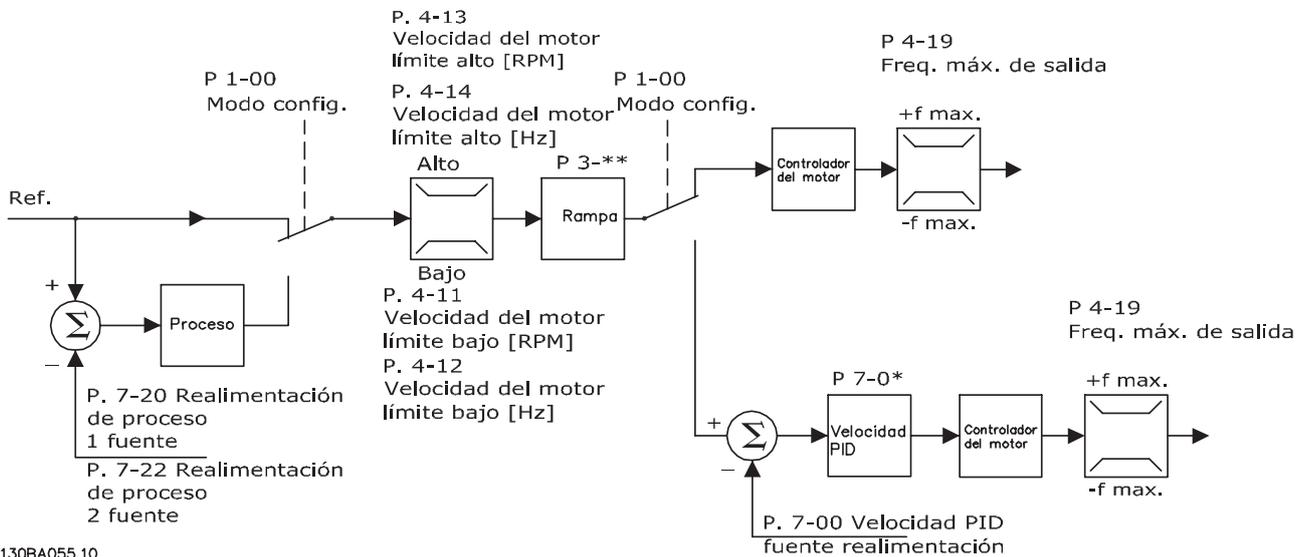


**Ilustración 4.14** Transmisor de dos hilos

1. Arranque/parada mediante el interruptor conectado al terminal 18.
2. Referencia de temperatura a través del potenciómetro ( $-5$  a  $35$  °C, 0 a 10 V CC) conectado al terminal 53.
3. Realimentación de temperatura a través de un transmisor ( $-10$  a  $40$  °C, 4 a 20 mA) conectado al terminal 54. Interruptor S202 ajustado a Sí (entrada de intensidad).

4.5 Estructuras de control

4.5.1 Estructura de control en controles vectoriales avanzados VVC<sup>plus</sup>



130BA055.10

Ilustración 4.15 Estructura de control en configuraciones de lazo abierto y cerrado VVC<sup>plus</sup>

En la configuración mostrada en *Ilustración 4.15*, *1-01 Principio control motor* se ajusta a *[1] VVC<sup>plus</sup>* y *1-00 Modo Configuración* se ajusta a *[0] Veloc. lazo abierto*. Se recibe la referencia resultante del sistema de manejo de referencias y se transfiere a la limitación de rampa y de velocidad antes de enviarse al control del motor. La salida del control del motor se limita entonces según el límite de frecuencia máxima.

Si *1-00 Modo Configuración* se ajusta como *[1] Veloc. lazo cerrado*, la referencia resultante pasa desde la limitación de rampa y limitación de velocidad a un controlador PID de velocidad. Los parámetros del control de PID de velocidad se encuentran en el grupo de parámetros 7-0\*. La referencia resultante del control de PID de velocidad se envía al control de motor limitado por el límite de frecuencia.

Seleccione *[3] Proceso* en *1-00 Modo Configuración* para utilizar el control de PID de proceso para el control de lazo cerrado de, por ejemplo, la velocidad o la presión de la aplicación controlada. Los parámetros del PID de proceso se encuentran en el grupo de parámetros 7-2\* y 7-3\*.

### 4.5.2 Estructura de control en Flux Sensorless

Estructura de control en configuraciones de lazo abierto y de lazo cerrado en Flux sensorless.

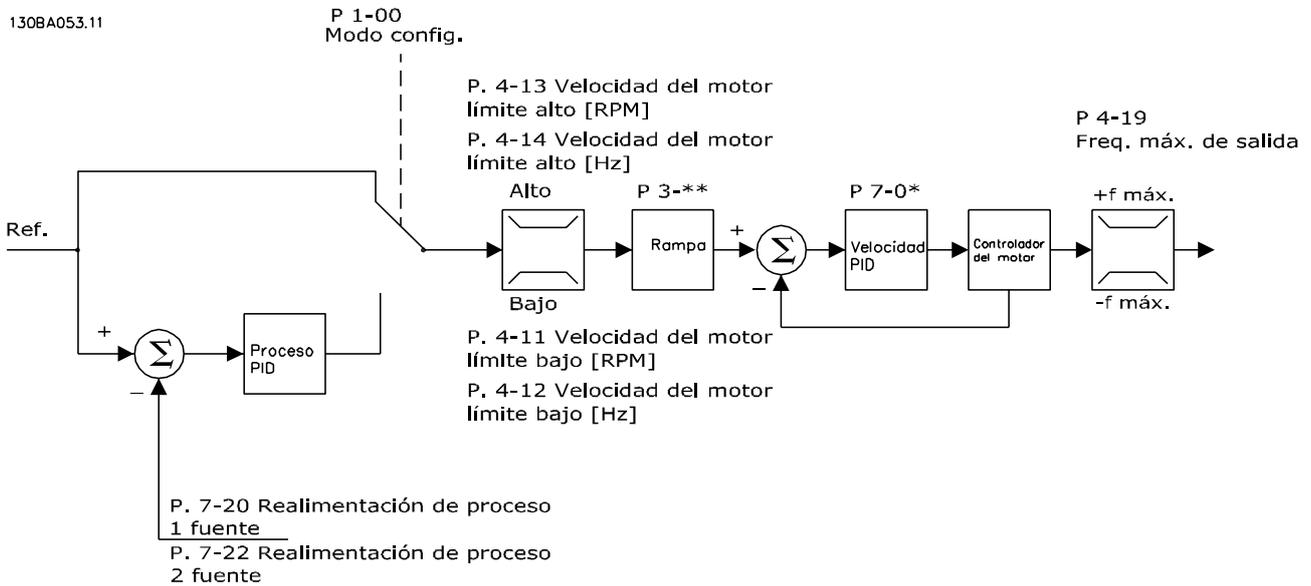


Ilustración 4.16 Estructura de control en Flux Sensorless

En la configuración mostrada, 1-01 Principio control motor se ajusta a [2] Flux Sensorless y 1-00 Modo Configuración se ajusta a [0] Veloc. lazo abierto. La referencia resultante del sistema de manejo de referencias pasa a través de los límites de rampa y velocidad, tal y como determinan los ajustes de parámetros indicados.

Se genera una realimentación de velocidad estimada para el PID de velocidad con el fin de controlar la frecuencia de salida.

El PID de velocidad debe ajustarse con sus parámetros P, I y D (grupo de parámetros 7-0\*).

Seleccione [3] Proceso en 1-00 Modo Configuración para utilizar el control de PID de proceso para el control de lazo cerrado de, por ejemplo, la velocidad o la presión de la aplicación controlada. Los parámetros del PID de proceso se encuentran en los grupos de parámetros 7-2\* y 7-3\*.

### 4.5.3 Estructura de control en Flux con Realimentación del motor

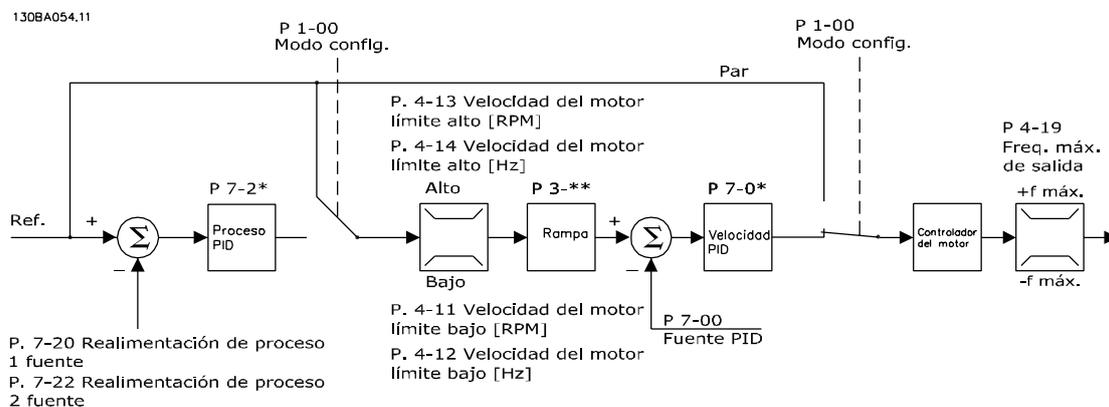


Ilustración 4.17 Estructura de control en Lazo Cerrado Flux

En la configuración mostrada, 1-01 Principio control motor se ajusta a [3] Lazo Cerrado Flux y 1-00 Modo Configuración se ajusta a [1] Veloc. lazo cerrado.

El control del motor en esta configuración se basa en una señal de realimentación procedente de un encoder montado directamente en el motor (que se ajusta en el par. 1-02 Realimentación encoder motor Flux).

Seleccione [1] Veloc. lazo cerrado en 1-00 Modo Configuración para utilizar la referencia resultante como una entrada para el control de PID de velocidad. Los parámetros del control de PID de velocidad se encuentran en el grupo de parámetros 7-0\*.

Seleccione [2] Par en 1-00 Modo Configuración para utilizar la referencia resultante directamente como una referencia de par. El control de par solamente puede seleccionarse en la configuración Lazo Cerrado Flux (1-01 Principio control motor). Cuando se selecciona este modo, la referencia utiliza la unidad Nm. No requiere realimentación de par, ya que el par real se calcula a partir de la medida de intensidad del convertidor de frecuencia.

Seleccione [3] Proceso en 1-00 Modo Configuración para utilizar el control de PID de proceso para el control de lazo cerrado de una variable de proceso (por ejemplo, velocidad) de la aplicación controlada.

#### 4.6 Control Local (Hand On) y Remoto (Auto)

El convertidor de frecuencia puede accionarse manualmente a través del panel de control local (LCP) o de forma remota mediante entradas analógicas y digitales, y un bus serie. Si se permite en 0-40 Botón (Hand on) en LCP, 0-41 Botón (Off) en LCP, 0-42 [Auto activ.] llave en LCP, y 0-43 Botón (Reset) en LCP, es posible arrancar y parar el convertidor de frecuencia mediante el LCP utilizando las teclas [Hand On] y [Off]. Las alarmas pueden reiniciarse mediante la tecla [Reset]. Después de pulsar la tecla [Hand On], el convertidor pasa al modo manual y sigue (como predeterminada) la referencia local, que puede ajustarse utilizando la tecla de flecha en el LCP.

Tras pulsar el botón [Auto On] el convertidor de frecuencia pasa al modo automático y sigue (de manera predeterminada) la referencia remota. En este modo, resulta posible controlar el convertidor de frecuencia mediante las entradas digitales y diferentes interfaces serie (RS-485, USB o un bus de campo opcional). Consulte más detalles acerca del arranque, parada, cambio de rampas y ajustes de parámetros en el grupo de parámetros 5-1\* (entradas digitales) o en el grupo de parámetros 8-5\* (comunicación serie).

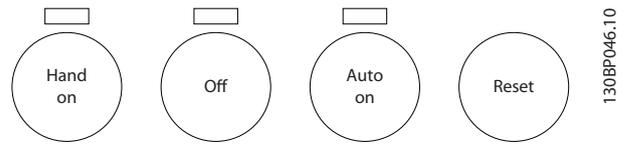


Ilustración 4.18 Teclas del LCP

#### Referencia activa y Modo de configuración

La referencia activa puede ser tanto la referencia local como la remota.

En 3-13 Lugar de referencia, puede seleccionarse de forma permanente la referencia local eligiendo [2] Local. Para los ajustes permanentes de la referencia remota seleccione [1] Remoto. Al seleccionar [0] Conex. a manual/ auto (predeterminado), el origen de referencia conecta el modo activo. (Manual o Auto).

