Guía de funcionamiento

Seguridad funcional de la serie iC7

Módulos de sistema refrigerados por aire y por refrigeración líquida

Explore our solutions
drives.danfoss.com

Contenidos

5 Fieldbus seguro

6 Instalación

7 Herramientas de configuración

8 Puesta en servicio

9 Funcionamiento y mantenimiento

1 Presentación

1.1 Finalidad de esta Guía de funcionamiento

Esta guía de funcionamiento proporciona información sobre las características de seguridad funcional de los módulos de sistema iC7 y los convertidores en armario, y está dirigida a usuarios que ya están familiarizados con la serie Danfoss iC7. Está pensado como un complemento de las guías específicas del convertidor.

La guía incluye instrucciones sobre cómo verificar que las funciones de seguridad funcional integradas estén activas y cómo configurar las funciones de seguridad.

1.2 Recursos adicionales

Disponemos de recursos adicionales para ayudar a comprender las características y para instalar y utilizar los productos iC7 de forma segura.

- Guías de seguridad, que proporcionan información de seguridad importante sobre la instalación de convertidores de frecuencia iC7.
- Guías de instalación, que cubren la instalación mecánica y eléctrica de los convertidores de frecuencia, o de las opciones funcionales de extensión.
- Guías de funcionamiento, que incluyen instrucciones sobre las opciones de control y otros componentes del convertidor.
- Guías de aplicación, que proporcionan instrucciones para configurar el convertidor de frecuencia para un uso final específico. Las guías de aplicación para los paquetes de software de la aplicación también proporcionan una visión general de los parámetros y rangos de valores para el funcionamiento de los convertidores de frecuencia, ejemplos de configuración con ajustes de parámetros recomendados y pasos de resolución de problemas.
- *Datos que deben conocerse sobre los convertidores de frecuencia*, disponibles para su descarga en www.danfoss.com.
- En www.danfoss.com encontrará otras publicaciones, planos y guías adicionales.

Las versiones más recientes de las guías del producto Danfoss están disponibles para su descarga en www.danfoss.com/en/service-and-support/documentation/.

1.3 Abreviaturas

Tabla 1: Abreviaturas relacionadas con la seguridad funcional

Abreviatura	Referencia	Descripción
FIT	–	Fallo en el tiempo (Failure In Time). 1 FIT corresponde a un fallo por cada 1E9 horas de funcionamiento.
HFT	EN IEC 61508-4	Tolerancia a fallos del hardware (Hardware Fault Tolerance): HFT = n significa que n+1 fallos podrían ocasionar una pérdida de las funciones de seguridad.
PFH	EN IEC 61508-4	Probabilidad de fallos peligrosos por hora (Probability of dangerous Failures per Hour). Considere este valor si el dispositivo de seguridad funciona en modo de alta demanda o en modo continuo, donde la frecuencia de demanda de funcionamiento de un sistema relacionado con la seguridad es superior a una vez por año.
PFD	EN IEC 61508-4	La probabilidad media de fallo según demanda, valor utilizado para el funcionamiento de baja demanda.

Tabla 1: Abreviaturas relacionadas con la seguridad funcional - (continuación)

Abreviatura	Referencia	Descripción
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 funciones de seguridad en condiciones no predecibles. Niveles divididos de la «a» a la «e».
PLr	EN ISO 13849-1	Nivel de rendimiento requerido (el nivel de rendimiento necesario para funciones de seguridad determinadas).
SIL	EN IEC 61508-4	Nivel de integridad de seguridad (Safety Integrity Level)
STO	EN IEC 61800-5-2	Safe Torque Off
SS1	EN IEC 61800-5-2	Paro Seguro 1

1.4 Marcas comerciales

PROFIBUS® y PROFINET® son marcas registradas de PROFIBUS y PROFINET International (PI).

PROFIdrive® es una marca registrada con licencia de PROFIBUS y PROFINET International (PI).

PROFIsafe® es una marca registrada con licencia de PROFIBUS y PROFINET International (PI).

1.5 Historial de versiones

Esta guía se revisa y actualiza de forma periódica. Le agradecemos cualquier sugerencia de mejora.

La versión original de esta guía está redactada en inglés.

Tabla 2: Historial de versiones

Versión	Comentarios	Versiones de hardware y software
AQ477043679710, versión 0203	Actualizaciones relativas a las pruebas funcionales.	• 136B4311 (unidad de seguridad avanzada): Tarjeta versión 0.4.2 (revisión B) o posterior, firmware versión 4.8.0 o posterior. • 139Z9478 (tarjeta de interfaz de seguridad): Tarjeta versión 0.03.01 (revisión C) o posterior, firmware versión 4.8.0 o posterior • 139Z9493 (tarjeta de controlador): revisión H o posterior. • 139Z9617 (tarjeta de controlador): revisión B o posterior. • 70CVB02084 (tarjeta de controlador): revisión F.1 o posterior. • 139Z9562 (tarjeta de medición): revisión E o posterior. • 70CVB02078 (tarjeta de medición): revisión F o posterior.
AQ477043679710, versión 0202	Actualizaciones menores relacionadas con Safe Torque Off.	
AQ477043679710, versión 0201	Se ha añadido información sobre las unidades de potencia conectadas en paralelo y PROFIsafe. Actualizaciones menores en 3.2 Descripción del sistema de seguridad funcional, 3.3.6 Feedback del STO, 6.1 Instalación para módulos de sistema con +BEF2, 9.1 Vista general de las pruebas funcionales, 11.1 Normativas y rendimiento de seguridad funcional y 11.2.1 Entradas digitales, salidas y tensión auxiliar.	
AQ477043679710, versión 0102	Primera versión. La información de esta versión es válida para los módulos de sistema refrigerados por aire iC7-Automation, los módulos de sistema por refrigeración líquida iC7-Hybrid y los módulos de sistema por refrigeración líquida iC7-Marine.	• 136B4311 (unidad de seguridad avanzada): Tarjeta versión 0.4.2 (revisión B) o posterior, firmware versión 3.1.0 o posterior. • 139Z9478 (tarjeta de interfaz de seguridad): Tarjeta versión 0.03.01 (revisión C) o posterior, firmware versión 3.1.0 o posterior • 139Z9493 (tarjeta de controlador): revisión H o posterior. • 139Z9617 (tarjeta de controlador): revisión B o posterior. • 70CVB02084 (tarjeta de controlador): revisión F.1 o posterior. • 139Z9562 (tarjeta de medición): revisión E o posterior. • 70CVB02078 (tarjeta de medición): revisión F o posterior.

2 Seguridad

2.1 Símbolos de seguridad

En los documentos de Danfoss se utilizan los siguientes símbolos.

⚠ PELIGRO

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

⚠ ADVERTENCIA

Indica situaciones peligrosas que, de no evitarse, pueden dar lugar a lesiones graves e incluso la muerte.

⚠ PRECAUCIÓN

Indica situaciones peligrosas que, de no evitarse, pueden dar lugar a lesiones leves o moderadas.

AVISO

Indica información importante pero no relativa a peligros (por ejemplo, mensajes relacionados con daños materiales).

La guía también incluye símbolos de advertencia ISO relacionados con superficies calientes y riesgo de quemaduras, tensión alta y descargas eléctricas, con referencias a las instrucciones.

	Símbolo de advertencia ISO para riesgo de superficies calientes y quemaduras
	Símbolo de advertencia ISO de tensión alta y descargas eléctricas
	Símbolo de acción ISO para consultar las instrucciones

2.2 Personal cualificado para trabajar con la seguridad funcional

Solo el personal cualificado puede instalar, configurar, poner en marcha, mantener y retirar funciones y características de seguridad funcionales. El personal cualificado para trabajar con funciones de seguridad funcional corresponde a ingenieros eléctricos o aquellas otras personas que hayan recibido formación por parte de ingenieros eléctricos cualificados y cuenten con la experiencia necesaria para manipular los dispositivos, sistemas, plantas y maquinaria según las normas y las directrices generales de tecnología de seguridad.

Además, deben:

- Estar familiarizados con las normativas básicas de salud, seguridad y prevención de accidentes.
- Haber leído y comprendido las directrices de seguridad proporcionadas en esta guía.
- Tener un buen conocimiento de la normativa general y especializada correspondientes a la aplicación específica.

Los instaladores e integradores de sistemas que incorporen sistemas convertidores de potencia (relacionados con la seguridad) son responsables de:

- El análisis de riesgos y peligros de la aplicación.
- La seguridad general de la aplicación.
- Identificar las funciones de seguridad requeridas y asignar SIL o PL a cada una de las funciones, otros subsistemas, y la validez de las señales y comandos de estos.

- Diseñar sistemas de control adecuados relacionados con la seguridad, como hardware, software y parametrización.

2.3 Consideraciones generales sobre seguridad

Al instalar o utilizar el convertidor de frecuencia, preste atención a la información de seguridad que se proporciona en las instrucciones. Para obtener más información sobre las directrices de seguridad para la instalación, consulte la guía de seguridad específica del producto que se incluye en el envío del convertidor de frecuencia. Para obtener más información sobre las directrices de seguridad para el funcionamiento del convertidor, consulte las guías específicas del producto.

AVISO

PRUEBA DE PUESTA EN SERVICIO

Después de instalar las funciones de seguridad, realice una prueba de puesta en servicio.

Tras la instalación inicial, y tras cada cambio que se efectúe en la instalación o aplicación que implique la seguridad funcional, será necesario llevar a cabo una prueba de puesta en sevicio correcta.

Si la prueba de puesta en servicio falla, no se podrá garantizar un funcionamiento seguro.

⚠ ADVERTENCIA

RIESGO DE DESCARGA ELÉCTRICA

Las funciones de seguridad STO no proporcionan seguridad eléctrica. La función de STO por si sola no es suficiente para aplicar la función de desconexión de emergencia, tal y como se define en la norma IEC 60204-1:2018. El uso de la función STO para aplicar la desconexión de emergencia puede provocar la muerte o lesiones personales.

- La desconexión de emergencia requiere medidas de aislamiento eléctrico, como la desconexión de la alimentación a través de un contactor adicional.

3 Seguridad funcional de la serie iC7

3.1 Opciones de seguridad funcional

Las opciones de seguridad funcional +BEF2 incluyen las funciones de seguridad Safe Torque Off (STO) y Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t). Los convertidores con +BEF2 también incluyen una unidad de seguridad avanzada, que permite configurar los parámetros de seguridad funcional utilizando MyDrive® Insight.

3.2 Descripción del sistema de seguridad funcional

Se utiliza una unidad de seguridad avanzada adicional para implementar funciones de seguridad de acuerdo con lo establecido en la norma EN IEC 61800-5-2 en los módulos de sistema iC7 con +BEF2.

La unidad de seguridad avanzada gestiona las I/O seguras y la supervisión de las funciones de seguridad activas. La unidad de seguridad avanzada no gestiona los controles del convertidor de frecuencia. El convertidor de frecuencia puede controlarse, por ejemplo, con la aplicación del convertidor o el sistema de control de procesos externo.

La unidad de seguridad avanzada puede controlarse con las I/O digitales y a través de un fieldbus seguro, cuando corresponda.