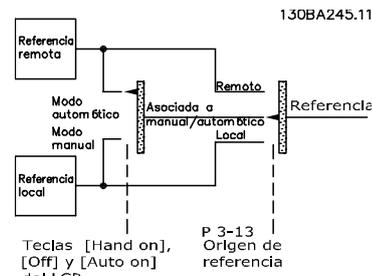


Ilustración 4.19 Manejo de referencias locales

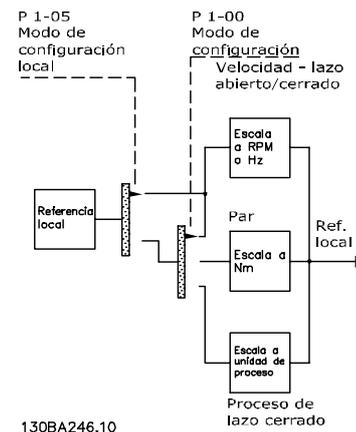


Ilustración 4.20 Manejo de referencias remotas

Teclas del LCP	3-13 Lugar de referencia	Referencia activa
Hand	Conex. a manual/ auto	Local
Manual⇒Desconexión	Conex. a manual/ auto	Local
Auto	Conex. a manual/ auto	Remota
Auto⇒Desconexión	Conex. a manual/ auto	Remota
Todas las teclas	Local	Local
Todas las teclas	Remota	Remota

Tabla 4.25 Condiciones para el manejo de referencias remotas o locales

1-00 Modo Configuración determina el tipo de principio de control de aplicación (es decir, velocidad, par o control de proceso) que se usa cuando esté activa la referencia remota. 1-05 Configuración modo local determina el tipo de principio de control de aplicación que se usa al activar la referencia local. Una de ellas está siempre activa, pero nunca pueden estarlo ambas a la vez.

### 4.7 Programación de límite de par y parada

En aplicaciones con un freno electromecánico externo, tales como las de elevación, es posible parar el convertidor de frecuencia mediante un comando de parada «estándar» y, simultáneamente, activar el freno electromecánico externo.

El siguiente ejemplo ilustra la programación de las conexiones de un convertidor de frecuencia.

El freno externo puede conectarse al relé 1 ó 2. Programe el terminal 27 a [2] Inercia o [3] Inercia y reinicio, y programe el terminal 29 a en modo terminal 29 [1] Salida y [27] Límite par y parada.

#### Descripción

Si hay una orden de parada activada mediante el terminal 18 y el convertidor de frecuencia no está en el límite de par, el motor desacelera hasta 0 Hz.

Si el convertidor de frecuencia está en el límite de par y se activa una orden de parada, se activará la salida del terminal 29 (programado en Límite de par y parada [27]). La señal hasta el terminal 27 cambia de «1 lógico» a «0 lógico», y el motor comienza a funcionar en inercia, asegurándose de que la elevación se detiene incluso si el convertidor de frecuencia no puede procesar el par requerido (por ejemplo, debido a una sobrecarga excesiva).

- Arranque / parada mediante terminal 18  
5-10 Terminal 18 Entrada digital [8] Arranque
- Parada rápida a través del terminal 27  
5-12 Terminal 27 Entrada digital [2] Inercia
- Salida del terminal 29  
5-02 Terminal 29 modo E/S [1] Terminal 29 Modo Salida  
5-31 Terminal 29 salida digital [27] Límite par y parada
- [0] Salida de relé (relé 1)  
5-40 Relé de función [32] Ctrl. freno mec.

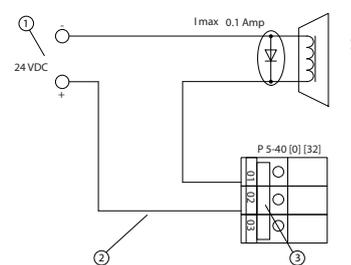


Ilustración 4.21 Control de freno mecánico

Elemento	Descripción
1	24 V CC externa
2	Conexión del freno mecánico
3	Relé 1

Tabla 4.26 Leyenda

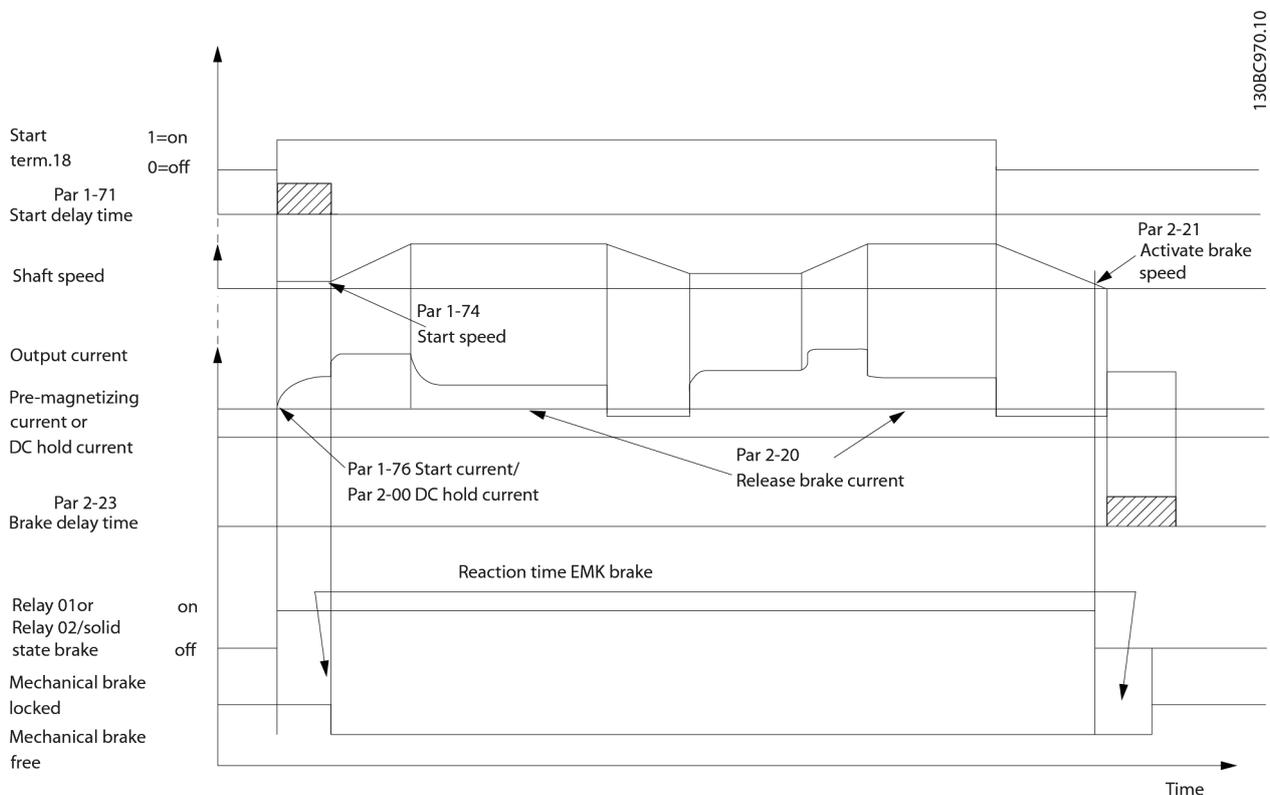
### 4.8 Freno mecánico

En aplicaciones de elevación, es necesario poder controlar un freno electromagnético. Para controlar el freno, se necesita una salida de relé (relé1 o relé2) o una salida digital programada (terminal 27 ó 29). Normalmente, esta salida debe estar cerrada mientras el convertidor de frecuencia no pueda «mantener» al motor, por ejemplo, por exceso de carga. Para aplicaciones con un freno electromagnético, seleccione [32] *Ctrl. freno mec.* en uno de los siguientes parámetros:

- 5-40 *Relé de función* (Parámetro indexado),
- 5-30 *Terminal 27 salida digital*, o
- 5-31 *Terminal 29 salida digital*

4

Cuando está seleccionado [32] *Ctrl. freno mec.*, el relé del freno mecánico permanece cerrado durante el arranque hasta que la intensidad de salida supera un nivel predeterminado. Seleccione el nivel preconfigurado en 2-20 *Intensidad freno liber..*. Durante la parada, el freno mecánico se cierra cuando la velocidad sea inferior al nivel seleccionado en 2-21 *Velocidad activación freno [RPM]*. Cuando el convertidor de frecuencia entra en una condición de alarma (es decir, en una situación de sobretensión) o durante la parada segura, el freno mecánico desconecta inmediatamente.



**Ilustración 4.22 Control de freno mecánico para aplicaciones de elevación**

En las aplicaciones de elevación / descenso, tiene que ser posible controlar un freno electromecánico.

**Descripción paso a paso**

- Para controlar el freno mecánico se puede utilizar cualquier salida de relé o digital (terminal 27 ó 29) o salida de tensión de estado sólido (terminales 122-123). Si fuera necesario, utilice un contactor apropiado.
- Asegúrese de que la salida está apagada mientras que el convertidor de frecuencia sea incapaz de

accionar el motor. Por ejemplo, debido a una sobrecarga o cuando el motor aún no está montado.

- Seleccione [32] *Ctrl. freno mec.* en el grupo de parámetros 5-4\* (o en el grupo de parámetros 5-3\*) antes de conectar el freno mecánico.
- El freno queda liberado cuando la intensidad del motor supera el valor preseleccionado en 2-20 *Intensidad freno liber..*
- El freno se activará cuando la frecuencia de salida sea menor que el límite preconfigurado. Ajuste el

límite en 2-21 *Velocidad activación freno [RPM]* o 2-22 *Activar velocidad freno [Hz]* y solo si el convertidor de frecuencia emite un comando de parada.

**¡NOTA!**

**Recomendación:** Para aplicaciones de elevación o descenso vertical asegúrese de que pueda detenerse la carga en caso de emergencia o funcionamiento defectuoso de un solo componente.

Si el convertidor de frecuencia entra en modo de alarma o en una situación de sobretensión, el freno mecánico actúa.

**¡NOTA!**

Para aplicaciones de elevación, asegúrese de que los ajustes de los límites de par no superen el límite de intensidad. Ajuste los límites de par en 4-16 *Modo motor límite de par* y 4-17 *Modo generador límite de par*. Ajuste el límite de intensidad en 4-18 *Límite intensidad*.

**Recomendación:** Ajuste 14-25 *Retardo descon. con lím. de par a [0]*, 14-26 *Ret. de desc. en fallo del convert. a [0]* y 14-10 *Fallo aliment. a [3]* Inercia.

**4.9 Parada segura**

El convertidor de frecuencia puede llevar a cabo la función de seguridad *Desconexión de par de seguridad (STO)*, como se define en el borrador CD CEI 61800-5-2<sup>1)</sup> o Parada categoría 0 (tal y como se define en la norma EN 60204-1<sup>2)</sup>).

Danfoss denomina a esta función *Parada segura*. Antes de integrar y utilizar la parada segura en una instalación hay que realizar un análisis completo de los riesgos para determinar si la función de parada segura y los niveles de seguridad son apropiados y suficientes. La parada segura está diseñada y homologada conforme a estos requisitos:

- Seguridad cat. 3 en EN 954-1 (y EN ISO 13849-1)
- Nivel de rendimiento «d» en ISO EN 13849-1:2008
- Capacidad SIL 2 en CEI 61508 y EN 61800-5-2
- SILCL 2 en EN 62061

1) Consulte EN CEI 61800-5-2 para más información sobre la función de Desconexión segura de par (STO).

2) Consulte EN CEI 60204-1 para más información sobre la categoría de parada 0 y 1.

**Activación y terminación de la parada segura**

La función Parada segura (STO) se activa eliminando la tensión en el Terminal 37 del Inversor de seguridad. Si se conecta el inversor de seguridad a dispositivos externos de seguridad que proporcionan un retardo de seguridad, puede obtenerse una instalación para una parada segura de Categoría 1. La función Parada segura puede utilizarse con motores síncronos y asíncronos.

**⚠️ ADVERTENCIA**

Después de instalar la parada segura (STO) debe efectuarse una prueba de puesta en marcha. Es obligatorio pasar una prueba de puesta en marcha tras la primera instalación y después de cada cambio en la instalación de seguridad.

**Datos técnicos de Parada segura**

Los siguientes valores están asociados con los diferentes tipos de niveles de seguridad:

**Tiempo de reacción para T37**

- Tiempo de reacción típico: 10 ms

Tiempo de reacción = demora entre desactivar la entrada STO y desconectar el puente de salida del convertidor de frecuencia.

**Datos para EN ISO 13849-1**

- Nivel de rendimiento «d»
- MTTF<sub>d</sub> (Tiempo medio entre fallos peligrosos): 24 816 años
- DC (Cobertura del diagnóstico): 99%
- Categoría 3
- Tiempo de vida 20 años

**Datos para EN CEI 62061, EN CEI 61508, EN CEI 61800-5-2**

- Capacidad SIL 2, SILCL 2
- PFH (Probabilidad de fallo peligroso por hora) = 7e-10FIT=7e-19/h
- SFF (Fracción de fallos seguros) >99%
- HFT (Tolerancia a fallos del hardware) = 0 (arquitectura 1oo1)
- Tiempo de vida 20 años

**Datos para EN CEI 61508 demanda baja**

- PFDavg para prueba de evidencia de un año: 3, 07E-14
- PFDavg para prueba de evidencia de tres años: 9, 20E-14
- PFDavg para prueba de evidencia de cinco años: 1, 53E-13

**Datos SISTEMA**

Los datos de seguridad funcionales están disponibles a través de la biblioteca de datos para su uso con la herramienta de cálculo SISTEMA del IFA (Instituto de Salud y Seguridad en el Trabajo del Seguro Social Alemán de Accidentes del Trabajo) y datos para el cálculo manual. La biblioteca se completa y amplía constantemente.

Abrev.	Refs.	Descripción
Cat.	EN 954-1	Categoría, nivel «B, 1-4»
FIT		Fallo en el tiempo: 1E-9 horas

Abrev.	Refs.	Descripción
HFT	CEI 61508	Tolerancia a fallos del hardware: HFT = n significa que n+1 fallos podrían ocasionar una pérdida de la función de seguridad
MTTFd	EN ISO 13849-1	Tiempo medio entre fallos - peligrosos Unidad: años
PFH	CEI 61508	Probabilidad de fallos peligrosos por hora. Este valor se considerará si el dispositivo de seguridad funciona en modo de alta demanda (más de una vez al año); o en modo continuo, donde la frecuencia de demanda de funcionamiento que solicita un sistema relacionado con la seguridad es superior a una vez por año.
PL	EN ISO 13849-1	Nivel discreto empleado para especificar la capacidad de las partes relacionadas con la seguridad de sistemas de control para desempeñar una función de seguridad en condiciones no predecibles. Niveles a-e.
SFF	CEI 61508	Fración de fallos seguros [%]; parte porcentual de fallos seguros y fallos peligrosos detectados de una función de seguridad o de un subsistema relacionado con todos los fallos.
SIL	CEI 61508	Nivel de integridad de seguridad
STO	EN 61800-5-2	Desconexión segura de par
SS1	EN 61800-5-2	Parada segura 1

**Tabla 4.27 Abreviaturas relacionadas con la seguridad funcional**

El valor PFDavg (Probabilidad de fallo según demanda) Probabilidad de fallo en caso de petición de la función de seguridad.

#### 4.9.1.1 Función de parada segura del terminal 37

El convertidor de frecuencia está disponible con una función de parada segura a través del terminal de control 37. La parada segura desactiva la tensión de control de los semiconductores de potencia de la etapa de salida del convertidor de frecuencia. Esto a su vez impide la generación de la tensión necesaria para girar el motor. Cuando se activa la parada segura (T37), el convertidor de frecuencia emite una alarma, desconecta la unidad y hace que el motor entre en modo de inercia hasta que se detiene. Será necesario un re arranque manual. La función de parada segura puede utilizarse como parada de emergencia del convertidor de frecuencia. En el modo de funcionamiento normal, cuando no se necesite la parada segura, utilice la función de parada normal. Si se utiliza el re arranque automático, asegúrese de que cumple con los

requisitos indicados en el párrafo 5.3.2.5 de la norma ISO 12100-2.

#### Responsabilidad

Es responsabilidad del usuario asegurarse de que el personal que instala y utiliza la función de parada segura:

- Lee y comprende las normas de seguridad relativas a la salud, la seguridad y la prevención de accidentes.
- Comprende las indicaciones generales y de seguridad incluidas en esta descripción y en la descripción ampliada de este manual.
- Conoce a la perfección las normas generales y de seguridad correspondientes a la aplicación específica.

El usuario se define como integrador, operario y personal de mantenimiento y reparación.

#### Normas

El uso de la parada segura en el terminal 37 conlleva el cumplimiento por parte del usuario de todas las disposiciones de seguridad, incluidas las normas, reglamentos y directrices pertinentes. La función de parada segura opcional cumple las siguientes normas.

- EN 954-1: 1996 categoría 3
- CEI 60204-1: 2005 categoría 0, parada no controlada
- CEI 61508: 1998 SIL2
- CEI 61800-5-2: 2007, función de desconexión segura de par (STO)
- CEI 62061: 2005 SIL CL2
- ISO 13849-1: 2006 categoría 3 PL d
- ISO 14118: 2000 (EN 1037), prevención de arranque inesperado

La información y las instrucciones del manual de funcionamiento no son suficientes para utilizar la función de parada segura de forma correcta y segura. Deben seguirse la información y las instrucciones relacionadas de la Guía de Diseño pertinente.

#### Medidas de protección

- La instalación y puesta en marcha de sistemas de ingeniería de seguridad solo pueden ser llevadas a cabo por personal competente y cualificado.
- La unidad debe instalarse en un armario IP54 o en un entorno equivalente. En aplicaciones especiales se requiere un grado de protección IP mayor.
- El cable entre el terminal 37 y el dispositivo externo de seguridad debe estar protegido contra cortocircuitos, de conformidad con la tabla D.4 de la norma ISO 13849-2.

- Cuando hay fuerzas externas que influyan sobre el eje del motor (por ejemplo, cargas suspendidas), deben tomarse medidas adicionales para evitar peligros potenciales (por ejemplo, un freno de retención de seguridad).

**Instalación y configuración de la parada segura**

**⚠ ADVERTENCIA**

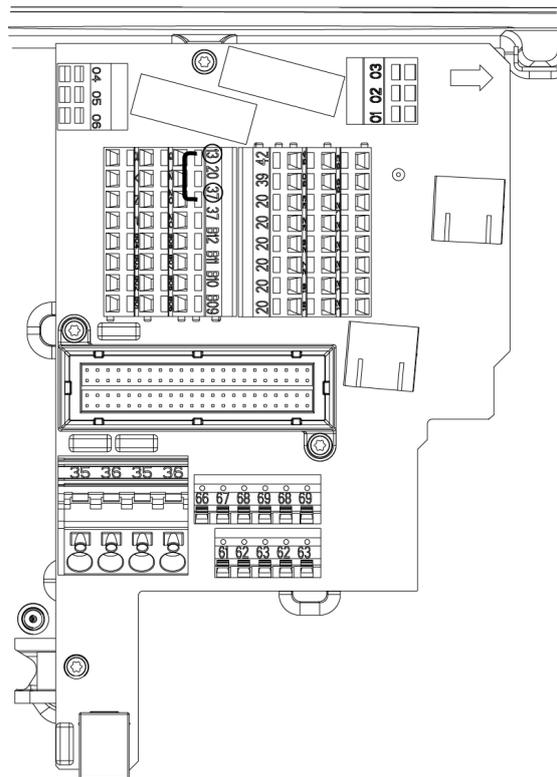
**FUNCIÓN DE PARADA SEGURA**

La función de parada segura NO aísla la tensión de red al convertidor de frecuencia o los circuitos auxiliares. Realice las tareas pertinentes en las partes eléctricas del convertidor de frecuencia o el motor únicamente después de aislar el suministro de tensión de red y de esperar el tiempo especificado en el apartado de seguridad de este manual. Si no aísla el suministro de tensión de red de la unidad y no espera el tiempo especificado, se puede producir la muerte o lesiones graves.

- No se recomienda detener el convertidor de frecuencia utilizando la función de par seguro desactivado. Si un convertidor de frecuencia que está en funcionamiento se detiene con esta función, la unidad se desconectará y se parará por inercia. En caso de que esto resulte inaceptable o peligroso, deberá utilizar otro modo de parada para parar el convertidor de frecuencia y la máquina en lugar de recurrir a esta función. Puede ser necesario un freno mecánico, en función de la aplicación.
- Para los convertidores de frecuencia síncronos y de motor de magnetización permanente, en caso de fallo múltiple en el semiconductor de potencia IGBT: en lugar de activar la función de par seguro desactivado, el sistema puede producir un par de alineación que gira el motor como máximo 180/p grados. La «p» indica el número de par del polo.
- Esta función es adecuada para realizar tareas mecánicas en el sistema o en la zona afectada de una máquina. No ofrece seguridad eléctrica. No utilice esta función para controlar el arranque o la parada del convertidor de frecuencia.

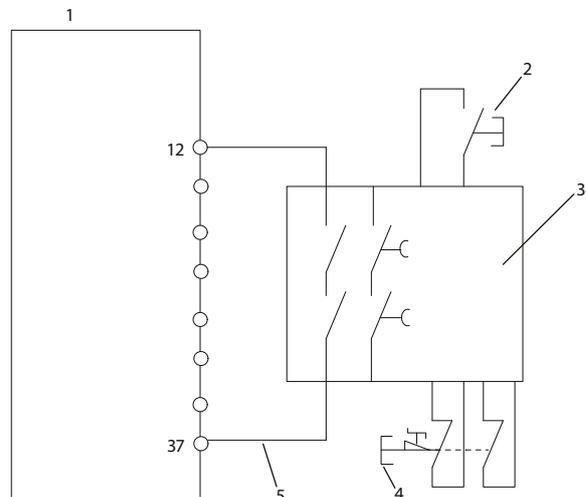
Para que la instalación del convertidor de frecuencia sea segura, debe seguir los siguientes pasos:

1. Retire el cable de puente entre los terminales de control 37 y 12 o 13. No basta con cortar o romper el puente para evitar los cortocircuitos (consulte el puente en *Ilustración 4.23*).
2. Conecte un relé externo de control de seguridad a través de una función de seguridad NA al terminal 37 (parada segura) y al terminal 12 o 13 (24 V CC). Siga las instrucciones del dispositivo de seguridad. El relé de control de seguridad debe ser conforme con la categoría 3 (EN 954-1)/PL «d» (ISO 13849-1) o SIL 2 (EN 62061).



130BC393.10

**Ilustración 4.23** Puente entre el terminal 12/13 (24 V) y 37



130BC971.10

**Ilustración 4.24** Instalación para conseguir una parada de categoría 0 (EN 60204-1) con categoría de seguridad 3 (EN 954-1)/PL «d» (ISO 13849-1) o SIL 2 (EN 62061).

1	Convertidor de frecuencia
2	Botón Reset
3	Relé de seguridad (cat. 3, PL d or SIL2)
4	Boton de parada de emergencia
5	Cable protegido contra cortocircuitos (si no se encuentra dentro del armario IP54)

**Tabla 4.28** Leyenda

**Prueba de puesta en marcha de la parada segura**

Después de la instalación y antes de ponerlo en funcionamiento por primera vez, realice una prueba de puesta en marcha de la instalación utilizando la parada segura. Además, realice la prueba después de cada modificación de la instalación.

**Ejemplo con STO**

Un relé de seguridad evalúa las señales del botón de parada de emergencia y activa una función STO en el convertidor de frecuencia en caso de activación del botón de parada de emergencia (Consulte la *Ilustración 4.25*). Esta función de seguridad se corresponde con una parada de categoría 0 (parada no controlada) de acuerdo con la norma CEI 60204-1. Si se activa la función durante el funcionamiento, el motor se apaga de una forma incontrolada. Se retira la potencia del motor de forma segura para que no pueda moverse más. No es necesario monitorizar la planta en una parada. Si puede producirse un efecto de fuerza externa, aplique medidas adicionales para prevenir cualquier movimiento potencial (por ejemplo, frenos mecánicos).

**¡NOTA!**

Para todas las aplicaciones con parada segura es importante poder excluir un cortocircuito en el cableado hacia T37. Excluya los cortocircuitos descritos en EN ISO 13849-2 D4, utilizando un cableado protegido (apantallado o separado).

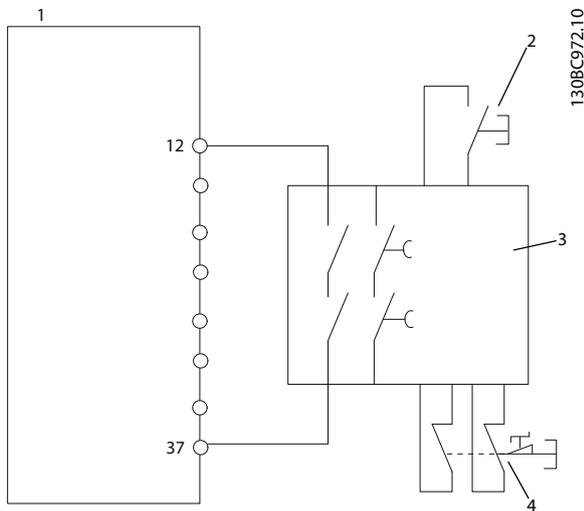


Ilustración 4.25 Ejemplo STO

1	Convertidor de frecuencia
2	Tecla [Reset]
3	Relé de seguridad
4	Parada de emergencia

Tabla 4.29 Leyenda

**Ejemplo con SS1**

SS1 corresponde a una parada controlada, parada de categoría 1 conforme a CEI 60204-1 (consulte la *Ilustración 4.26*). Cuando active la función de seguridad, el convertidor de frecuencia realizará una parada controlada normal, lo cual puede activarse a través del terminal 27. Una vez que ha expirado el tiempo de retardo seguro en el módulo de seguridad externo, el STO se disparará y el terminal 37 se ajustará bajo. Desacelere tal y como está configurado en el convertidor de frecuencia. Si el convertidor de frecuencia no se detiene tras el tiempo de retardo seguro, la activación de STO parará en inercia el convertidor de frecuencia.

**¡NOTA!**

Cuando se utiliza la función SS1, no se controla la seguridad de la rampa del freno del convertidor de frecuencia.

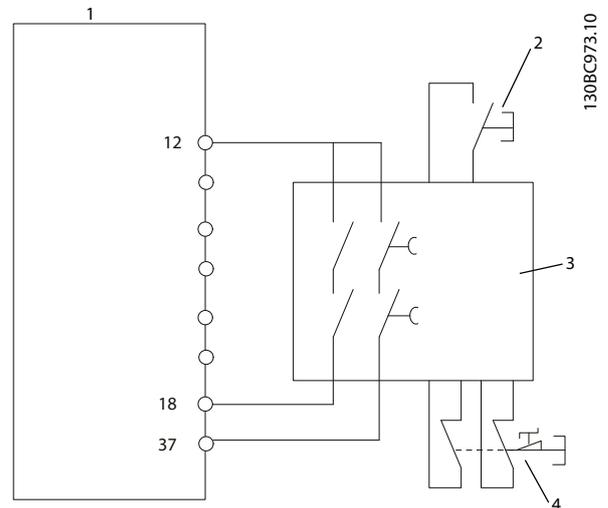


Ilustración 4.26 Ejemplo SS1

1	Convertidor de frecuencia
2	Tecla [Reset]
3	Relé de seguridad
4	Parada de emergencia

Tabla 4.30 Leyenda

**Ejemplo con Categoría 4/PL e aplicación**

Allí donde el diseño del sistema de control de seguridad necesita dos canales para la función STO para alcanzar la categoría 4/PL e, se implementa un canal por medio de una Parada segura T37 (STO) y el otro por un contactor. Conecte el contactor a los circuitos de alimentación de entrada o de salida del convertidor de frecuencia y que se controla mediante el relé de seguridad (consulte *Ilustración 4.27*). El contactor debe ser controlado a través de un contacto guiado auxiliar y estar conectado a la entrada de reinicio del relé de seguridad.