Figura 1 y Figura 2 describen la arquitectura del sistema de los convertidores con las unidades de seguridad funcional. Las áreas grises en la ilustración indican que el componente está relacionado con la seguridad funcional. Las líneas de puntos indican la comunicación de canal negro y las líneas continuas indican conexiones de fibra óptica.

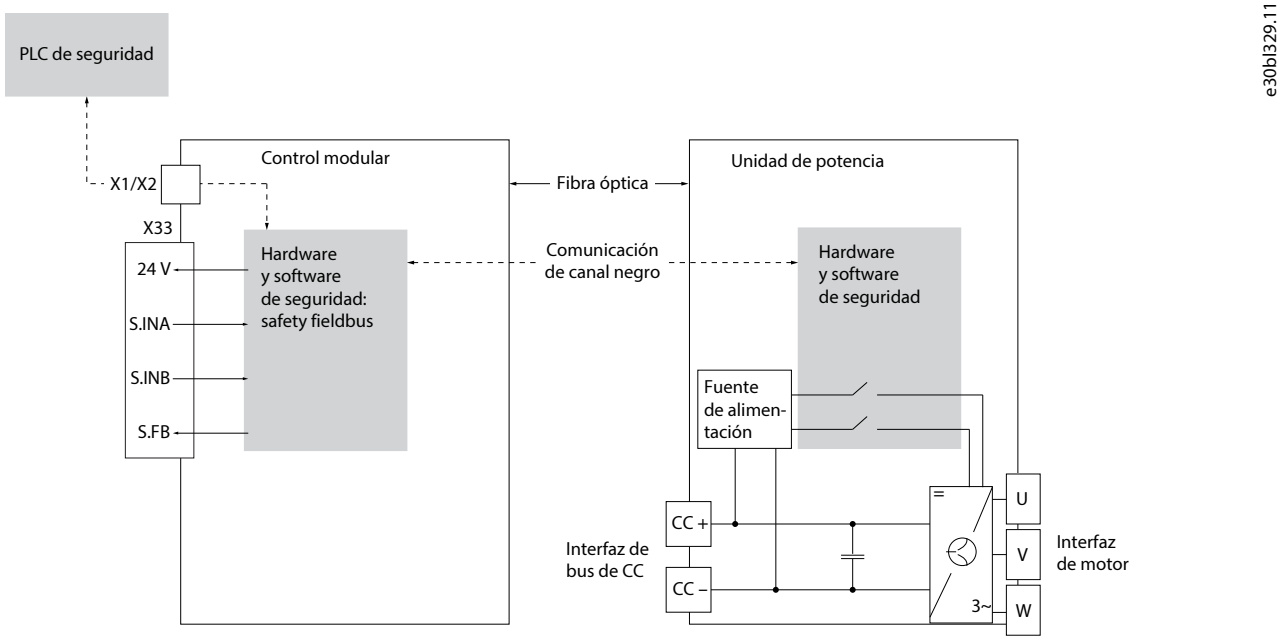


Figura 1: Arquitectura del sistema de seguridad funcional de la serie iC7 con una sola unidad de potencia y fieldbus de seguridad

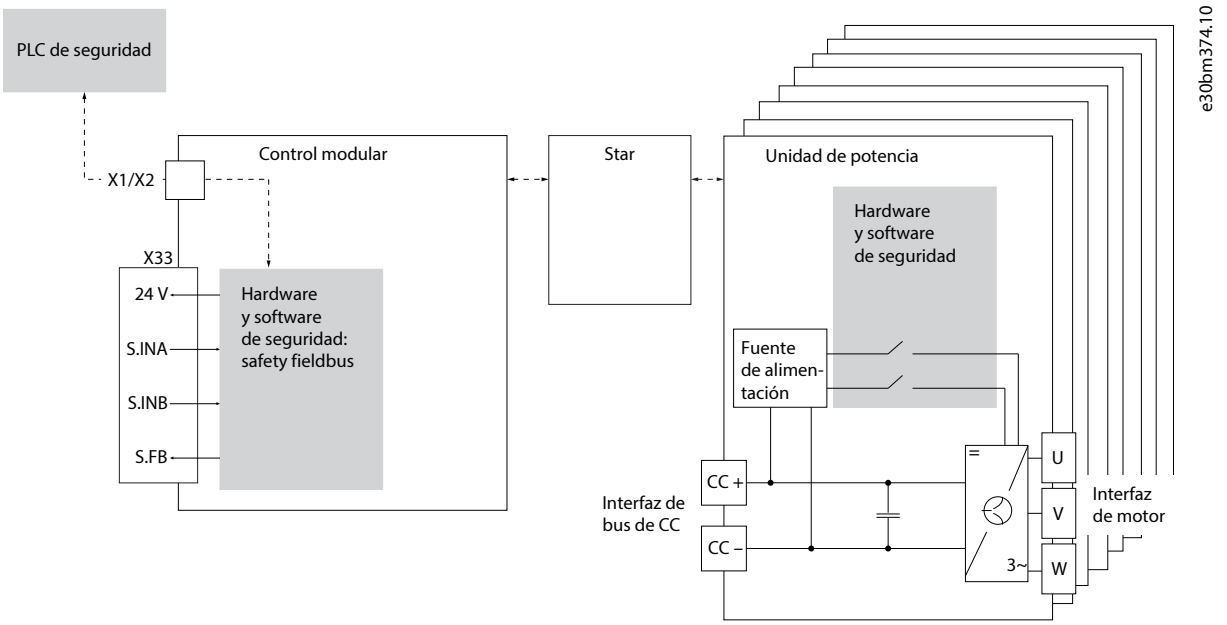


Figura 2: Arquitectura del sistema de seguridad funcional de la serie iC7 con unidades de potencia en paralelo y fieldbus de seguridad

3.3 Módulos de sistema con diferentes funciones de seguridad

3.3.1 Descripción general

Los módulos de sistema con STO y SS1-t (+BEF2) proporcionan las siguientes funciones de seguridad:

- Safe Torque Off (STO).
- Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t): el motor decelera dentro de un tiempo de deceleración especificado. La función STO se activa al final de un tiempo de deceleración.

Ambas funciones de seguridad están diseñadas y homologadas conforme a estos requisitos:

- Categoría 3 en EN ISO 13849-1
- Nivel de rendimiento «e» en EN ISO 13849-1
- SIL 3 en IEC 61508 y EN 61800-5-2

Los módulos de sistema están equipados con una entrada de canal dual, aislada galvánicamente, y una señal de feedback de STO con fines de diagnóstico.

Una función de seguridad estará activa si 1 o ambas entradas de seguridad no están conectadas a una señal de +24 V. El convertidor no puede pasar al estado MARCHA. Para obtener más información, consultar Tabla 23.

Todas las entradas y salidas de control están aisladas galvánicamente de la tensión de alimentación (PELV) y del resto de terminales de tensión alta , a menos que se especifique lo contrario.

3.3.2 Safe Torque Off (STO)

AVISO

- Seleccione y emplee los componentes del sistema de control de seguridad adecuadamente para alcanzar el nivel requerido de seguridad operacional. Antes de integrar y utilizar el STO en una instalación, realice un análisis completo de los riesgos de dicha instalación para determinar si la función STO y los niveles de seguridad son apropiados y suficientes.

La función de Safe Torque Off (STO) es un componente en un sistema de control de seguridad. La función de STO evita que la unidad genere la potencia requerida para hacer rotar el motor. A menos que se indique o configure lo contrario, el STO se define como un estado seguro.

Los convertidores iC7 están disponibles con:

- Safe Torque Off (STO), tal y como se define en la norma EN IEC 61800-5-2:2017
- Categoría de paro 0, tal y como se define en la norma EN IEC 60204-1:2018.

La función STO está disponible para los convertidores iC7 con código adicional para opciones de seguridad funcional +BEF2. Las revisiones específicas del hardware se enumeran en el anexo del certificado de seguridad funcional.

3.3.3 Activación del STO

La función STO se activa por uno de los siguientes factores:

- Una solicitud externa.
- Una vulneración de otra de las funciones de seguridad.
- Un fallo detectado por diagnósticos internos.

La función de Paro Seguro 1 (SS1-t) activa la función STO cuando ha transcurrido un retardo de tiempo específico de la aplicación (supervisión de tiempo).

Utilice la función del STO para detener el convertidor cuando se requiera una de las funciones de seguridad. En el modo de funcionamiento normal, cuando no se necesite el STO, utilice la función de parada normal.

3.3.4 Configuración del comportamiento de rearme y reconocimiento

Las funciones de seguridad se pueden ajustar para que requieran una confirmación de eventos relacionados con la seguridad. Estos eventos incluyen el encendido del dispositivo o la desactivación de las funciones de seguridad.

Las opciones de configuración son:

- ***Rearme directo***: La transición al estado operativo no requiere ninguna acción.
- ***Reconocimiento no seguro necesario***: Se requiere un reconocimiento a través de una entrada no segura seleccionada.
- ***Reconocimiento seguro necesario***: Se requiere una confirmación a través de una entrada segura seleccionada o fieldbus seguro.

> IMPORTANTE: Si el problema persiste y el dispositivo permanece en modo de fallo, póngase en contacto con Danfoss.

AVISO

La prevención por defecto del rearme no intencionado tras la desactivación del STO no cumple los requisitos de SIL 2 o SIL 3. Esto se aplica cuando se configura el rearme manual mediante el parámetro ***7.3.1 Respuesta a Safe Torque Off***.

- Si un rearme no intencionado es crítico para la instalación, deberá controlarse mediante el uso del STO, tanto después de la activación del STO como en situaciones normales de arranque, por ejemplo, después de apagar y volver a encender la unidad.
- Si el reconocimiento del STO forma parte de las funciones de seguridad, el reconocimiento de arranque manual debe ajustarse mediante un parámetro de seguridad funcional general. Consulte 4.2 Parámetros generales de seguridad funcional para obtener más información sobre el parámetro ***Reconocimiento de arranque manual***.

⚠ PRECAUCIÓN

El comportamiento de rearme por defecto se establece en manual (parámetro ***7.3.1 Respuesta a Safe Torque Off*** = ***Fallo***).

Dado que el convertidor de frecuencia siempre se inicia en un estado de seguridad, también es necesario confirmar la liberación de STO después de encender el dispositivo.

- Esto se puede evitar seleccionando el rearme automático, que elimina el estado seguro después de completar el arranque (parámetro ***7.3.1 Respuesta a Safe Torque Off*** = ***Aviso***. Antes de cambiar a Automático, asegúrese de que se cumplan los requisitos del párrafo 6.3.3.2.5 de la norma EN ISO 12100:2011. De forma alternativa, la confirmación manual de arranque puede ajustarse mediante un parámetro de seguridad funcional general. Consulte el 4.2 Parámetros generales de seguridad funcional para conocer más información.

1. Retire la solicitud de STO.

   Dependiendo de la configuración, esto se puede hacer volviendo a aplicar un suministro de 24 V DC a las entradas seguras o eliminando la solicitud del STO a través del fieldbus seguro.