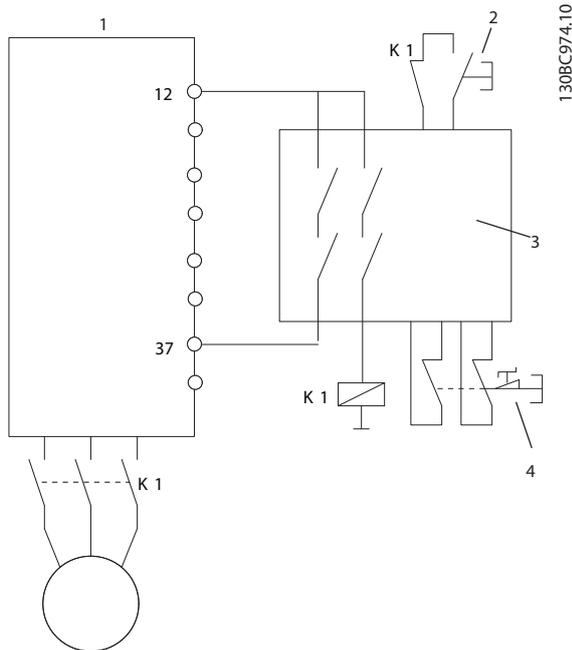


Ilustración 4.27 Ejemplo STO categoría 4

1	Convertidor de frecuencia
2	Tecla [Reset]
3	Relé de seguridad
4	Parada de emergencia

Tabla 4.31 Leyenda

**Conexión en paralelo de la entrada de la parada segura en un relé de seguridad**

Las entradas de parada segura T37 (STO) pueden estar conectadas conjuntas directamente si es necesario controlar múltiples convertidores de frecuencia desde la misma línea de control a través de un relé de seguridad (consulte *Ilustración 4.28*). La conexión de entradas entre sí aumenta las posibilidades de un fallo en la dirección no segura. Un fallo en uno de los convertidores de frecuencia puede tener como resultado que se activen todos los convertidores de frecuencia. La probabilidad de un fallo en T37 es tan baja, que la probabilidad resultante sigue cumpliendo los requisitos para SIL2.

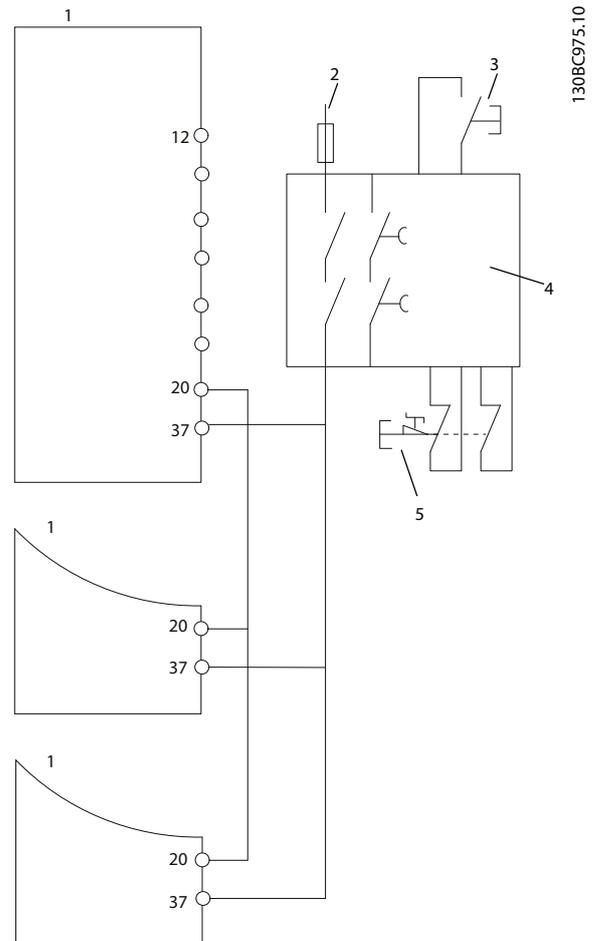


Ilustración 4.28 Ejemplo de conexión en paralelo de múltiples convertidores de frecuencia

1	Convertidor de frecuencia
2	24 V DC
3	Tecla [Reset]
4	Relé de seguridad
5	Parada de emergencia

Tabla 4.32 Leyenda

**⚠ADVERTENCIA**

La activación de la parada segura (es decir, la retirada del suministro de tensión de 24 V CC al terminal 37) no proporciona seguridad eléctrica. La función de parada segura en sí misma no es, por tanto, suficiente para implementar la función de desconexión de emergencia, tal y como se define en la norma EN 60204-1. La desconexión de emergencia requiere medidas de aislamiento eléctrico, como la desconexión de la red a través de un contactor adicional.

1. Activar la función Parada segura eliminando el suministro de tensión de 24 V CC al terminal 37.
2. Después de la activación de la Parada segura (es decir, tras el tiempo de respuesta) el convertidor de frecuencia pasa al modo de inercia (se detiene creando un campo rotacional en el motor). El tiempo de respuesta por lo general es inferior a 10 ms.

Se garantiza que el convertidor de frecuencia no reiniciará la creación de un campo rotacional a causa de un fallo interno (según la Categoría 3 de las normas EN 954-1, PL d acc. EN ISO 13849-1 y SIL 2 acc. EN 62061). Después de la activación de la Parada segura, la pantalla mostrará el texto «Parada segura activada». El texto de ayuda asociado indica «La Parada segura ha sido activada». Esto significa que se ha activado la parada de segura o que el funcionamiento normal todavía no ha sido reiniciado después de la activación de la Parada segura.

**¡NOTA!**

Los requisitos de la Cat. 3 (EN 954-1)/PL «d» (ISO 13849-1) solo se cumplen cuando la alimentación de 24 V CC al terminal 37 se mantiene eliminada o baja mediante un dispositivo de seguridad, que a su vez cumple con los requisitos de la Cat. 3 (EN 954-1)/PL «d» (ISO 13849-1). Si hay fuerzas externas que actúan sobre el motor, este no deberá funcionar sin medidas adicionales de protección frente a caídas. Las fuerzas externas, por ejemplo, pueden aumentar en el caso de ejes verticales (cargas suspendidas) donde, por ejemplo, un movimiento no deseado causado por la gravedad puede originar un peligro. Los frenos mecánicos también pueden actuar como medida de protección frente a caídas.

De manera predeterminada, la función de parada segura está establecida para funcionar con prevención de reanque automático no intencionado. Por lo tanto, para reanudar el funcionamiento tras la activación de la parada segura,

1. vuelva a conectar la tensión de 24 V CC al terminal 37 (el texto «Parada segura activada» aún está en pantalla)
2. Cree la señal de reinicio (por bus, E/S digital o la tecla [Reset]).

La función de parada segura puede configurarse para funcionar con reanque automático. Ajuste el valor de 5-19 Terminal 37 parada segura desde el valor predeterminado [1] hasta el valor [3].

El reanque automático significa que la parada segura termina y se continua con el funcionamiento normal tan pronto como se vuelva a aplicar la tensión de 24 V CC al Terminal 37. No es necesario enviar una señal de reinicio.

**⚠ADVERTENCIA**

El reanque automático está permitido en una de estas dos situaciones:

1. La prevención de reanque no intencionado está implementado por otras partes de la instalación de la parada segura.
2. Puede excluirse la presencia de alguien en zona peligrosa cuando la parada segura no está activada. En particular, debe observarse el párrafo 5.3.2.5 de la norma ISO 12100-2 2003.

#### 4.9.1.2 Prueba de puesta en marcha de la parada segura

Después de la instalación y antes de ponerlo en funcionamiento por primera vez, realice una prueba de puesta en marcha de una instalación o aplicación utilizando la Parada segura.

Vuelva a realizar la prueba después de cada modificación de la instalación o aplicación de la que forma parte la Parada segura.

**¡NOTA!**

Es obligatorio pasar una prueba de puesta en marcha tras la primera instalación y después de cada cambio en la instalación de seguridad.

La prueba de puesta en marcha (seleccione el caso, 1 ó 2, que sea aplicable):

**Caso 1: se requiere prevención de re arranque para parada segura (es decir, solo parada segura cuando 5-19 Terminal 37 parada segura se ajusta en el valor predeterminado [1], o combinación de parada segura y MCB112, en cuyo caso, el 5-19 Terminal 37 parada segura se ajusta en [6] o [9]):**

1.1 Retire el suministro de tensión de 24 V CC del terminal 37 usando el dispositivo interruptor mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red). La prueba se supera cuando

- el motor reacciona con una inercia y
- el freno mecánico está activado (si está conectado)
- la alarma «Parada segura [A68] se muestra en el LCP, en caso de estar montado

1.2 Envíe la señal de Reinicio (por Bus, E/S digital o pulsando la tecla [Reset]). Pasa esta parte de la prueba si el motor permanece en el estado de Parada segura y el freno mecánico (si está conectado) permanece activado.

1.3 A continuación, vuelva a aplicar 24 V CC al terminal 37. Pasa esta parte de la prueba si el motor permanece en estado de inercia y el freno mecánico (si está conectado) permanece activado.

1.4 Envíe la señal de Reinicio (por Bus, E/S digital o pulsando la tecla [Reset]). Pasa esta parte de la prueba cuando el motor vuelve a estar operativo.

La prueba de puesta en marcha se supera si se superan los cuatros pasos de la prueba, 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4.

**Caso 2: Se desea y se permite el re arranque automático de parada segura (es decir, solo parada segura cuando 5-19 Terminal 37 parada segura se ajusta en [3], o se combina la parada segura con MCB112 cuando 5-19 Terminal 37 parada segura se ajusta en [7] o [8]):**

2.1 Retire el suministro de tensión de 24 V CC del terminal 37 mediante el dispositivo interruptor mientras el convertidor de frecuencia activa el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red). La prueba se supera cuando

- el motor reacciona con una inercia y
- el freno mecánico está activado (si está conectado)
- la alarma «Parada segura [A68] se muestra en el LCP, en caso de estar montado

2.2 A continuación, vuelva a aplicar 24 V CC al terminal 37.

Pasa esta parte de la prueba si el motor vuelve a estar operativo. La prueba de puesta en marcha se supera si se superan ambos pasos de la prueba, 2.1 y 2.2.

### ¡NOTA!

Consulte la advertencia del comportamiento de reinicio en *Terminal 37 parada segura*.

### ¡NOTA!

La función Parada segura puede utilizarse con motores síncronos, asíncronos y de magnetización permanente. Pueden producirse dos fallos en el semiconductor de potencia del convertidor de frecuencia. Los fallos pueden provocar una rotación residual si se utilizan motores síncronos o de magnetización permanente. La rotación puede calcularse así:  $\text{ángulo} = 360 / (\text{número de polos})$ . La aplicación que usa motores síncronos o de magnetización permanente debe tener en cuenta esta rotación residual y garantizar que no supone ningún riesgo para la seguridad. Esta situación no es relevante para los motores asíncronos.