2. Proporcione una señal de reset a través de fieldbus, I/O digitales o el panel de control.

   Ajuste la función STO como ***Aviso*** ajustando el valor del parámetro ***7.3.1 Respuesta a Safe Torque Off*** desde el valor por defecto ***Fallo*** (reset manual) al valor ***Aviso*** (reset automático). El ***Aviso*** implica que el STO finaliza y se reanuda el funcionamiento normal al aplicar tensión de 24 V DC a las entradas seguras. No es necesario enviar una señal de reset.

3.3.5 Propiedades de la entrada de seguridad

Para adaptarse con flexibilidad al sistema de seguridad, las entradas seguras contienen las siguientes propiedades:

- **Aislamiento galvánico de los terminales**: Los bloques de terminales de I/O de seguridad funcional de la tarjeta de control tienen entradas independientes aisladas galvánicamente para permitir, por ejemplo, el intercambio de las polaridades de los terminales de entrada segura, como se muestra en Figura 11 y en Figura 13.
- **Filtrado de pulsos de prueba**: Varios módulos de control comprueban sus salidas seguras utilizando patrones de pulsos de prueba (pruebas de encendido/apagado), para identificar fallos debidos a cortocircuitos o circuitos cruzados. Al interconectar la entrada segura del convertidor con una salida segura del módulo de control, el convertidor responde a las señales de prueba. Un cambio de señal durante un patrón de pulsos de prueba se configura con el parámetro ***Tiempo de señal estable*** (rango 1-5000 ms). Los pulsos de prueba de la longitud configurada en el parámetro ***Tiempo de señal estable*** se ignoran en las líneas de entrada segura. También es posible filtrar pulsos cortos, lo que podría provocar la activación incorrecta de las funciones de seguridad.

  Consulte 4.2 Parámetros generales de seguridad funcional para obtener más información sobre el parámetro ***Tiempo de señal estable***.

AVISO

- El tiempo de señal estable prolonga el tiempo de respuesta de las funciones de seguridad. Las funciones de seguridad se activan una vez transcurrido el tiempo de respuesta.
- Si la señal a la entrada de seguridad no es estable, el convertidor responde con un fallo.

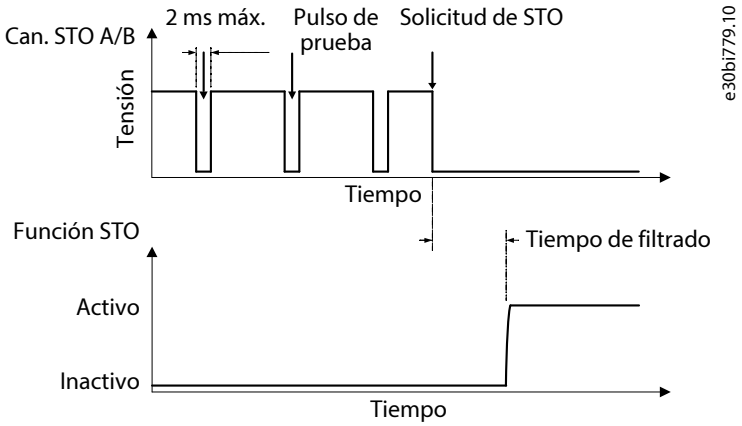


Figura 3: Filtrado del pulsos de prueba

- **Tolerancia de entradas asíncronas**: Las señales de entrada de los terminales de entrada segura no siempre están sincronizadas. Si la discrepancia entre las dos señales es superior a 500 ms, el convertidor indica un fallo de IO como se describe en Tabla 23. Esta característica no retrasa la activación de las funciones de seguridad.

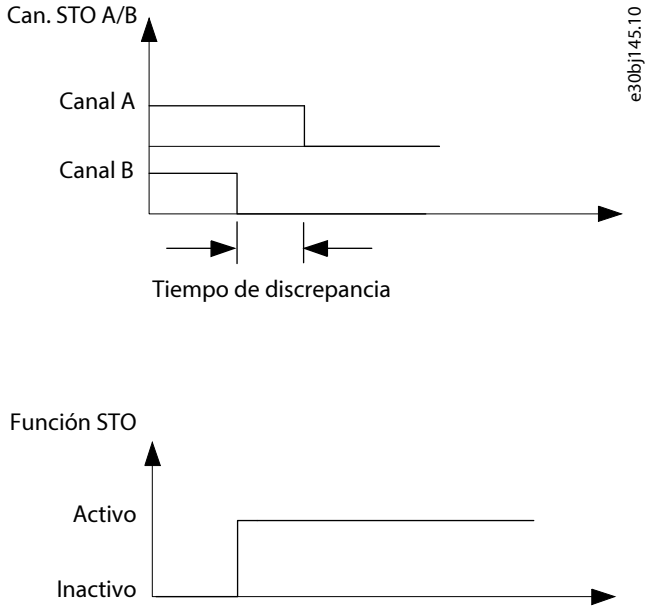


Figura 4: Tiempo de discrepancia

3.3.6 Feedback del STO

El feedback del STO es una señal de feedback de un solo canal que se puede utilizar para obtener información de estado. Puede ayudar a lograr una mejor capacidad de seguridad a nivel del sistema, por ejemplo, en casos de retrofit, donde se requiere feedback de diagnóstico para el sistema de seguridad.

⚠ PRECAUCIÓN

La señal de feedback no está diseñada para formar parte de las funciones de seguridad y no tiene un nivel de integridad de seguridad (SIL).

Tabla 3: Instancias de feedback del STO para sistemas con control modular

Estado	Estado de feedback[1]	Información adicional
Función estándar	No energizado	El motor está en marcha y no hay funciones de seguridad activas. El feedback de STO no está energizado.
Se ha logrado el estado de STO	Energizado	Se solicita la función STO y se alcanza el estado seguro. Se logra el estado de STO y se establece la conexión con todas las unidades de potencia. La salida de STO no está energizada.
Configuración necesaria	No energizado	Las entradas seguras deben tener una configuración validada para garantizar que todas las unidades de potencia hayan alcanzado un estado de entradas seguras. Las unidades de potencia conectadas forman parte de la configuración y, sin una configuración validada, la entrada segura no puede asumir si se ha establecido una conexión con todas las unidades de potencia.
Actualización del software	No energizado	Durante la actualización del software, el estado de la salida segura no es fiable. La salida de STO no está energizada.
Bootloader y arranque	No energizado	El boatloader no se comunica y no conoce el estado de la salida de STO en las unidades de potencia. Al encenderse, la comunicación aún no se ha establecido y la tarjeta de entrada segura no conoce el estado de la salida segura de las unidades de potencia.
Fallo interno	No energizado	Indica un problema grave, por ejemplo, en el circuito de STO. No se puede suponer que las I/O de seguridad sepan que todas las salidas de STO estén sin tensión.
Fallo interno crítico	No energizado	Se activa cuando se produce un problema crítico interno, por ejemplo, un fallo de CPU o RAM. No se puede garantizar el funcionamiento y no se puede asumir que las salidas seguras puedan desconectarse.

*1) **Energizado**: STO_FB+ ⇨ STO_FB- circuito cerrado = paso de corriente = «0» lógico con configuración low side del driver. **No energizado**: STO_FB+ ⇨ STO_FB- circuito abierto = sin paso de corriente = «1» lógico con configuración low side del driver.*

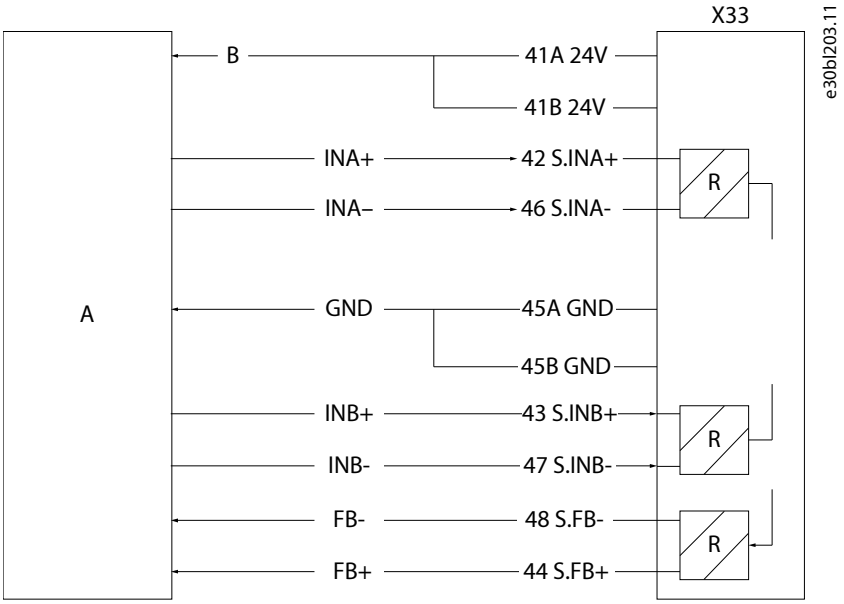


Figura 5: Ejemplo de feedback del STO con un dispositivo de seguridad externo para módulos de sistema

A	Dispositivo de seguridad externo	B	Suministro

También se puede utilizar como salida digital para proporcionar una señal de estado. En este caso, la carga podría ser una entrada digital de un PLC.

Cuando 1 o ambos canales de entrada segura están desenergizados, se activa el STO y el feedback del STO.

En el ejemplo en Figura 6, el feedback del STO funciona de forma similar a un contactor.

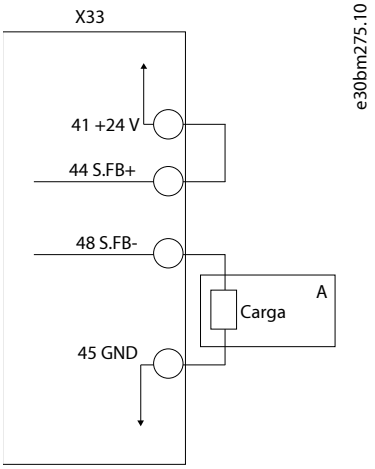


Figura 6: Ejemplo de feedback del STO, feedback del STO como contactor

A	Dispositivo de seguridad externo

4 Parámetros de las funciones de seguridad

4.1 Descripción general

La configuración de la seguridad funcional se realiza en MyDrive® Insight, en *Configuración y servicio* > *Seguridad funcional* > *Configuración de seguridad*. Para cambiar los parámetros relacionados con la seguridad funcional es necesario iniciar sesión como administrador.

Los parámetros relacionados con el software de la aplicación, por ejemplo, el comportamiento de rearme automático/manual después de la desactivación de la función STO, se incluyen en el grupo de parámetros ***Seguridad funcional***. Los valores por defecto de fábrica y otros ajustes predeterminados no son válidos para las aplicaciones de seguridades como tales, y todos los valores de parámetros deben comprobarse para garantizar que la configuración sea adecuada para la aplicación. Para obtener más información sobre el ajuste de los parámetros, consulte la documentación del software de la aplicación.

> IMPORTANTE: Después de la puesta en marcha inicial y la modificación de la configuración o de los parámetros de seguridad funcional, se debe realizar una prueba de la puesta en servicio para verificar la funcionalidad de cada una de las funciones de seguridad. Para obtener más información, consulte el 8.4 Prueba de puesta en servicio para funciones de seguridad STO y la 8.5 Prueba de puesta en servicio de funciones de seguridad de Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t).

La configuración de las características de seguridad funcional debe realizarse de acuerdo con la instalación y el cableado del sistema de seguridad, y consta de los siguientes pasos:

1. Configuración de los parámetros generales
2. Configuración de fallos
3. Emparejamiento de módulos de sistema
4. Configuración de STO
5. Configuración de SS1-t
6. Guardar en el dispositivo
7. Verificando parámetros
8. Validando la configuración
9. Generando un informe de puesta en servicio

> IMPORTANTE: El dispositivo no admite la parametrización en estado de marcha (PiR) para parámetros relacionados con la seguridad funcional. Para garantizar la seguridad, estos parámetros solo se pueden cambiar cuando el convertidor está en reposo. Los parámetros que no están relacionados con la seguridad funcional se pueden ajustar sin detener el convertidor.

4.2 Parámetros generales de seguridad funcional

Tabla 4: Parámetros generales de seguridad funcional

Nombre del parámetro[1]	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Tiempo de señal estable (A)	1–5000 ms	10	Retardo hasta que un cambio de señal a ***Baja*** se detecta como estable. Este parámetro especifica un retardo además del tiempo especificado para la interpretación de la señal de entrada en el convertidor.
Entrada de reconocimiento de fallos de I/O (B)	No seleccionado Entrada segura (X33)	No seleccionado	Especifica la entrada digital segura que puede asociarse al reconocimiento de los fallos de I/O.
Flanco de activación para reconocimiento de fallos de I/O (C)	Flanco ascendente Flanco descendente	Flanco ascendente	Especifica el flanco para el reconocimiento de los fallos de I/O.
Comportamiento de rearme tras eliminar fallos de I/O (D)	Reconocimiento no seguro necesario Reconocimiento seguro necesario	Reconocimiento no seguro necesario	Especifica el comportamiento de reinicio en caso de fallo de I/O.
Entrada de reconocimiento de arranque (E)	No seleccionado Entrada segura (X33)	No seleccionado	Especifica la entrada digital segura que puede asociarse al reconocimiento de arranque.
Flanco de activación para el reconocimiento de arranque (F)	Flanco ascendente Flanco descendente	Flanco ascendente	Especifica el flanco para el reconocimiento de los fallos de I/O.
Reconocimiento de arranque manual (G)	Rearme directo Reconocimiento no seguro necesario Reconocimiento seguro necesario	Rearme directo	Especifica el comportamiento de reinicio tras reconocimiento de arranque.

1) Los parámetros se identifican con letras en la sección Configuración de seguridad de MyDrive® Insight. La letra se indica entre paréntesis después del nombre de cada parámetro de esta tabla.

4.3 Configuración de fallos

Tabla 5: Parámetros de configuración de fallos

Nombre del parámetro[1]	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Mapeo de fallos de I/O (A)	STO Primera instancia de SS1	STO	Mapeo de las instancias de fallos de IO.

1) Los parámetros se identifican con letras en la sección Configuración de seguridad de MyDrive® Insight. La letra se indica entre paréntesis después del nombre de cada parámetro de esta tabla.

4.4 Fieldbus seguro

Tabla 6: Parámetros de fieldbus seguro

Nombre del parámetro[1]	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Dirección de fieldbus seguro (A)	1–65535	1	La dirección del dispositivo en el subsistema de fieldbus seguro.
Configuración de fieldbus seguro (B)	FALSO/VERDADERO (Casilla de verificación ***Habilitado*** no seleccionada/seleccionada).	FALSO (Casilla de verificación ***Habilitado*** no seleccionada.)	Especifica si el fieldbus seguro está habilitado.

1) Los parámetros se identifican con letras en la sección Configuración de seguridad de MyDrive® Insight. La letra se indica entre paréntesis después del nombre de cada parámetro de esta tabla.

4.5 Emparejamiento de unidades de control y unidades de potencia

Requisitos previos:

Las unidades de control y las unidades de potencia deben emparejarse para que el sistema funcione plenamente. El emparejamiento de las unidades establece una comunicación interna segura entre las unidades. Es posible que sea necesario realizar el emparejamiento antes de iniciar la parametrización. Por defecto, el emparejamiento de las unidades para los convertidores nuevos se realiza en fábrica.

AVISO

Un reset de fábrica también restablece el emparejamiento.

- Después de realizar un reset de fábrica, las unidades de control y las unidades de potencia deben volver a emparejarse para que el sistema funcione plenamente.

El emparejamiento se realiza en MyDrive® Insight.

1. En MyDrive® Insight, vaya a *Configuración y Servicio* > *Seguridad funcional* > *Configuración de seguridad* > *Emparejamiento de módulo de sistema*.
2. Seleccione *Emparejar todo* para emparejar una o varias unidades.

La vista de emparejamiento muestra las unidades de control y las unidades de potencia conectadas a un módulo de sistema.

4.6 Safe Torque Off (STO)

Las funciones de seguridad de Safe Torque Off (STO) permiten desactivar la salida del convertidor para que este no pueda generar par en el eje del motor.

La función STO corresponde a un paro no controlado de acuerdo con la categoría de paro 0 de la norma IEC 60204-1. Los eventos que pueden activar la función STO son:

- Una solicitud externa.
- Una vulneración de otra de las funciones de seguridad.
- Un fallo detectado por diagnósticos internos.

AVISO

El convertidor de frecuencia siempre se inicia en un estado seguro, que se elimina automáticamente una vez finalizado el arranque.

- Cuando el parámetro ***Comportamiento de rearme tras desactivar el STO*** se configura para requerir un reconocimiento, el reconocimiento también es necesario cuando se enciende el dispositivo y no solo cuando se han desactivado funciones de seguridad.

Tabla 7: Parámetros de STO

Nombre del parámetro[1]	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Configuración de la activación (A)	No energizado (función siempre activada)	Entrada segura (X33)	Especifica la entrada digital segura que puede asociarse a la activación de las funciones de seguridad.
	Entrada segura (X33)		
	Energizado (función siempre desactivada)		
Comportamiento de rearme tras desactivar el STO (B)	Rearme directo	Rearme directo	Especifica el comportamiento de rearme para STO.
	Reconocimiento no seguro necesario		
	Reconocimiento seguro necesario		
Asignación de entrada digital para el reinicio del reconocimiento de STO (C)	No seleccionado	No seleccionado	Especifica la entrada digital segura que se puede asociar el reinicio del reconocimiento de STO.
	Entrada segura (X33)		
Flanco de activación para el reinicio del reconocimiento de STO (D)	Flanco ascendente	Flanco ascendente	Especifica el cambio en la entrada digital segura, que está asociada al reinicio del reconocimiento del STO.
	Flanco descendente		

1) Los parámetros se identifican con letras en la sección Configuración de seguridad de MyDrive® Insight. La letra se indica entre paréntesis después del nombre de cada parámetro de esta tabla.

4.7 Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t)

Las funciones de seguridad de Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t) activan la deceleración a velocidad cero de forma controlada y activan las funciones de seguridad Safe Torque Off (STO) después de un tiempo especificado.

Las características de las funciones de seguridad son:

- Las funciones de seguridad de Paro Seguro 1 se corresponden con un paro de categoría 1 (frenado controlado) de acuerdo con la norma EN IEC 60204-1.
- El motor se queda sin par y elimina los movimientos peligrosos.

La función SS1-t opera con el modo de control de tiempo y activa la función STO cuando ha transcurrido un retardo de tiempo específico de la aplicación.

Es posible configurar dos instancias independientes de la función SS1 con juegos de parámetros individuales.

AVISO

- Recuerde configurar los parámetros ***7.4.1 Respuesta a Paro Seguro 1*** y ***7.4.3 Rampa de deceleración segura*** en el grupo de parámetros ***7.4 SS1 SS2***.
- Con los ajustes por defecto para los parámetros del grupo ***7.4 SS1 SS2***, la función STO se activa después de que haya transcurrido el ***Tiempo máximo*** del temporizador sin ninguna rampa de deceleración del motor al activar la función SS1.

Los parámetros se identifican con letras en la sección *Configuración de seguridad* de MyDrive® Insight. La letra se indica entre paréntesis después del nombre de cada parámetro en Tabla 8.

Tabla 8: Parámetros de SS1

Nombre del parámetro	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Instancia 1 SS1			
Configuración de la activación (A)	No energizado (función siempre activada) Entrada segura (X33) Energizado (función siempre desactivada)	Energizado (función siempre activada)	Especifica la entrada digital segura que puede asociarse a la activación de las funciones de seguridad.
Tiempo máximo (B)	2–3600000 ms	2 ms	El tiempo máximo del procedimiento de parada.
Retardo antes de la monitorización (C)(1)	1–60000 ms	1 ms	El tiempo para ignorar la deceleración tras la activación de SS1.
Retardo para la detección del estado de limitación (D)(1)	1–60000 ms	1 ms	El tiempo durante el cual la velocidad debe estar dentro de los límites antes de activar el estado final (activación temprana).
Límite de deceleración (E)(1)	1/500 revoluciones / (s*s)	0	El límite para la deceleración. a_SS1 = 0 significa «Sin monitorización de deceleración».
Límite para la velocidad (F)(1)	2^-16 revoluciones/s	1	El límite dentro de la velocidad se acepta como 0.
Instancia 2 SS1			
Configuración de la activación (A)	No energizado (función siempre activada) Entrada segura (X33) Energizado (función siempre desactivada)	Energizado (función siempre desactivada)	Especifica la entrada digital segura que puede asociarse a la activación de las funciones de seguridad.
Tiempo máximo (B)	2–3600000 ms	2 ms	El tiempo máximo del procedimiento de parada.
Retardo antes de la monitorización (C)(1)	1–60000 ms	1 ms	El tiempo para ignorar la deceleración tras la activación de SS1.

Tabla 8: Parámetros de SS1 - (continuación)

Nombre del parámetro	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Retardo para la detección del estado de limitación (D)[1]	1–60000 ms	1 ms	El tiempo durante el cual la velocidad debe estar dentro de los límites antes de activar el estado final (activación temprana).
Límite de deceleración (E)[1]	1/500 revoluciones / (s*s)	0	El límite para la deceleración. a_SS1 = 0 significa «Sin monitorización de deceleración».
Límite para la velocidad (F)[1]	2^-16 revoluciones/s	1	El límite dentro de la velocidad se acepta como 0.

1) Los parámetros C-F no se pueden configurar para SS1-t.

⚠ PRECAUCIÓN

La función de retardo SS1 no supervisa la parada del convertidor. El tiempo relevante para la seguridad permite que el convertidor se detenga antes de que se active la función Safe Torque Off y garantiza que el sistema se detenga antes de que se active la función Safe Torque Off.

Si se produce un fallo, el convertidor no se detiene. El convertidor girará por inercia después del retardo de tiempo, independientemente de la velocidad del convertidor.

El uso del retardo SS1 puede hacer que el motor siga girando cuando se activa la función Safe Torque Off.

- El análisis de riesgos de la máquina debe indicar que este comportamiento se puede tolerar.
- Puede ser necesario un enclavamiento.