## 5 Código y guía de selección

### 5.1 Descripción del código

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	39	
	F	C	D	3	0	2	P				T	4				H	1												X	A		B		X	X	X	X	X	X	D

130BB797.10

Ilustración 5.1 Descripción del código

5

Posición	Descripción	Elecciones / opciones	
01-03	Grupo de productos	FCD	Convertidor de frecuencia descentralizado
04-06	Serie de convertidores de frecuencia	302	Rendimiento avanzado
07-10	Potencia	PK37	0,37 kW / 0,5 CV
		PK55	0,55 kW/0,75 CV
		PK75	0,75 kW / 1,0 CV
		P1K1	1,1 kW / 1,5 CV
		P1K5	1,5 kW / 2,0 CV
		P2K2	2,2 kW / 3,0 CV
		P3K0	3,0 kW / 4,0 CV (solamente unidad grande)
PXXX	Solo instalación de la caja (sin sección de potencia)		
11-12	Fases, tensión de red	T	Trifásico
		4	380-480 V CA
13-15	Protección	B66	Negro estándar - IP66 / Tipo 4X
		W66	Blanco estándar - IP66 / Tipo 4X
		W69	Blanco higiénico - IP66 K / Tipo 4X
16-17	Filtro RFI	H1	Filtro RFI clase A1 / C2
18	Freno	X	Sin freno
		S	Fuente de alimentación del chopper de frenado + freno mecánico

Posición	Descripción	Elecciones / opciones	
19	Configuración de hardware	1	Producto completo, unidad pequeña, montaje independiente
		3	Producto completo, unidad grande, montaje independiente
		X	Pieza del convertidor de frecuencia, unidad pequeña (sin caja de instalación)
		Y	Pieza del convertidor de frecuencia, unidad grande (sin caja de instalación)
		R	Caja de instalación, unidad pequeña, montaje independiente (sin pieza del convertidor de frecuencia)
		T	Caja de instalación, unidad grande, montaje independiente (sin pieza del convertidor de frecuencia)
20	Soportes	X	Sin soportes
		E	Soportes planos
		F	Soportes de 40 mm
21	Roscas	X	Sin caja de instalación
		M	Roscas métricas

Posición	Descripción	Elecciones / opciones	
22	Opción de interruptor	X	Sin opción de interruptor
		E	Interruptor de mantenimiento en la entrada de red
		F	Interruptor de mantenimiento en la salida del motor
		H	Disyuntor y desconexión de la red, terminales de lazo (solamente en unidad grande)
		K	Interruptor para mantenimiento en entrada de red con terminales de lazo adicionales (solamente en unidad grande)
23	Display	X	Sin conector de display (sin caja de instalación)
		C	Con conector de display
24	Conectores de sensores	X	Sin conectores de sensores
		E	Montaje directo 4 x M12: 4 entradas digitales
		F	Montaje directo 6 x M12: 4 entradas digitales, 2 salidas de relé
25	Conector de motor	X	Sin conector de motor
26	Conector de red	X	Sin conector de red
27	Conector de bus de campo	X	Sin conector de bus de campo
		E	Ethernet M12
		P	Profibus M12
28	Reservado	X	Para uso futuro
29-30	Opción A	AX	Sin opción A
		A0	Profibus DP
		AN	Ethernet IP
		AL	ProfiNet
31-32	Opción B	BX	Sin opción B
		BR	Opción de encoder
		BU	Opción de resolvedor
		BZ	Interfaz PLC de seguridad
33-37	Reservado	XXXXX	Para uso futuro
38-39	Opción D	DX	Sin opción D
		D0	Entrada de seguridad de 24 V CC

Tabla 5.1 Descripción del código

No todas las opciones están disponibles para cada variante de FC 302. Para comprobar si está disponible la versión apropiada, consulte en internet el configurador de convertidores de frecuencia (Drive Configurator): <http://driveconfig.danfoss.com>.

## ¡NOTA!

Las opciones A y D para FCD 302 están integradas en la tarjeta de control. Por esta razón, no se pueden utilizar opciones conectables para estos convertidores de frecuencia. Las futuras actualizaciones requerirán cambiar toda la tarjeta de control. Las opciones B son conectables, con el mismo concepto que para los convertidores de frecuencia.

### 5.1.1 Configurador de convertidores de frecuencia

Diseñe el convertidor de frecuencia conforme a las necesidades de la aplicación, mediante el uso del sistema de números de pedido.

Pida los convertidores de frecuencia de serie y los convertidores de frecuencia con opciones integradas enviando un código descriptivo del producto a la oficina local de ventas de Danfoss, por ejemplo:  
FCD302P2K2T4B66H1X1XMXCXXXXXA0BXXXXDX

El significado de los caracteres de la cadena puede encontrarse en las páginas que contienen los números de pedido, en este capítulo. En el ejemplo anterior, se incluyen en la unidad un Profibus DP V1 y una opción de alimentación auxiliar de 24 V.

Utilice el configurador de convertidores de frecuencia, disponible en Internet, para realizar la configuración apropiada para su aplicación y generar el código descriptivo. El configurador de convertidores de frecuencia generará automáticamente un número de ventas de ocho dígitos para su envío a la oficina de ventas local. Además, puede establecer una lista de proyectos con varios productos y enviársela a un representante de ventas de Danfoss.

El configurador de convertidores puede encontrarse en el sitio de Internet: [www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives).

Los convertidores de frecuencia se suministrarán automáticamente con un paquete de idioma correspondiente a la región desde la que se realiza el pedido.

Para realizar el pedido de un paquete de idioma diferente, póngase en contacto con la oficina local de ventas de Danfoss.

## 5.2 Números de pedido

### 5.2.1 Números de pedido: Accesorios

Accesorios	Descripción	Referencia
Soportes de montaje ampliados	Soportes de 40 mm	130B5771
Soportes de montaje	Soportes planos	130B5772
Cable del LCP	Cable preparado de fábrica para conectar el inversor y el LCP	130B5776
Resistencia de freno 1750 Ω 10 W/100%	Para montaje dentro de la caja de instalación, debajo de los terminales del motor	130B5778
Resistencia de freno 350 Ω 10 W/100%	Para montaje dentro de la caja de instalación, debajo de los terminales del motor	130B5780
Panel de control del VLT LCP 102	Display gráfico para programación y lectura	130B1078
Membrana de ventilación, goretex	Membrana para impedir la condensación dentro del alojamiento	175N2116
Terminación PE, M20	Acero inoxidable	175N2703
Terminación PE, M16	Acero inoxidable	130B5833

Tabla 5.2 Números de pedido: Accesorios

### 5.2.2 Números de pedido: Repuestos

Piezas de recambio	Descripción	Referencia
Tapa de protección	Tapa de protección de plástico para la pieza del inversor	130B5770
Junta	Junta entre la caja de instalación y la pieza del inversor	130B5773
Bolsa de accesorios	Abrazadera de cables de recambio y tornillos para terminación de pantalla	130B5774
Interruptor de mantenimiento	Interruptor de recambio para red o desconexión de motor	130B5775
Enchufe LCP	Enchufe de recambio para montaje en la caja de instalación	130B5777
Placa de terminación principal	Para montar en la caja de instalación	130B5779
Conectores de sensor M12	Conjunto de dos conectores de sensores M12 para montar en orificio de prensacables	130B5411
Tarjeta de control	Tarjeta de control con fuente de apoyo de 24 V	130b5783
Tarjeta de control Profibus	Tarjeta de control Profibus con fuente de apoyo de 24 V	130b5781
Tarjeta de control EtherNet	Tarjeta de control Ethernet con fuente de apoyo de 24 V	130b5788
Tarjeta de control Profinet	Tarjeta de control Profinet con fuente de apoyo de 24 V	130b5794

Tabla 5.3 Números de pedido: Repuestos

El paquete contiene:

- La bolsa de accesorios se suministra solo con pedido de caja de instalación. Contenido:
  - 2 abrazaderas de cable
  - soporte para cables de motor / de carga
  - soporte de elevación para abrazadera de cable
  - tornillo de 4 mm y 20 mm
  - rosca de 3,5 mm y 8 mm
- Documentación

En función de los elementos opcionales instalados, la caja puede incluir una o dos bolsas y uno o varios manuales.

## 5.3 Opciones y accesorios

Danfoss ofrece una amplia gama de opciones y accesorios para el convertidor de frecuencia.

### 5.3.1 Opciones de bus de campo

Seleccione la opción de bus de campo en el convertidor de frecuencia. Todas las opciones de bus de campo están incluidas en la tarjeta de control. No se dispone de ninguna opción A independiente.

Para cambiar posteriormente la opción de bus de campo, sustituya la tarjeta de control. Están disponibles las siguientes tarjetas de control con las distintas opciones de bus de campo. Todas las tarjetas de control llevan de serie una fuente de apoyo de 24 V.

Elemento	Número de pedido
Tarjeta de control PROFIBUS	130B5781
Tarjeta de control EtherNet	130B5788
Tarjeta de control PROFINET	130B5794

Tabla 5.4 Tarjetas de control con opciones de bus de campo

### 5.3.2 Opción del encoder MCB 102

El módulo de encoder se puede utilizar como origen de realimentación para control Flux en lazo cerrado (1-02 Realimentación encoder motor Flux), al igual que para control de velocidad en lazo cerrado (7-00 Fuente de realim. PID de veloc.). Configure la opción de encoder en el grupo de parámetros 17-\*\*

La opción del encoder MCB 102 se usa para:

- Lazo cerrado VVC<sup>plus</sup>
- Control de velocidad del vector de flujo
- Control de par del vector de flujo
- Motor de magnetización permanente

Tipos de encoder admitidos:

Encoder incremental: Tipo 5 V TTL, RS422, máx. frecuencia: 410 kHz

Encoder incremental: 1Vpp, seno-coseno

Encoder Hiperface®: Absoluto y Seno-Coseno (Stegmann/SICK)

Encoder EnDat: Absoluto y Seno-Coseno (Heidenhain)

Compatible con versión 2.1

Encoder SSI: Absoluto

Lectura de encoder:

Se monitorizan los 4 canales del encoder (A, B, Z y D), y se pueden detectar circuitos abiertos y cortocircuitos. Hay un LED verde por cada canal; se encienden cuando el estado del canal correspondiente es correcto.

#### ¡NOTA!

Los LED no son visibles cuando están montados en el convertidor de frecuencia FCD302. La reacción en caso de error en el encoder se puede seleccionar en 17-61 Control de señal de realimentación: Ninguna, Advertencia o Desconexión.

El kit de la opción de encoder contiene:

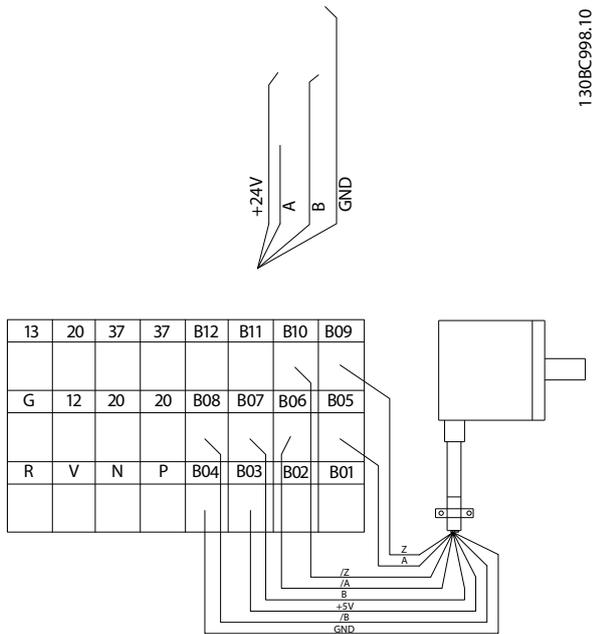
- Opción del encoder MCB 102
- Cable para conectar los terminales del cliente a la tarjeta de control

Conector Denominación X31	Encoder incremental (consulte el gráfico A)	Encoder SinCos Hiperface® (consulte el gráfico B)	Encoder EnDat	Encoder SSI	Descripción
1	NC			24 V*	Salida 24 V (21-25 V, I <sub>máx</sub> :125 mA)
2	NC	8 V CC			Salida 8 V (7-12 V, I <sub>máx</sub> : 200 mA)
3	5 VCC		5 VCC	5 V*	Salida 5 V (5 V ±5%, I <sub>máx</sub> : 200 mA)
4	GND (tierra)		GND (tierra)	GND (tierra)	GND (tierra)
5	Entrada A	+COS	+COS		Entrada A
6	Entrada A invertida	REFCOS	REFCOS		Entrada A invertida
7	Entrada B	+SIN	+SIN		Entrada B
8	Entrada B invertida	REFSIN	REFSIN		Entrada B invertida
9	Entrada Z	+Datos RS-485	Salida de reloj	Salida de reloj	Entrada Z, O BIEN, +Datos RS-485
10	Entrada Z invertida	-Datos RS485	Salida de reloj inv.	Salida de reloj inv.	Entrada Z, O BIEN, -Datos RS-485
11	NC	NC	Entrada de datos	Entrada de datos	Uso futuro
12	NC	NC	Entrada de datos inv.	Entrada de datos inv.	Uso futuro
Máx. 5 V en X31,5-12					

Tabla 5.5 Terminales de conexión de opción del encoder MCB 102

\* Fuente de alimentación para encoder: consulte los datos en el encoder.

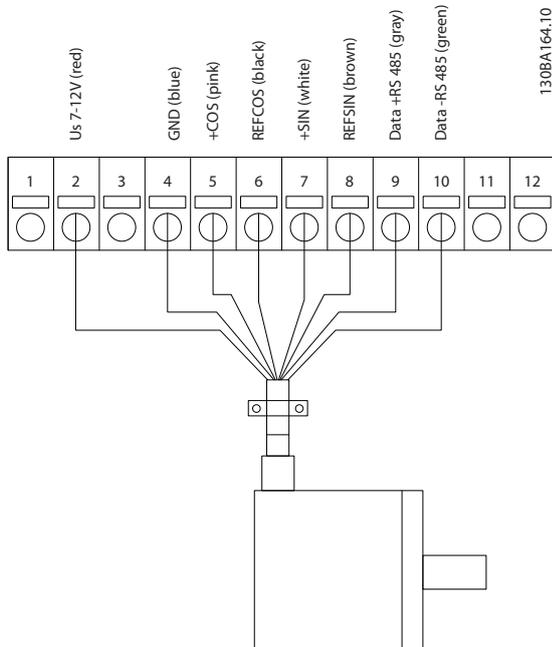
5



130BC998.10

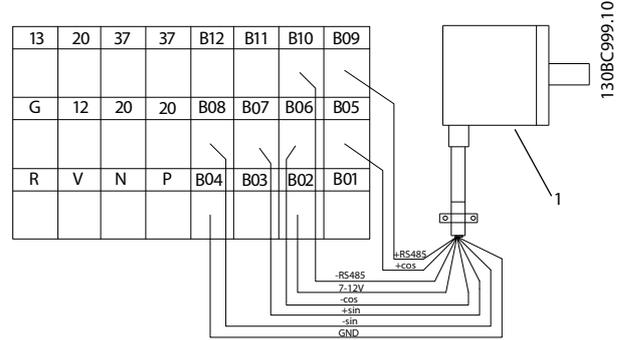
Ilustración 5.2 Conexiones para encoder incremental de 5 V

Longitud máx. de cable (10 m).