4.8 Guardar en dispositivo

Después de configurar los parámetros de seguridad para la aplicación, guárdelos en el dispositivo.

1. En MyDrive® Insight, vaya a *Configuración y Servicio* > *Seguridad funcional* > *Configuración de seguridad* > *Guardar en dispositivo*.
2. Haga clic en *Aceptar*.

   Los parámetros se verifican y el estado se actualiza desde ***Preparado*** a ***Verificar***.

4.9 Validación y generación de un informe de puesta en servicio

Para convertidores con opciones de seguridad funcional +BEF2, se puede generar un informe de puesta en servicio utilizando MyDrive® Insight. El informe de puesta en servicio describe los valores establecidos para los parámetros relacionados con la seguridad en el convertidor.

1. En MyDrive® Insight, diríjase a *Configuración* > *del dispositivo y Servicio* > *Seguridad funcional* > *Validar informe*.
2. Diríjase a *Configuración* > *del dispositivo y Servicio* > *Seguridad funcional* > *Informe de puesta en servicio* para ver el informe de puesta en servicio.

   Después de la puesta en servicio de todas las funciones de seguridad, haga clic en el icono de descarga en la esquina superior derecha para descargar el informe como archivo PDF. Se recomienda guardar una copia del informe de puesta en servicio en una ubicación externa.
3. Guardar los informes de las pruebas de aceptación en el libro de registros de la máquina.

El informe debe incluir:

- Una descripción de la aplicación de seguridades.
- Una descripción y revisiones de los componentes de seguridad utilizados en la aplicación de seguridades.
- Lista de todas las funciones de seguridad que se utilizan en la aplicación de seguridades.
- Una lista de todos los parámetros relacionados con la seguridad y sus valores. También se recomienda enumerar los parámetros y valores no relacionados con la seguridad.
- Documentación de las actividades de puesta en marcha, con referencias a informes de fallos y resolución de los fallos.
- Los resultados de la prueba para cada una de las funciones de seguridad, todos los valores de los parámetros de seguridad, incluido el valor CRC de la configuración de seguridad, las fechas de las pruebas y la confirmación por parte del personal encargado de las pruebas.

4. Validar el informe de puesta en servicio.
   a. Compruebe que la información de hardware y configuración sea correcta y que las versiones de software de los componentes y subsistemas relacionados con la seguridad sean correctas.
   b. Compruebe que la información del módulo puesto en servicio coincida con la información del plan de puesta en servicio y el informe de puesta en servicio.

> **IMPORTANTE:** Después de cada cambio o mantenimiento del sistema, se deben guardar nuevos informes de pruebas de aceptación en el libro de registros de la máquina.

5 Fieldbus seguro

5.1 PROFIsafe

PROFIsafe es un protocolo de seguridad adicional que se añade a un sistema de transmisión estándar (PROFINET/PROFIBUS). PROFIsafe utiliza varias tecnologías para garantizar la validez y el estado de la comunicación de fieldbus, lo que hace que sea fiable para su uso con dispositivos de seguridad.

Estas medidas incluyen:

- Numeración consecutiva.
- Monitorización del tiempo de watchdog con reconocimiento.
- Nombre en código por relación de comunicación.
- Comprobación de redundancia cíclica para la integridad de los datos.

La comunicación a través de los sistemas de transmisión no seguros se denomina «black channel».

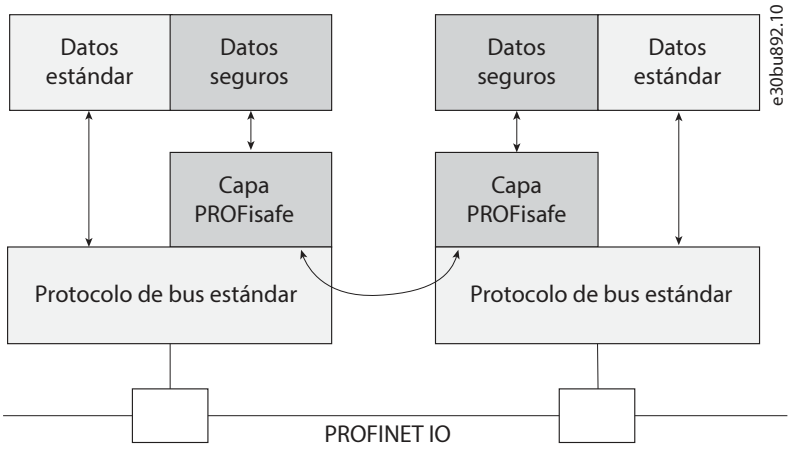


Figura 7: Comunicación PROFIsafe

5.2 Sistema PROFIsafe

El convertidor puede comunicarse con el PLC de seguridad a través de PROFINET. Los datos intercambiados incluyen datos relacionados con la seguridad y datos de proceso no seguros. Para datos relacionados con la seguridad, pasa por la trama de PROFIsafe y coincide con el formato PROFIdrive.

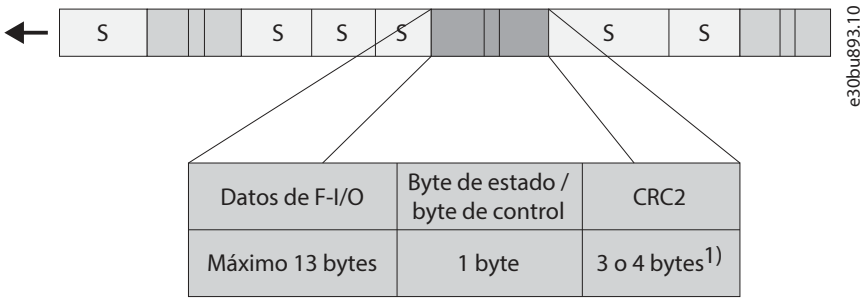
El convertidor es compatible con PROFIsafe V2.4 y V2.6. La versión V2.6 es compatible con la versión V2.4. Para ofrecer la máxima flexibilidad y comodidad, el archivo GSD contiene 2 módulos. Seleccione uno de los siguientes módulos de acuerdo con los requisitos para configurar la comunicación entre el PLC y el convertidor:

- Standard Telegram 30 (PROFIsafe 2.4): Suma de comprobación CRC de 3 bytes
- Standard Telegram 30 (PROFIsafe 2.6.1): Suma de comprobación CRC de 4 bytes

5.3 Trama de PROFIsafe

La trama de PROFIsafe, que se intercambia entre el PLC de seguridad (host F) y el dispositivo de segumiento de seguridad (Dispositivo F), incluye:

- Datos de I/O de seguridad (F-I/O), que se utilizan para controlar el proceso de seguridad del convertidor.
- Un byte de estado/control utilizado para la comunicación PROFIsafe.
- Una señal CRC, que garantiza la validez de la trama.



1) PROFIsafe V2.4 corresponde a 3 bytes y PROFIsafe V2.6 corresponde a 4 bytes.

Figura 8: Estructura de la trama de PROFIsafe (S=trama estándar)

Para indicar, monitorizar y configurar el estado de seguridad del dispositivo F, consulte las descripciones de los bytes de estado y control en Tabla 9 y Tabla 10.

Para obtener más información, consulte *PROFIsafe - Perfil para tecnología de seguridad en las especificaciones técnicas de PROFIBUS DP y PROFINET IO*.

Tabla 9: Descripción del byte de estado de PROFIsafe

Bit	Señal	Descripción
0	iPar_OK	Sin uso.
1	Device_Fault	Fallo en el dispositivo F
2	CE_CRC	Fallo de comunicación: CRC
3	WD_timeout	Fallo de comunicación: tiempo límite de watchdog
4	FV_activated	Valores a prueba de fallos (FV) activados.
5	Toggle_d	Bit de conmutación (dispositivo F)
6	Cons_nr_R	La numeración consecutiva se ha restablecido.
7	–	Reservado

Tabla 10: Descripción del byte de control de PROFIsafe

Bit	Señal	Descripción
0	iPar_EN	Sin uso.
1	OA_Req	Reconocimiento del operador
2	R_cons_nr	Resetear numeración consecutiva
3	–	Reservado
4	Activate_FV	Valores a prueba de fallos (FV) que deben activarse.
5	Toggle_h	Bit de conmutación (host F)
6	–	Reservado
7	–	Reservado

5.4 Parametrización para PROFIsafe

Cuando se utiliza PROFIsafe, el protocolo requiere que se envíen parámetros de seguridad específicos (parámetros F) del host F al dispositivo F. Estos valores de parámetros deben ajustarse en el convertidor a través de MyDrive® Insight y en el host F a través de su herramienta de configuración. Durante el arranque, los valores del host F se transmiten al convertidor de frecuencia y este los compara con los valores del propio convertidor. Los valores configurados para el host F y el dispositivo F deben ser los mismos para que se inicie la comunicación de seguridad.

La capa de seguridad se inicia siempre que el canal de comunicación (PROFINET) establezca la comunicación de forma cíclica. Una inicialización fallida del protocolo PROFIsafe no afectará a la comunicación cíclica de PROFINET. La comunicación cíclica de PROFINET se puede utilizar para leer información de diagnóstico si falla la parametrización de PROFIsafe.

Tabla 11: Ajustes en el PLC de seguridad

Valor	Descripción
Dirección de origen F	Dirección de PROFIsafe del PLC.
Dirección de destino F	El valor debe ser el mismo que la dirección de destino F en el convertidor de frecuencia.
F_WD_Time	El valor debe ser el mismo que F_WD_Time en el convertidor de frecuencia.
Telegrama de seguridad y datos de F-I/O del telegrama de seguridad	El valor debe ser el mismo que el telegrama de seguridad del convertidor. Los datos de F-I/O deben estar asignados como se describe en las tablas de 5.8 Control word de PROFIsafe y 5.9 Status word de PROFIsafe.

Los siguientes parámetros relacionados con PROFIsafe no se pueden editar en el convertidor. Deben tener el mismo valor en la comunicación del PLC de seguridad con el chip de la gateway del convertidor a través de PROFIsafe. Los valores de la siguiente tabla se definen en el archivo de descripción GSD del fieldbus, que Danfoss proporciona para el chip de la gateway del convertidor, y no deben modificarse.

> **IMPORTANTE:** El convertidor tiene el tipo 1 de F-Address-Check, lo que significa que el convertidor solo comprueba F_DestAdd.

> **IMPORTANTE:** Realice una prueba de puesta en servicio para garantizar que los iParameter del convertidor sean correctos.

Tabla 12: Parámetros F no editables

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción
F check iPar	0 = NoCheck	–	Comprobación iPar específica del fabricante.
F CRC length	0 = 3 bytes o 4 bytes CRC[1]	–	Longitud de la señal CRC2.
F block ID	1 = F iPar CRC dentro del bloque de parámetros F	–	Identificación del tipo de bloque de parámetros.
F Par version	1 = Modo V2	–	Número de versión de los parámetros F.
F SIL	8 = SIL 3	–	Nivel SIL utilizado del dispositivo F.

1) Dependiendo de la versión de PROFIsafe: V2.4, CRC de 3 bytes; V2.6, CRC de 4 bytes.