130BA164.10

Ilustración 5.3 Conexiones para encoder Hiperface 1



130BC999.10

Ilustración 5.4 Conexiones para encoder Hiperface 2

Elemento	Descripción
1	Encoder Hiperface®

Tabla 5.6 Legenda

### 5.3.3 Opción de resolvidor MCB 103

La opción de resolvidor MCB 103 se utiliza como realimentación del motor del resolvidor de interfaz para el convertidor de frecuencia. Los resolvidores se utilizan básicamente como dispositivos de realimentación del motor para motores sincrónicos sin escobillas y magnetización permanente.

EL kit de opción de resolvidor dispone de:

- Opción de resolvidor MCB 103
- Cable para conectar los terminales del cliente a la tarjeta de control

Selección de parámetros: 17-5x interfaz de resolvidor.

La opción de resolvidor MCB 103 es compatible con varios tipos de resolvidor.

Polos del resolvidor	17-50 Polos: 2 *2
Tensión de entrada del resolvidor	17-51 Tensión de entrada: 2,0-8,0 Vrms *7,0 Vrms
Frecuencia de entrada del resolvidor	17-52 Frecuencia de entrada: 2-15 kHz *10,0 kHz
Relación de transformación	17-53 Proporción de transformación: 0,1-1,1 *0,5
Tensión de entrada secundaria	Máx. 4 Vrms
Carga secundaria	App. 10 kΩ

Tabla 5.7 Especificaciones de la opción de resolvidor MCB 103

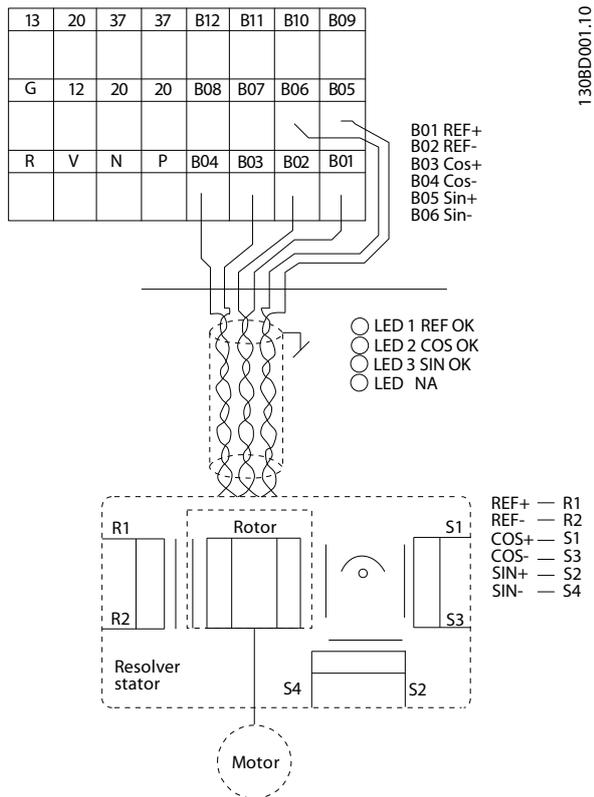


Ilustración 5.5 Conexiones para la opción de resolvidor MCB 103

**¡NOTA!**

La opción de resolvidor MCB 103 solamente puede utilizarse con tipos de resolvidores alimentados por rotor. No es posible utilizar ningún tipo de resolvidor alimentado por estátor.

**¡NOTA!**

En la opción de resolvidor, los indicadores LED no son visibles.

**Indicadores LED**

- El LED 1 está encendido cuando la señal de referencia es correcta hacia el resolvidor
- El LED 2 está encendido cuando la señal Coseno es correcta desde el resolvidor
- El LED 3 está encendido cuando la señal Seno es correcta desde el resolvidor

Los LED están activos cuando 17-61 Control de señal de realimentación está ajustado en Advertencia o Desconexión.

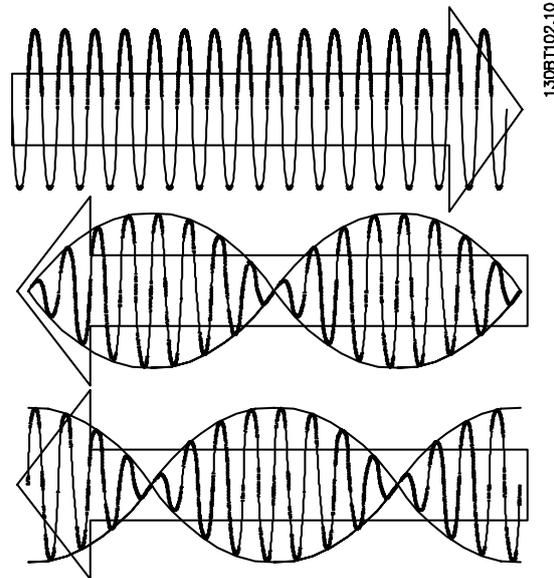


Ilustración 5.6 Señales de resolvidor

**Ejemplo de ajuste**

En este ejemplo, un Motor de magnetización permanente (PM) se utiliza con un resolvidor como realimentación de velocidad. Un motor de PM debería funcionar en modo de flujo.

**Conexiones**

La máxima longitud del cable es 150 m cuando se utiliza un tipo de cable de par trenzado.

**¡NOTA!**

Los cables del resolvidor deben estar apantallados y separados de los del motor.

**¡NOTA!**

La pantalla del cable del resolvidor debe conectarse correctamente a la placa de conexión de pantallas y al chasis (tierra) del motor.

**¡NOTA!**

Utilice únicamente cables apantallados para el motor y el chopper de frenado.

1-00 Modo Configuración	[1] Veloc. lazo cerrado
1-01 Principio control motor	[3] Lazo Cerrado Flux
1-10 Construcción del motor	[1] PM no saliente SPM
1-24 Intensidad motor	Placa de características
1-25 Veloc. nominal motor	Placa de características
1-26 Par nominal continuo	Placa de características
El AMA no es posible en motores de PM	
1-30 Resistencia estator (Rs)	Hoja de datos técnicos del motor
30-80 Inductancia eje d (Ld)	Hoja de datos técnicos del motor (mH)
1-39 Polos motor	Hoja de datos técnicos del motor
1-40 f <sub>cem</sub> a 1000 RPM	Hoja de datos técnicos del motor
1-41 Ángulo despalzamiento motor (Offset)	Hoja de datos técnicos del motor (normalmente cero)
17-50 Polos	Hoja de datos del resolvidor
17-51 Tensión de entrada	Hoja de datos del resolvidor
17-52 Frecuencia de entrada:	Hoja de datos del resolvidor
17-53 Proporción de transformación	Hoja de datos del resolvidor
17-59 Interfaz de resolver	[1] Activado

**Tabla 5.8 Ajuste los parámetros siguientes**

### 5.3.4 Opción de alimentación externa de 24 V MCB 107

Suministro externo de 24 V CC

El suministro externo de 24 V CC se puede instalar como un suministro de baja tensión para la tarjeta de control y para cualquier otra tarjeta instalada como opción. Esto permite el funcionamiento completo del LCP (incluido el ajuste de parámetros) sin necesidad de realizar una conexión a la tensión de alimentación.

#### Especificación de la alimentación externa de 24 V CC

Intervalo de tensión de entrada	24 V CC ±15% (máx. 37 V en 10 s)
Intensidad de entrada máx.	2,2 A
Intensidad de entrada media	0,9 A
Longitud máxima del cable	75 m
Carga de capacitancia de entrada	<10 uF
Retardo de arranque	<0,6 s

Las entradas están protegidas.

#### Números de terminales

Terminal 35: - suministro externo de 24 V CC.

Terminal 36: + suministro externo de 24 V CC.

## 6 Especificaciones

### 6.1 Dimensiones mecánicas

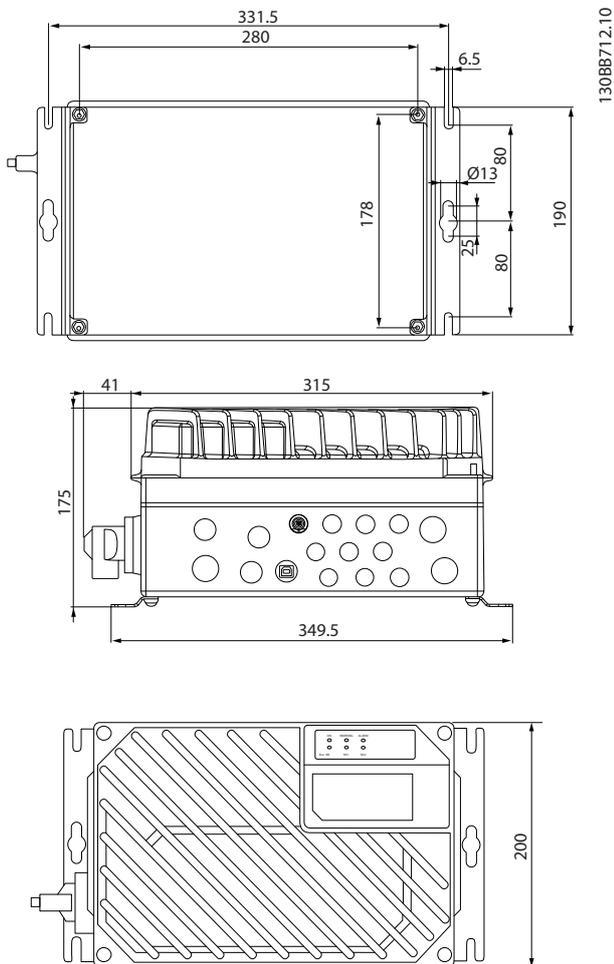


Ilustración 6.1 Unidad pequeña

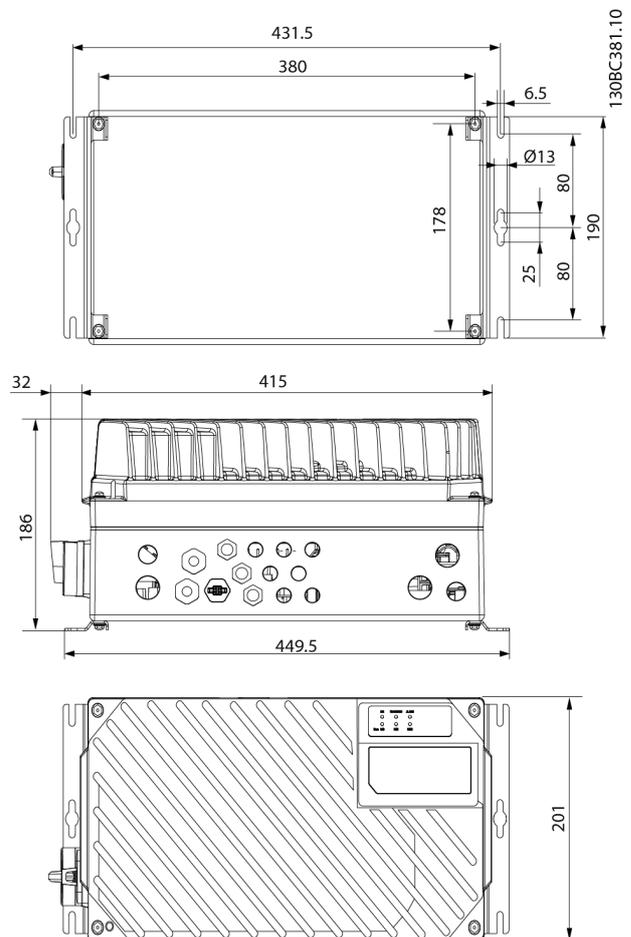


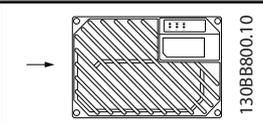
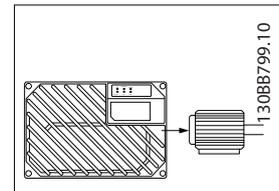
Ilustración 6.2 Unidad grande

Lateral del motor	1 × M20, 1 × M25
Puesto de control	2 × M20, 9 × M16 <sup>1)</sup>
Red	2 × M25

Tabla 6.1 Leyenda

<sup>1)</sup> También utilizado para adaptadores de actuador / sensor  
4 × M12 / 6 × M12.