5.5 Tiempo de Watchdog para PROFIsafe

Utilice el tiempo de watchdog del parámetro F (F_WD_Time) para determinar un tiempo de Watchdog para la comunicación entre el host F y el dispositivo F.

El tiempo mínimo de watchdog tiene 4 partes:

- DAT = Tiempo de reconocimiento del dispositivo (Device Acknowledgment Time). El dispositivo F recibe una trama, la procesa y prepara una nueva trama para enviarla.
- Bus = el tiempo de transferencia de la trama desde el convertidor de frecuencia al host F.
- HAT = Tiempo de reconocimiento del host (Host Acknowledgment Time). El host F recibe una trama, la procesa y genera una nueva trama.
- Bus = el tiempo de transferencia de la trama desde el host F al convertidor de frecuencia.

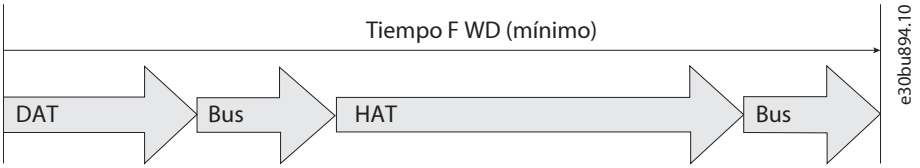


Figura 9: Tiempo de Watchdog para PROFIsafe

En ocasiones es difícil determinar el tiempo de transferencia del bus que se utiliza para calcular el tiempo de watchdog. Para obtener más información sobre los tiempos de ciclo, consulte las guías de usuario del fieldbus específico. El valor de F_WD_Time se puede calcular utilizando la siguiente fórmula: $F\_WD\_Time = DAT + HAT + 2xBT$

Tabla 13: Partes del tiempo de watchdog

Símbolo	Nombre	Descripción
DAT	Tiempo de reconocimiento del dispositivo	60 ms para el sistema completo de convertidores de frecuencia.
HAT	Tiempo de reconocimiento del host	Específica de la aplicación.
BT	Tiempo de ciclo de bus	El tiempo de ciclo del bus.

El parámetro F F_WD_Time debe tener un valor ligeramente superior a la suma de DAT, HAT y dos veces el tiempo de transferencia del bus. Se recomienda no superar el valor calculado en más del 30 %. Ajustar un tiempo de watchdog más corto no afecta a la seguridad de un sistema, pero puede provocar un fallo en el convertidor.

Por ejemplo, si HAT es de 4 ms y el tiempo de ciclo de PROFINET es de 4 ms, F_WD_Time debe establecerse en:

$F\_WD\_Time = (DAT + HAT + 2xBT)x1.3 = (60ms + 4ms + 2x4ms)x1.3 = 94ms$

NOTA: Si se producen interferencias electromagnéticas extremas, los sistemas de comunicación utilizan mecanismos de reintentos para aumentar la solidez del sistema. Antes de establecer el F_WD_Time, se recomienda encontrar el número de reintentos de cada conexión y ajustar el tiempo mínimo de watchdog si fuera necesario.

5.6 Tiempo de respuesta de las funciones de seguridad de PROFIsafe (Safety Function Response Time, SFRT)

PROFIsafe especifica un tiempo de respuesta de las funciones de seguridad (Safety Function Response Time, SFRT), durante el cual el sistema de seguridad debe reaccionar ante un fallo en el sistema. El SFRT incluye todos los retardos individuales, incluidos los tiempos de trasferencia del bus. Todos estos elementos tienen retardos mínimos y máximos, y es probable que el retardo real se encuentre entre estos valores. Por motivos de seguridad, cada ciclo de comunicación tiene su propio tiempo de watchdog $WDTime_i$ tras el cual se activa el estado seguro si se produce un fallo en ese ciclo de comunicación.

El tiempo de respuesta de las funciones de seguridad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$SFRT = \sum_{i=1}^{n} WCDT_i + \max_{i=1,2..,n} (WDTime_i - WCDT_i)$$

Tabla 14: Componentes del cálculo del tiempo de respuesta de las funciones de seguridad

Abreviatura	Definición
SFRT	Tiempo de respuesta de las funciones de seguridad (Safety Function Response Time)
$WCDT_i$	Tiempo de retardo del peor caso posible de la entidad i (Worst Case Delay Time of entity i)
$WDTime_i$	Tiempo de watchdog de la entidad i (Watchdog Time of entity i). Consulte 5.5 Tiempo de Watchdog para PROFIsafe.

Si se añaden los tiempos de retardo del peor caso posible a los componentes del sistema de seguridad, se obtiene el tiempo de retardo total del peor caso, como se indica en Tabla 15.

Tabla 15: Parámetros de tiempo

Dispositivo	Tiempo de retardo del peor de los casos	Tiempo de watchdog
El sistema completo de convertidores de frecuencia	120 ms	Recomendado 250 ms o más

5.7 PROFIdrive con PROFIsafe

El convertidor es compatible con el Standard Telegram 30 de PROFIsafe. En las siguientes secciones se describe el PROFIdrive con el Standard Telegram de 30 bits de PROFIsafe. En un programa PLC, direccione las funciones de seguridad utilizando bits y no bytes.

El byte 0 es específico de PROFIdrive con PROFIsafe y el byte 1 es específico del proveedor.

5.8 Control word de PROFIsafe

Tabla 16: Control word de PROFIsafe

Byte	Bit	Nombre	Información adicional
Byte 0	0	STO	–
	1	SS1_INSTANCE_1	–
	2-6	No compatible	Los bits que no son compatibles se establecen en 0.
	7	INTERNAL_EVENT_ACK	–
Byte 1	0	ACK_SAFETY	–
	1-7	No compatible	Los bits que no son compatibles se establecen en 0.

- Byte 0 Bit 0, STO
  - Bit 0.0=0, Safe Torque Off (cero-activo).
  - Bit 0.0=1, Sin Safe Torque Off.
- Byte 0 Bit 1, SS1_INSTANCE_1
  - Bit 0.1=0, paro seguro 1 (cero-activo).
  - Bit 0.1=1, Sin paro seguro 1.

- Byte 0 Bit 7, INTERNAL_EVENT_ACK
  - Cuando este valor de bit cambia de 1 a 0 (flanco 1→0), se emite una confirmación al buffer de fallos de seguridad. Las entradas de fallo en el buffer de fallos de seguridad se desplazan a la última situación de fallo reconocida. Los fallos que todavía están presentes o que no se pueden reconocer vuelven a aparecer en la situación de fallo actual. Para obtener más información, consulte la descripción del perfil PROFIdrive en www.profibus.com.
- Byte 1 Bit 0, ACK_SAFETY
  - Reconocimiento de las funciones de seguridad (1 → 0) para STO

5.9 Status word de PROFIsafe

Tabla 17: Status word de PROFIsafe

Byte	Bit	Nombre	Información adicional
Byte 0	0	POWER_REMOVED	Si STO se activa, por ejemplo, por entrada digital segura o porque ha expirado el temporizador SS1, este bit también indica «activo».
	1	SS1_INSTANCE_1	Si SS1 se activa, por ejemplo, mediante entrada digital segura, este bit también indica «activo».
	2-6	No compatible	Los bits que no son compatibles se establecen en 0.
	7	INTERNAL_EVENT	–
Byte 1	0	SAFETY_EVENT	–
	1-2	No compatible	Los bits que no son compatibles se establecen en 0.
	3	SAFE_INPUT	Estado de los terminales X33 para entradas seguras
	4-7	No compatible	Los bits que no son compatibles se establecen en 0.

- Byte 0 Bit 0, STO
  - Bit 0.0=0, Safe Torque Off inactivo.
  - Bit 0.0=1, Safe Torque Off activo (uno-activo).
- Byte 0 Bit 1, SS1_INSTANCE_1
  - Bit 0.1=0, paro seguro 1 instancia 1 inactiva.
  - Bit 0.1=1, paro seguro 1 instancia 1 (uno-activo).
- Byte 0 Bit 7, INTERNAL_EVENT
  - Bit 0.7=0, no hay fallo de seguridad.
  - Bit 0.7=1, fallo de seguridad detectado.
- Byte 1 Bit 0 SAFETY_EVENT
  - 1: Una de las funciones de seguridad no reconocida está activa (STO). El nodo de seguridad del convertidor espera una confirmación a través de ACK_SAFETY o de la entrada segura local.
  - 0: Reconocimiento no necesario.
- Byte 1 Bit 3 SAFE_INPUT
  - 1: Entrada segura local en el estado solicitado.
  - 0: La entrada segura local no está en el estado solicitado.

5.10 Soporte PROFIenergy

Este dispositivo es compatible con la versión 1.3 de PROFIenergy, lo que le permite participar en la gestión de la eficiencia energética para casos de uso de accionamientos de motor. La gestión suele estar coordinada por el PLC del sistema.

6 Instalación

6.1 Instalación para módulos de sistema con +BEF2

Requisitos previos:

Para la conexión del motor, la conexión de red de CA y el cableado de control, siga las instrucciones de instalación segura de la documentación suministrada con el convertidor.

Todo el cableado relacionado con la seguridad funcional debe realizarse en el bloque de terminales X33. Consulte Figura 10 para conocer la ubicación de los terminales.

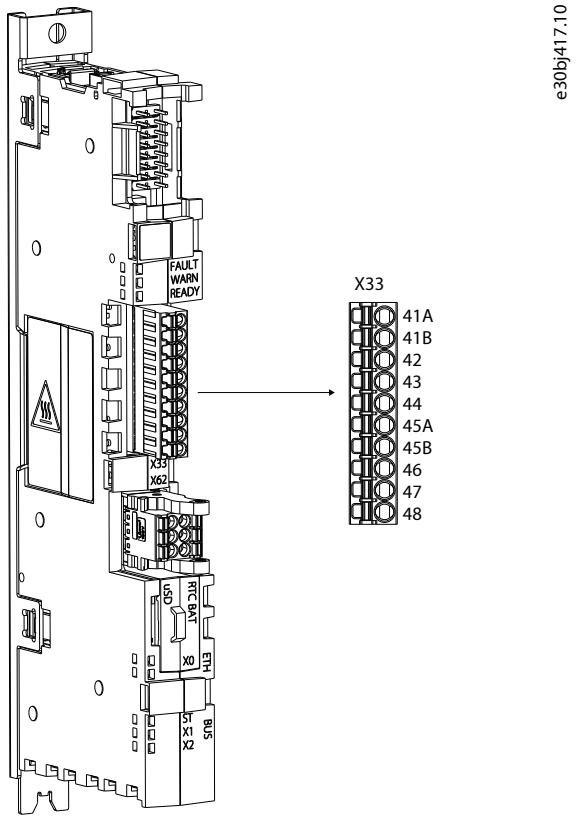


Figura 10: Terminales de seguridad funcional en unidad de control modular

Tabla 18: Funciones de seguridad funcional del terminal de E/S (X33) en los módulos de sistema

Numeración	Nombre del terminal	Función
41A[(1)]	24 V	+ Salida de 24 V CC
41B[(1)]	24 V	+ Salida de 24 V CC
42	S.INA+	+ Canal A de entrada segura
43	S.INB+	+ Canal B de entrada segura
44	S.FB+	+ Feedback del STO
45A[(1)]	GND (conexión a tierra)	0 V/GND
45B[(1)]	GND (conexión a tierra)	0 V/GND
46	S.INA-	- Canal A de entrada segura

Tabla 18: Funciones de seguridad funcional del terminal de E/S (X33) en los módulos de sistema - (continuación)

Numeración	Nombre del terminal	Función
47	S.INB-	- Canal B de entrada segura
48	S.FB-	- Feedback del STO

1) Los terminales 41A, 41B, 45A y 45B tienen clavijas dobles para facilitar las conexiones.