## 6.2 Datos eléctricos y dimensiones de los cables

Alimentación de red 3x380-480 V CA									
Convertidor de frecuencia		PK37	PK55	PK75	P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	
Eje de salida nominal [kW]		0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3,0	
Eje de salida nominal [CV]		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	
Intensidad de entrada máx.									
	Continua (3 x 380-440 V) [A]	1,2	1,6	2,2	2,7	3,7	5,0	6,5	
	Intermitente (3 x 380-440 V) [A]	1,9	2,6	3,5	4,3	5,9	8,0	10,4	
	Continua (3 x 441-480 V) [A]	1,0	1,4	1,9	2,7	3,1	4,3	5,7	
	Intermitente (3 x 441-480 V) [A]	1,6	2,2	3,0	4,3	5,0	6,9	9,1	
	Tamaño máx. recomendado de fusible*	gG-25							
	Disyuntor integrado (unidad grande)	CTI-25M, ref. deDanfoss: 047B3151							
	Disyuntor recomendado (unidad pequeña)	CTI-45MB, ref. de Danfoss: 047B3164							
	Pérdida de potencia a carga máx. [W]	35	42	46	58	62	88	116	
	Rendimiento	0,93	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	
	Peso, unidad pequeña [kg]	9,8							N/A
Peso, unidad grande [kg]	13,9								
Intensidad de salida									
	Continua (3 x 380-440 V) [A]	1,3	1,8	2,4	3,0	4,1	5,2	7,2	
	Intermitente (3 x 380-440 V) [A]	2,1	2,9	3,8	4,8	6,6	8,3	11,5	
	Continua (3 x 441-480 V) [A]	1,2	1,6	2,1	3,0	3,4	4,8	6,3	
	Intermitente (3 x 441-480 V) [A]	1,9	2,6	3,4	4,8	5,4	7,7	10,1	
	Continua kVA (400 V CA) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,1	2,8	3,9	5,0	
	Continua kVA (460 V CA) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,4	2,7	3,8	5,0	
	Dimensión máx. de cable: (red, motor, freno) [mm <sup>2</sup> / AWG]	cable sólido 6/10 cable flexible 4/12							

**Tabla 6.2 Eje de salida, intensidad de salida e intensidad de entrada de FCD 302**

\*Para cumplir los requisitos UL / cUL, utilice los siguientes fusibles previos.

1. Calibre de cables estadounidense (AWG). La sección transversal máx. del cable es el mayor diámetro de cable que puede conectarse a los terminales. Cumpla siempre los reglamentos nacionales y locales.
2. Deben utilizarse fusibles previos tipo gG. Para mantener UL/cUL, use los fusibles previos de este tipo (consulte Tabla 6.3).
3. Medido con un cable de motor blindado o apantallado de 10 m a la carga y frecuencia nominales.

**\*Tamaño máximo de fusible previo recomendado: 25 A**

Marca	Tipo de fusible	N.º de archivo UL	Categoría UL (código CCN)
Bussmann	FWH-25	E91958	JFHR2
Bussmann	KTS-R25	E52273	RK1/JDDZ
Bussmann	JKS-25	E4273	J/JDDZ
Bussmann	JJS-25	E4273	T/JDDZ
Bussmann	FNW-R-25	E4273	CC / JDDZ
Bussmann	KTK-R-25	E4273	CC / JDDZ
Bussmann	LP-CC-25	E4273	CC / JDDZ
SIBA	5017906-025	E180276	RK1/JDDZ
LITTLE FUSE	KLS-R25	E81895	RK1/JDDZ
FERRAZ-SHAWMUT	ATM-R25	E163267/ E2137	CC / JDDZ
FERRAZ-SHAWMUT	A6K-25R	E163267/ E2137	RK1/JDDZ
FERRAZ-SHAWMUT	HSJ25	E2137	J/HSJ

**Tabla 6.3 Fusibles previos de FCD 302 que cumplen los requisitos UL / cUL**

Nivel de tensión de CC	Unidades 380-480 V (V CC)
Desactivación del inversor por baja tensión	373
Advertencia de baja tensión	410
Reactivación tras baja tensión del inversor (reinicio advertencia)	398
Advertencia de sobretensión (sin freno)	778
Activación de freno dinámico	778
Reactivación del inversor tras sobretensión (reinicio advertencia)	795
Advertencia de sobretensión (con freno)	810
Desconexión por sobretensión	820

**Tabla 6.4 Nivel de tensión de CC de FCD 302**

### Fusibles

Esta unidad es adecuada para utilizarse en un circuito capaz de proporcionar hasta 100 000 amperios simétricos rms, 500 V máximo.

### Disyuntor

Esta unidad es adecuada para utilizarse en un circuito capaz de proporcionar hasta 10 000 amperios simétricos rms, 500 V máximo.

### 6.3 Especificaciones generales

**Alimentación de red (L1, L2, L3)**

Tensión de alimentación	380-480 V ±10%
-------------------------	----------------

*Tensión de red baja / corte de red:*

*Durante un episodio de tensión de red baja o un corte de red, el convertidor de frecuencia sigue funcionando hasta que la tensión del circuito intermedio desciende por debajo del nivel de parada mínimo, que generalmente es un 15% por debajo de la tensión de alimentación nominal más baja del convertidor de frecuencia. No se puede esperar un arranque y un par completo con una tensión de red inferior al 10% por debajo de la tensión de alimentación nominal más baja del convertidor de frecuencia.*

Frecuencia de alimentación	50 / 60 Hz ± 5%
----------------------------	-----------------

Máximo desequilibrio transitorio entre fases de red	3,0% de la tensión de alimentación nominal
---	--

Factor de potencia real ( $\lambda$ )	≥0,9 a la carga nominal
---------------------------------------	-------------------------

Factor de potencia de desplazamiento (cos $\phi$ )	prácticamente uno (> 0,98)
--	----------------------------

Conmutación en la alimentación de la entrada L1, L2, L3 (arranques)	2 veces/min. como máximo
---	--------------------------

*Esta unidad es adecuada para utilizarse en un circuito capaz de proporcionar hasta 100 000 amperios simétricos rms, 480 V máximo.*

**Salida del motor (U, V, W)**

Tensión de salida	0-100% de la tensión de red
-------------------	-----------------------------

Frecuencia de salida	0-1000 Hz
----------------------	-----------

Frecuencia de salida en modo de flujo	0-300 Hz
---------------------------------------	----------

Conmutación en la salida	Ilimitada
--------------------------	-----------

Tiempos de rampa	0,01-3600 s
------------------	-------------

**Características de par**

Par de arranque (par constante)	máximo 160% para 60 s <sup>1)</sup>
---------------------------------	-------------------------------------

Par de arranque	máximo 180% hasta 0,5 s <sup>1)</sup>
-----------------	---------------------------------------

Par de sobrecarga (par constante)	máximo 160% para 60 s <sup>1)</sup>
-----------------------------------	-------------------------------------

Par de arranque (par variable)	máximo 110% para 60 s <sup>1)</sup>
--------------------------------	-------------------------------------

Par de sobrecarga (par variable)	máximo 110% para 60 s <sup>1)</sup>
----------------------------------	-------------------------------------

<sup>1)</sup> Porcentaje relativo al par nominal.

**Longitudes y secciones para cables de control<sup>1)</sup>**

Long. máx. de cable de motor, cable apantallado	10 m
---	------

Longitud máx. de cable de motor, no apantallado, sin cumplir la especificación sobre emisiones	10 m
--	------

Sección máxima a los terminales de control, cable flexible / rígido sin manguitos en los extremos	1,5 mm <sup>2</sup> /16 AWG
---	-----------------------------

Sección máxima a los terminales de control, cable flexible con manguitos en los extremos	1,5 mm <sup>2</sup> /16 AWG
--	-----------------------------

Sección máxima a los terminales de control, cable flexible con manguitos en los extremos y abrazadera	1,5 mm <sup>2</sup> /16 AWG
---	-----------------------------

Sección de cable mínima para los terminales de control	0,25 mm <sup>2</sup> / 24 AWG
--	-------------------------------

<sup>1)</sup>Cables de alimentación, consulte las tablas en el apartado 6.2 Datos eléctricos y dimensiones de los cables de la Guía de Diseño de FCD 302, MG04H

**Protección y características**

- Protección termoelectrónica del motor contra sobrecarga.
- El control de la temperatura del disipador garantiza la desconexión del convertidor si la temperatura alcanza un valor predeterminado.
- El convertidor de frecuencia está protegido frente a cortocircuitos en los terminales U, V y W del motor.
- Si falta una fase de red, el convertidor de frecuencia se desconectará o emitirá una advertencia (en función de la carga).
- El control de la tensión del circuito intermedio garantiza la desconexión del convertidor de frecuencia si la tensión del circuito intermedio es demasiado alta o baja.

- El convertidor de frecuencia comprueba constantemente la aparición de niveles graves de temperatura interna, corriente de carga, tensión alta en el circuito intermedio y velocidades de motor bajas. En respuesta a un nivel crítico, el convertidor de frecuencia puede ajustar la frecuencia de conmutación y / o cambiar el patrón de conmutación a fin de asegurar su rendimiento.

**Entradas digitales**

Entradas digitales programables	4 (6) <sup>1)</sup>
Número de terminal	18, 19, 27 <sup>1)</sup> , 29 <sup>1)</sup> , 32, 33,
Lógica	PNP o NPN
Nivel de tensión	0-24 V CC
Nivel de tensión, «0» lógico PNP	<5 V CC
Nivel de tensión, «1» lógico PNP	>10 V CC
Nivel de tensión, «0» lógico NPN2)	>19 V CC
Nivel de tensión, «1» lógico NPN2)	<14 V CC
Tensión máxima de entrada	28 V CC
Rango de frecuencia de impulsos	0-110 kHz
(Ciclo de trabajo) Anchura de impulsos mín.	4,5 ms
Resistencia de entrada, Ri	4 kΩ (aprox.)

Todas las entradas digitales están aisladas galvánicamente de la tensión de alimentación (PELV) y de otros terminales de alta tensión.

1) Los terminales 27 y 29 también pueden programarse como salidas.

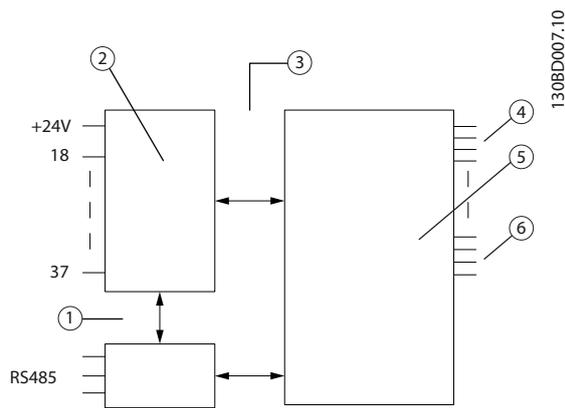
**Parada segura terminal 37 (el terminal 37 es de lógica PNP fija)**

Nivel de tensión	0-24 V CC
Nivel de tensión, «0» lógico PNP	<4 V CC
Nivel de tensión, «1» lógico PNP	20 V CC
Intensidad de entrada nominal a 24 V	50 mA rms
Intensidad de entrada nominal a 20 V	60 mA rms
Capacitancia de entrada	400 nF

**Entradas analógicas**

N.º de entradas analógicas	2
Número de terminal	53, 54
Modos	Tensión o intensidad
Selección de modo	Interruptor S201 e interruptor S202
Modo de tensión	Interruptor S201 / Interruptor S202 = OFF (U)
Nivel de tensión	De -10 a +10 V (escalable)
Resistencia de entrada, Ri	aprox. 10 kΩ
Tensión máx.	±20 V
Modo de intensidad	Interruptor S201 / Interruptor S202 = ON (I)
Nivel de intensidad	De 0/4 a 20 mA (escalable)
Resistencia de entrada, Ri	aprox. 200 Ω
Intensidad máx.	30 mA
Resolución de entradas analógicas	10 bit (signo +)
Precisión de las entradas analógicas	Error máx: 0,5% de escala total
Ancho de banda	100 Hz

Las entradas analógicas están galvánicamente aisladas de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de alta tensión.



Elemento	Descripción
1	Aislamiento funcional
2	Control
3	Aislamiento PELV
4	Red
5	Alta tensión
6	Motor

Tabla 6.5 Leyenda

Ilustración 6.3 Entradas analógicas

6

**Entradas de pulsos / encoder**

Entradas de pulsos / encoder programables	2/1
Número de terminal de pulso / encoder	29, 33 <sup>1)</sup> /32 <sup>2)</sup> , 33 <sup>2)</sup>
Frecuencia máx. en los terminales 29, 32, 33	110 kHz (en contrafase)
Frecuencia máx. en los terminales 29, 32, 33	5 kHz (colector abierto)
Frecuencia mínima en los terminales 29, 32, 33	4 Hz
Nivel de tensión	Consulte 6.3.1 Entradas digitales
Tensión máxima de entrada	28 V CC
Resistencia de entrada, Ri	4 kΩ (aprox.)
Precisión de la entrada de pulsos (0,1-1 kHz)	Error máx.: un 0,1% de la escala completa
Precisión de entrada del encoder (1-110 kHz)	Error máx.: 0,05% de la escala completa

Las entradas de pulsos y encoder (terminales 29, 32 y 33) se encuentran galvánicamente aisladas de la tensión de alimentación (PELV) y demás terminales de alta tensión.

<sup>1)</sup> Las entradas de pulsos son 29 y 33

<sup>2)</sup> Entradas de encoder: 32 = A y 33 = B

**Salida analógica**

Número de salidas analógicas programables	1
Número de terminal	42
Rango de intensidad en la salida analógica	0/4 a 20 mA
Carga máx. entre conexión a tierra y salida analógica inferior a	500 Ω
Precisión en la salida analógica	Error máx.: un 0,5% de la escala completa
Resolución en la salida analógica	12 bits

La salida analógica está galvánicamente aislada de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de alta tensión.

**Tarjeta de control, comunicación serie RS-485**

Número de terminal	68 (P,TX+, RX+), 69 (N,TX-, RX-)
N.º de terminal 61	Común para los terminales 68 y 69

El circuito de comunicación serie RS-485 se encuentra separado funcionalmente de otros circuitos y galvánicamente aislado de la tensión de alimentación (PELV).