Debido al aislamiento galvánico de las entradas seguras, es posible realizar varias conexiones y diferentes polaridades en el cableado.

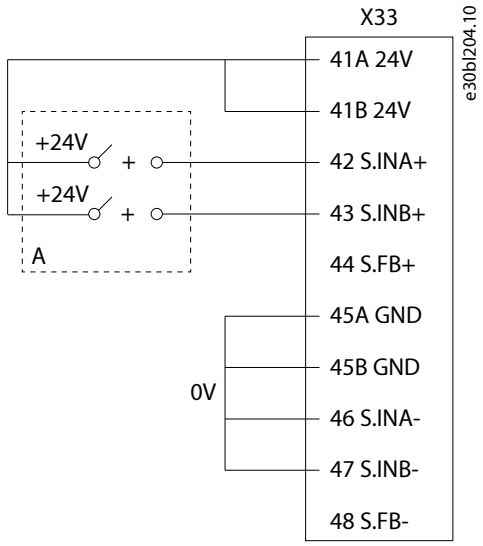
Consulte Figura 11 y Figura 13 para ver ejemplos de conexión.

Se admiten configuraciones con el mismo nivel de tensión en ambos canales (+24 V), así como configuraciones con diferentes niveles de tensión (+24 V y GND).

AVISO

NIVEL DE TENSIÓN PELIGROSO

- Para evitar que las tensiones se sumen y alcancen un nivel peligroso, interconecte GND PELV del convertidor de frecuencia y del dispositivo de seguridad externo.



A Actuador de seguridad

Figura 11: Ejemplo de conexión de STO para módulos de sistema con +BEF2 utilizando la misma polaridad

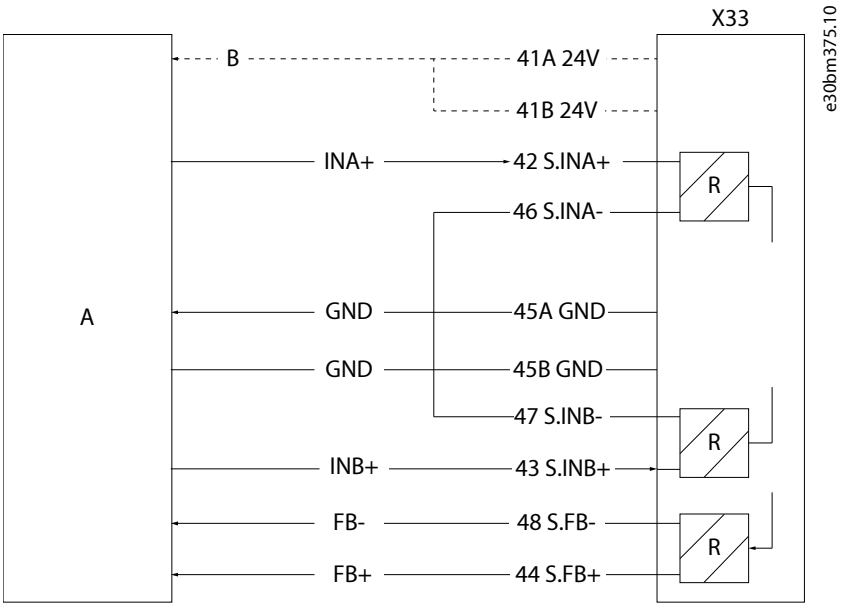


Figura 12: Ejemplo de conexión de dispositivo de seguridad externo para módulos de sistema con +BEF2 utilizando la misma polaridad

A	Dispositivo de seguridad externo	B	Alimentación (opcional)

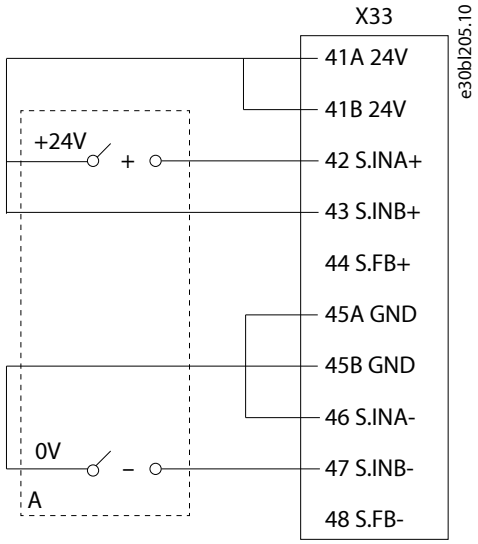


Figura 13: Ejemplo de conexión de STO para módulos de sistema con +BEF2 utilizando diferentes polaridades

A	Actuador de seguridad

AVISO

CONMUTACIÓN DE SEÑALES S.INA- O S.INB-

Al conmutar la señal S.INA- o S.INB-, es imprescindible realizar pruebas periódicas para garantizar el cumplimiento de la norma EN IEC 61800-5-2. Esta práctica es crucial para evitar la acumulación de posibles fallos latentes en las entradas de seguridad.

- Para mantener la integridad del sistema de seguridad, es necesario realizar pruebas periódicas de las entradas de seguridad, solicitándolas:

  Es imprescindible con PL e o SIL 3 que se realicen pruebas de funcionamiento cada 3 meses para detectar cualquier fallo o mal funcionamiento de las entradas de seguridad.

  Es imprescindible con PL d o SIL 2 que se realicen pruebas de funcionamiento cada 12 meses para detectar cualquier fallo o mal funcionamiento de las entradas de seguridad.
- Realice las pruebas siguiendo la secuencia de pruebas de puesta en servicio. Para obtener instrucciones, consulte el apartado 8.4 Prueba de puesta en servicio para funciones de seguridad STO y 8.5 Prueba de puesta en servicio de funciones de seguridad de Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t). Consulte 10.4 Lista de eventos para resolver cualquier fallo o aviso que se produzca durante las pruebas.
- Si las señales S.INA- o S.INB- están siempre conectadas a GND y no se conmutan, el convertidor de frecuencia no requiere esta comprobación periódica.

7 Herramientas de configuración

7.1 Descripción general

MyDrive® Insight es una herramienta de software independiente de la plataforma para la puesta en servicio, ingeniería y monitorización de convertidores. MyDrive® Insight también se utiliza para configurar los parámetros del convertidor.

MyDrive® Insight es la única herramienta que permite configurar las funciones y características de seguridad estándar de los convertidores de frecuencia iC7. Las funciones de seguridad avanzadas y los buses de campo seguros requieren MyDrive® Insight.

Para obtener información detallada sobre las funciones de MyDrive® Insight, consulte la ayuda en línea de MyDrive® Insight.

7.2 Configuración del Sistema de Seguridad

Los convertidores iC7 están equipados con funciones de seguridad tanto obligatorias como configurables que evitan el acceso no autorizado al convertidor, garantizando una conexión segura al convertidor y lo protegen frente a modificaciones no autorizadas del software.

Para obtener más información sobre las funciones de seguridad incluidas en el software de la aplicación, consulte la documentación del software de la aplicación.

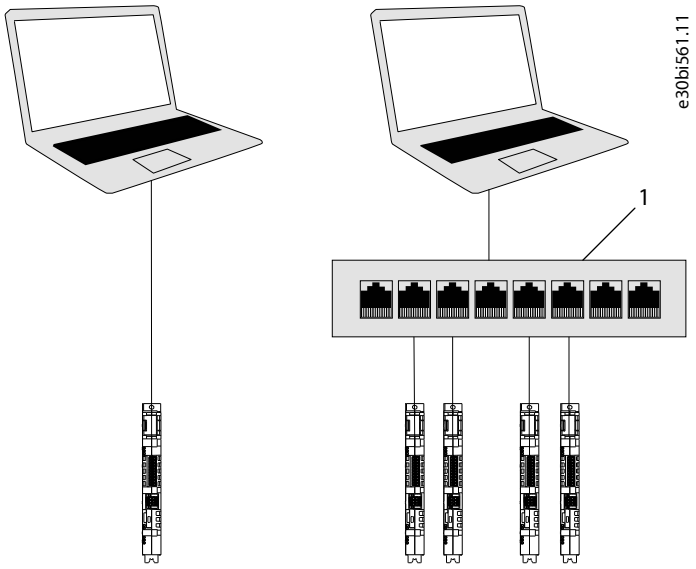
Las funciones de seguridad configurables pueden ajustarse según los requisitos de la aplicación. Los parámetros relacionados con la seguridad están protegidos por contraseña.

7.3 Preparación para conexión a PC

Utilice estas instrucciones para conectar el convertidor o varios convertidores a un PC con un cable RJ45.

1. Conecte un cable RJ45 al PC.

   Para conectar varios convertidores al mismo tiempo, utilice un conmutador Ethernet entre el PC y la unidad de control.



1	Conmutador Ethernet

Figura 14: Conexión del convertidor de frecuencia a un PC

2. Conecte el cable procedente del PC o del conmutador Ethernet al puerto Ethernet X0 de la unidad de control del convertidor.
3. Consulte la guía de aplicación para obtener información sobre los siguientes pasos.

7.4 MyDrive Insight

7.4.1 Instalación de MyDrive® Insight

1. Para instalar la herramienta, vaya a https://suite.mydrive.danfoss.com/content/tools.
2. Instale MyDrive® Insight.

   Para obtener más información sobre cómo utilizar la herramienta, consulte la ayuda en línea de MyDrive® Insight.

3. Utilice MyDrive® Insight para conectar el convertidor a un PC.

7.4.2 Copia de seguridad y restauración de parámetros

La funcionalidad de copia de seguridad y restauración de parámetros de MyDrive® Insight se puede utilizar para realizar copias de seguridad y restaurar todos o parte de los parámetros del convertidor.

1. Inicie sesión en MyDrive® Insight® como administrador.
2. Diríjase a *Dispositivo* > *Configuración y servicio* > *Parámetros* > *Activo*.
3. Haga clic en *Crear copia de seguridad/Restaurar* en la barra de menús.

Qué hacer a continuación: Para obtener más información, consulte la documentación de MyDrive® Insight.

7.4.3 Realizar un reset de fábrica

El reset de fábrica se puede realizar por separado para cada grupo de parámetros o para todos los ajustes.

1. En MyDrive® Insight, vaya a *Configuración* > *del dispositivo y Servicio* > *Restaurar* > *Seleccione Restaurar contenido*.
   - Para restablecer todos los ajustes, seleccione *Todos los ajustes*.
   - Para restablecer solo los ajustes de seguridad funcional, seleccione *Variables de configuración de seguridad funcional*.