**Salida digital**

Salidas digitales / de pulsos programables	2
Número de terminal	27, 29 <sup>1)</sup>
Nivel de tensión en la salida digital / de frecuencia	0-24 V
Intensidad de salida máx. (disipador o fuente)	40 mA
Carga máx. en salida de frecuencia	1 kΩ
Carga capacitiva máx. en salida de frecuencia	10 nF
Frecuencia de salida mín. en salida de frecuencia	0 Hz
Frecuencia de salida máx. en salida de frecuencia	32 kHz
Precisión de salida de frecuencia	Error máx.: un 0,1% de la escala completa

Resolución de salidas de frecuencia ..... 12 bits

1) Los terminales 27 y 29 también pueden programarse como entradas.

La salida digital está galvánicamente aislada de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de alta tensión.

Tarjeta de control, salida de 24 V CC

Número de terminal	12, 13
Tensión de salida	24 V +1, -3 V
Carga máx.	600 mA

La alimentación de 24 V CC está galvánicamente aislada de la tensión de alimentación (PELV), aunque tiene el mismo potencial que las entradas y salidas analógicas y digitales.

Salidas de relé

Salidas de relé programables	2
N.º de terminal del relé 01	1-3 (desconexión), 1-2 (conexión)
Carga máx. del terminal (CA-1) <sup>1)</sup> en 1-3 (NC), 1-2 (NA) (carga resistiva)	240 V CA, 2 A
Carga máx. del terminal (CA-15) <sup>1)</sup> (carga inductiva a cosφ 0,4)	240 V CA, 0,2 A
Carga máx. del terminal (CC-1) <sup>1)</sup> en 1-2 (NA), 1-3 (NC) (carga resistiva)	48 V CC, 1 A
Carga máx. del terminal (CC-13) <sup>1)</sup> (carga inductiva)	24 V CC, 0,1 A
N.º de terminal del relé 02	4-6 (desconexión), 4-5 (conexión)
Carga máx. del terminal (CA-1) <sup>1)</sup> en 4-5 (NA) (Carga resistiva) <sup>2)3)</sup> Sobretensión cat. II	240 V CA, 2 A
Carga máx. del terminal (CA-15) <sup>1)</sup> en 4-5 (NA) (carga inductiva a cosφ 0,4)	240 V CA, 0,2 A
Carga máx. terminal (CC-1) <sup>1)</sup> en 4-5 (NA) (carga resistiva)	80 V CC, 2 A
Carga máx. terminal (CC-13) <sup>1)</sup> en 4-5 (NA) (carga inductiva)	24 V CC, 0,1 A
Carga máx. del terminal (CA-1) <sup>1)</sup> en 4-6 (NC) (carga resistiva)	240 V CA, 2 A
Carga máx. del terminal (CA-15) <sup>1)</sup> (carga inductiva a cosφ 0,4)	240 V CA, 0,2 A
Carga máxima del terminal (CC-1) <sup>1)</sup> en 4-6 (NA), 4-5 (NC) (carga resistiva)	48 V CC, 1 A
Carga máx. del terminal (CC-13) <sup>1)</sup> (carga inductiva)	24 V CC, 0,1 A
Carga mín. del terminal en 1-3 (NC), 1-2 (NA), 4-6 (NC), 4-5 (NA)	24 V CC 10 mA, 24 V CA 20 mA

1) CEI 60947 partes 4 y 5

Los contactos del relé están galvánicamente aislados con respecto al resto del circuito con un aislamiento reforzado (PELV).

2) Categoría de sobretensión II

3) Aplicaciones UL 300 V CA 2 A

Tarjeta de control, salida de 10 V CC

Número de terminal	±50
Tensión de salida	10,5 V ±0,5 V
Carga máx.	15 mA

La alimentación de 10 V CC está galvánicamente aislada de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de alta tensión.

Características de control

Resolución de frecuencia de salida a 0-1000 Hz	±0,003 Hz
Precisión repetida del Arranque / parada precisos (terminales 18, 19)	≤±0,1 ms
Tiempo de respuesta del sistema (terminales 18, 19, 27, 29, 32, 33)	≤2 ms
Rango de control de velocidad (lazo abierto)	1:100 de velocidad síncrona
Intervalo de control de velocidad (lazo cerrado)	1:1000 de velocidad síncrona
Precisión de velocidad (lazo abierto)	30-4000 rpm: error ±8 rpm
Precisión de la velocidad (lazo cerrado), en función de la resolución del dispositivo de realimentación.	0-6000 rpm: error ±0,15 rpm
Precisión de control del par (realimentación de velocidad)	error máx ±5% del par nominal

Todas las características de control se basan en un motor asíncrono de 4 polos

Rendimiento de la tarjeta de control

Intervalo de exploración	1 ms
--------------------------	------

## Entorno

Clasificación de protección	IP 66 /tipo 4x (interiores)
Test de vibración para unidades sin disyuntor	1,7 g RMS
Montaje de la unidad con disyuntor integrado a un nivel, a prueba de vibraciones y soporte de rigidez torsional	
Humedad relativa máx.	5-95% (CEI 60 721-3-3; Clase 3K3 (sin condensación) durante el funcionamiento)
Temperatura ambiente	Máx. 40 °C (promedio de 24 horas, máx. 35 °C)
Temperatura durante el almacenamiento / transporte	De -25 a +65 / 70 °C

*Reducción de potencia por temperatura ambiente alta*

Temperatura ambiente mínima durante el funcionamiento a escala completa	0 °C
Temperatura ambiente mínima con rendimiento reducido	-10 °C
Altitud máx. sobre el nivel del mar	1000 m

*Reducción de potencia por altitud elevada*

## Tarjeta de control, comunicación serie USB:

USB estándar	1.1 (Velocidad máxima)
Conector USB	Conector USB tipo B

*La conexión al PC se realiza por medio de un cable USB de dispositivo o host estándar.*

*La conexión USB está galvánicamente aislada de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de alta tensión.*

*La conexión a tierra USB no está galvánicamente aislada de la protección a tierra. Utilice únicamente un ordenador portátil aislado como conexión entre el PC y el conector USB del convertidor de frecuencia.*

6

## 6.4 Rendimiento

Póngase en contacto con la línea de atención telefónica de Danfoss para los datos de rendimiento.

### 6.5.1 Ruido acústico

Póngase en contacto con la línea de atención telefónica de Danfoss para los datos sobre el ruido acústico.

### 6.6.1 condiciones du/dt

#### ¡NOTA!

**380-690 V**

**Para evitar el desgaste prematuro de los motores (sin papel de aislamiento de fase o cualquier otro refuerzo de aislamiento) no diseñados para su funcionamiento con convertidores de frecuencia, Danfoss recomienda colocar un filtro du/dt o un filtro de onda sinusoidal en la salida del convertidor de frecuencia. Para obtener información más detallada sobre los filtros du/dt o de onda sinusoidal, consulte la Guía de Diseño de Filtros de Salida.**

**Cuando se conmuta un transistor en el puente del inversor, la tensión aplicada al motor se incrementa según una relación du/dt que depende de:**

- el cable de motor (tipo, sección, longitud, apantallado/no apantallado)
- la inductancia

La inducción natural produce una sobremodulación  $U_{PICO}$  en la tensión del motor antes de que se autoestabilice en un nivel dependiente de la tensión en el circuito intermedio. Tanto el tiempo de incremento como la tensión pico  $U_{PICO}$  influyen en la vida útil del motor. Si la tensión pico es demasiado elevada, se verán especialmente afectados los motores sin aislamiento de fase en la bobina. Cuando el cable de motor es corto (unos pocos metros), el tiempo de incremento y la tensión pico serán más bajos.

Los picos de tensión en los terminales del motor son provocados por la conmutación de los dispositivos IGBT. El convertidor de frecuencia cumple con las especificaciones de la norma CEI 60034-25 en relación con los motores diseñados para ser controlados mediante convertidores de frecuencia. El convertidor de frecuencia cumple también con la norma CEI 60034-17 relativa a los motores Norm controlados por convertidores de frecuencia. Póngase en contacto con la línea de atención telefónica de Danfoss para informarse sobre los valores de las medidas de las pruebas de laboratorio.

Índice

¿  
¿Marca Y Conformidad CE?..... 9

**A**  
Activación De La Salida..... 36  
Alimentación  
De Red..... 5  
De Red (L1, L2, L3)..... 88

**AMA**  
Con T27 Conectado..... 51  
Sin T27 Conectado..... 51

Apantallada / blindada..... 33  
Aspectos Generales De Las Emisiones CEM..... 14

**B**  
Banda  
Muerta..... 21  
Muerta Alrededor De Cero..... 21

**C**  
Cableado De La Resistencia De Freno..... 26  
Características  
De Control..... 91  
De Par..... 88  
Circuito Intermedio..... 36, 50, 92  
Comunicación Serie..... 92  
Configurador De Convertidores De Frecuencia..... 79  
Contr. PID Veloc..... 57  
Control  
De Corriente Interna En Modo VVCplus..... 12  
De Par..... 11  
Local (Hand On) Y Remoto (Auto On)..... 68  
PID Proceso..... 60  
Corriente  
De Fuga..... 25  
De Fuga A Tierra..... 25  
Corte De Red..... 36  
Cortocircuito (fase Del Motor: Fase)..... 36

**D**  
Datos De La Placa De Características..... 48  
Definiciones..... 5  
DeviceNet..... 5  
Dimensiones Mecánicas..... 85  
Directiva  
CEM (2004/108/CE)..... 9  
CEM 2004/108/CE..... 10  
De Máquinas (2006/42/CE)..... 9  
Sobre Baja Tensión (2006/95/CE)..... 9

Dispositivo De Corriente Residual..... 47  
Dispositivos De Desconexión De Corriente..... 34

**E**  
Electro..... 69  
Emisión  
Conducida..... 15  
Irradiada..... 15  
Enganche Arriba / abajo..... 18  
Entorno..... 92  
Entornos Agresivos..... 49  
Entradas  
Analógicas..... 89  
De Pulsos / Encoder..... 90  
Digitales..... 89  
Escalado  
De Referencias De Pulsos Y Analógicas Y Realimentación..... 20  
De Referencias Preestablecidas Y Referencias De Bus..... 20

**F**  
Fases Del Motor..... 36  
Flux..... 67  
Freno  
De Retención Mecánico..... 27  
Mecánico Para Elevador..... 26  
Función De Freno..... 29  
Funcionamiento Por Inercia..... 5

**H**  
Humedad Atmosférica..... 49

**I**  
Instrucciones De Eliminación..... 10  
Interferencia De La Red De Alimentación..... 46

**L**  
LCP..... 5, 68  
Límites Referencia..... 19  
Longitudes Y Secciones De Cable..... 88

**M**  
Mantener  
Referencia..... 18  
Salida..... 5  
Marca Y Conformidad CE..... 9  
Medidas De Seguridad..... 8  
Modbus..... 5  
Modo De Protección..... 9  
Momento De Inercia..... 36

<b>N</b>		<b>T</b>	
Nivel De Tensión.....	89	<b>Tarjeta</b>	
Números De Pedido.....	79	De Control.....	79
		De Control, Comunicación Serie RS-485.....	90
<b>P</b>		De Control, Comunicación Serie USB.....	92
Par De Arranque.....	5	De Control, Salida De +10 V CC.....	91
PELV.....	54	De Control, Salida De 24 V CC.....	91
PELV: Tensión Protectora Extrabaja.....	25	<b>Tensión Del Motor.....</b>	92
<b>Placa</b>		<b>Termistor.....</b>	54, 5
De Características.....	49	<b>Tiempo De Incremento.....</b>	92
De Características Del Motor.....	48		
<b>Potencia</b>		<b>V</b>	
De Frenado.....	5	<b>Velocidad</b>	
De Freno.....	29	Fija.....	5
<b>Profibus.....</b>	5	Motor Síncrono.....	5
<b>Programación De Límite De Par Y Parada.....</b>	69	Nominal Del Motor.....	5
<b>Protección</b>		PID.....	11, 66
Protección.....	25, 49	<b>Vibración Y Golpe.....</b>	50
De Circuito Derivado.....	32	<b>WCplus.....</b>	8, 66
Y Características.....	88		
<b>Punto De Acoplamiento Común.....</b>	46		
<b>R</b>			
RCD.....	5		
<b>Realimentación Del Motor.....</b>	67		
<b>Red Aislada De Tierra (IT).....</b>	46		
<b>Referencia De Velocidad.....</b>	51		
<b>Relación De Cortocircuito.....</b>	46		
<b>Rendimiento</b>			
Rendimiento.....	92		
De La Tarjeta De Control.....	91		
De Salida (U, V, W).....	88		
<b>Requisitos</b>			
De Inmunidad.....	16		
En Materia De Emisiones.....	16		
<b>Resistencia De Freno.....</b>	27, 42		
<b>Resultados De Las Pruebas De CEM.....</b>	15		
<b>Ruido Acústico.....</b>	50, 92		
<b>S</b>			
<b>Salida</b>			
Analógica.....	90		
Del Motor.....	88		
Digital.....	90		
<b>Salidas De Relé.....</b>	91		
<b>Símbolo.....</b>	8		
<b>Sobrecarga Estática En El Modo VVCplus.....</b>	36		
<b>Sobretensión Generada Por El Motor.....</b>	36		
<b>Suministro Externo De 24 V CC.....</b>	84		





[www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives)

Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores que pudieran aparecer en sus catálogos, folletos o cualquier otro material impreso, reservándose el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluyéndose los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan las características convenidas con el cliente. Todas las marcas comerciales de este material son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo Danfoss son marcas comerciales de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos.