Después de realizar un reset de fábrica, todos los parámetros se encontrarán en estado **Sin puesta en servicio** y sus valores se restablecerán a los valores por defecto. Un reset de fábrica también restablece el nombre de usuario y la contraseña a sus valores por defecto. Los parámetros deben volver a configurarse o, alternativamente, restaurarse desde una copia de seguridad.

AVISO

Después de realizar un reset de fábrica, se deben comprobar y ajustar de nuevo todos los parámetros.

- También deben comprobarse los parámetros de las funciones de seguridad que no se utilicen. Por ejemplo, los parámetros también deben comprobarse para las funciones SS1, incluso si solo se utiliza la función STO y viceversa.

7.4.4 Actualización de software

Requisitos previos:

AVISO

- El convertidor no debe estar en marcha durante el proceso de actualización.
- La actualización del software relacionado con la seguridad funcional requiere iniciar sesión en MyDrive® Insight con la cuenta de administrador por defecto del convertidor.

No apague ni reinicie los dispositivos durante una actualización de software. Se recomienda encarecidamente crear una copia de seguridad de los parámetros actuales antes de actualizar cualquier software, en caso de que sea necesario restaurar los parámetros

después de completar la actualización del software. Para obtener más información, consulte 7.4.2 Copia de seguridad y restauración de parámetros.

1. Inicie sesión en MyDrive® Insight como administrador.
2. En MyDrive® Insight, vaya a *Dispositivo* > *Configuración y Servicio* > *Actualización del software*.
3. Para actualizar el software, seleccione el archivo que desea actualizar en el convertidor.
4. Si procede, seleccione *Permitir que los dispositivos se reinicien* para permitir que los dispositivos se reinicien una vez finalizada la actualización. Esta selección es opcional.
5. Compruebe la versión instalada, la versión disponible y el estado.
6. Haga clic en *Actualizar*.
7. Compruebe el mensaje de alerta y haga clic en *Sí*/*No*.
8. Haga clic en *Finalizado* para confirmar y finalizar la actualización.
9. Compruebe que la actualización del software se haya realizado correctamente.
   a. Vaya a *Información del dispositivo* > *Información ampliada del dispositivo* y verifique la versión del firmware.
   b. Ejecute la prueba de puesta en servicio.

   Una prueba de puesta en servicio será necesaria después de cada modificación de la instalación o de una aplicación que implique funciones de seguridad. Para obtener más información, consulte el apartado 8.2 Prueba de puesta en servicio.

Qué hacer a continuación: Para obtener más información, consulte la documentación de MyDrive® Insight.

Resolución de problemas relacionados con la actualización de software

1. Reinicie el dispositivo.
2. Compruebe que el dispositivo esté en estado normal y que no haya errores.
3. Compruebe la versión y la compatibilidad del paquete de software y vuelva a intentar la actualización del software.

   Si el problema persiste y el dispositivo permanece en modo de fallo, póngase en contacto con Danfoss.

8 Puesta en servicio

8.1 Seguridad en la puesta en servicio

Durante la puesta en servicio o una nueva puesta en servicio del sistema, tenga en cuenta lo siguiente:

- Asegure el emplazamiento de acuerdo con la normativa, por ejemplo, con barreras o señales de advertencia. Solo personal cualificado puede poner en marcha o volver a poner en marcha el sistema.
- Consulte la documentación del sistema de control de la máquina para obtener información y las especificaciones detalladas.
- Asegúrese de que no se produzcan lesiones personales ni daños materiales durante la puesta en servicio o la renovación de la puesta en servicio, ni siquiera si la planta o la máquina se mueven involuntariamente.
- Antes de iniciar la puesta en servicio, lea todas las directrices y precauciones de seguridad de la documentación específica del convertidor.
- Respete las leyes y la legislación vigentes cuando utilice un sistema sin seguridad o con seguridad reducida.
- Tenga en cuenta que el informe de puesta en servicio se centra en la seguridad funcional iC7 y no es necesariamente suficiente para probar y documentar todas las funciones de seguridad del sistema o la máquina.

8.2 Prueba de puesta en servicio

La prueba de puesta en servicio para sistemas con funciones de seguridad se centra en validar la funcionalidad de la funciones de seguridad configuradas en el sistema de convertidores. El objetivo de la prueba es verificar la correcta configuración de las funciones de seguridad definidas y examinar la respuesta de funciones de monitorización específicas a las entradas explícitas de valores fuera de los límites de tolerancia. Las pruebas deben cubrir todas las funciones de seguridad específicas del convertidor que se ejecutan en la configuración final.

Se requiere una prueba de puesta en servicio:

- Después de la configuración de cada máquina
- Después de cualquier cambio en la configuración de seguridad del convertidor
- Después de realizar cambios en la máquina (según lo establecido en las normas y reglamentos aplicables)
- Después de sustituir el convertidor completo o cualquier hardware o software relacionado con la seguridad.

Durante y después de la puesta en servicio:

- Documente cada paso de la prueba.
- Anote la suma de comprobación de la configuración de seguridad del convertidor en los registros.
- No deje disponible el sistema hasta que haya superado con éxito todos los pasos individuales de la prueba.
- Reinicie el convertidor y compruebe que el motor funciona con normalidad.

AVISO

PRUEBA DE PUESTA EN SERVICIO

Después de instalar las funciones de seguridad, realice una prueba de puesta en servicio.

Tras la instalación inicial, y tras cada cambio que se efectúe en la instalación o aplicación que implique la seguridad funcional, será necesario llevar a cabo una prueba de puesta en sevicio correcta.

Si la prueba de puesta en servicio falla, no se podrá garantizar un funcionamiento seguro.

8.3 Lista de comprobación de la puesta en servicio

El integrador de sistemas/fabricante de la máquina debe realizar una prueba de puesta en servicio de las funciones de seguridad iC7 para verificar y documentar la corrección de la configuración de seguridad. El integrador de sistemas/fabricante de la máquina demuestra de este modo que ha comprobado la eficacia y la integridad de las funciones de seguridad utilizadas. Las pruebas de puesta en servicio deben realizarse en función del análisis de riesgos. Deben cumplirse todas las normas y reglamentos aplicables.

Antes de la prueba de puesta en servicio:

- Compruebe que la máquina esté bien cableada.
- Todos los dispositivos de seguridad, como dispositivos de supervisión de puertas de seguridad, barreras de luz o conmutadores de paro de emergencia, están conectados y listos para funcionar.
- Todos los parámetros del motor y los parámetros de control están configurados correctamente en el convertidor.

Tabla 19: Lista de comprobación de la puesta en servicio para módulos de sistema

Tipo de comprobación	Tarea	Homologado
Instalación mecánica	Compruebe que las unidades se hayan instalado de acuerdo con la documentación incluida en el envío.	☐
	Compruebe que las condiciones de funcionamiento estén dentro del rango permitido.	☐
	Compruebe que se hayan retirado los materiales de embalaje y las herramientas de la zona de instalación.	☐
Instalación eléctrica	Compruebe que estén instalados los fusibles de red (potencia de entrada) adecuados.	☐
	La fuente de alimentación de 24 V CC está correctamente conectada y asegurada con alivio de tensión, y la polaridad de la conexión de la tensión de alimentación es correcta.	☐
	El cableado de I/O está correctamente sujeto con abrazaderas, marcado, apretado y protegido.	☐
Puesta en servicio de la seguridad funcional	Compruebe que el sistema esté en estado operativo cuando se requieran las funciones de seguridad.	☐
	Asegúrese de que el método de reconocimiento se haya configurado adecuadamente para la aplicación (por ejemplo, reconocimiento manual o automático).	☐
	Active las funciones de seguridad solicitándolas.	☐
	Compruebe que el sistema funcione como es debido.	☐

8.4 Prueba de puesta en servicio para funciones de seguridad STO

Tabla 20: Prueba de puesta en servicio de STO

Procedimiento de prueba		Homologado
1	Encienda el INU.	☐
2	Asegúrese de que el resto de parámetros de la función STO estén configurados correctamente.	☐
3	Compruebe que no haya ningún fallo de seguridad.	☐
4	Asegúrese de que el motor funcione y se detenga correctamente.	☐

Tabla 20: Prueba de puesta en servicio de STO - (continuación)

Procedimiento de prueba		Homologado
5	Retire el suministro de tensión de 24 V CC de los terminales de entrada STO utilizando el dispositivo de seguridad mientras el módulo de sistema acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).	☐
6	Asegúrese de que el STO del convertidor se active inmediatamente después de la solicitud de STO.	☐
7	Si se utiliza el feedback de STO, compruebe el estado del feedback de STO para verificar que el STO está activado. Consulte Figura 5.	☐
8	Compruebe que el motor funcione por inercia. El motor puede tardar mucho tiempo en pararse.	☐
9	Si hay un panel de control instalado, compruebe si se muestra ***STO activado*** en el panel de control.	☐
	Si el panel de control no está instalado, compruebe si ***STO activado*** aparece en el registro de eventos.	
10	Vuelva a aplicar 24 V DC a las entradas de STO.	☐
11	**Si el fallo está configurado para rearme directo**: Al desactivar el fallo, el motor vuelve a estar operativo y funciona dentro del rango de velocidad original. **Si no se utiliza el reconocimiento automático**: Establezca un reconocimiento (por ejemplo, con un botón de reconocimiento). El reconocimiento se configura en los parámetros de seguridad.	☐
12	Compruebe que no hay errores no deseados en el convertidor.	☐
13	Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.	☐

8.5 Prueba de puesta en servicio de funciones de seguridad de Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t)

Tabla 21: Prueba de puesta en servicio para aplicaciones STO que utilizan la función Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t)

Procedimiento de prueba		Homologado
1	Encienda el INU.	☐
2	Asegúrese de que los parámetros de la función SS1-t estén configurados correctamente.	☐
3	Compruebe que no haya ningún fallo de seguridad.	
4	Asegúrese de que el motor funcione y se detenga correctamente.	☐
5	Solicite la función SS1-t desenergizando las entradas que tiene asignadas.	☐
6	Compruebe que el motor decelere según el tiempo máximo configurado. El tiempo configurado también se muestra en el informe de puesta en servicio.	☐
7	Si hay un panel de control instalado, compruebe si se muestra ***STO activado*** en el panel de control.	☐
	Si el panel de control no está instalado, compruebe si ***STO activado*** aparece en el registro de eventos.	
8	Si se utiliza el feedback de STO, compruebe el estado del feedback de STO para verificar que el STO está activado. Consulte Figura 5.	☐
9	Energice las entradas asignadas a la función STO o desactive la solicitud de STO a través del fieldbus.	☐

Tabla 21: Prueba de puesta en servicio para aplicaciones STO que utilizan la función Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t) - (continuación)

Procedimiento de prueba		Homologado
10	**Si el fallo está configurado para rearme directo**: Al desactivar el fallo, el motor vuelve a estar operativo y funciona dentro del rango de velocidad original. **Si no se utiliza el reconocimiento automático**: Establezca un reconocimiento (por ejemplo, con un botón de reconocimiento). El reconocimiento se configura en los parámetros de seguridad.	☐
11	Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.	☐

8.6 Validación y generación de un informe de puesta en servicio

Para convertidores con opciones de seguridad funcional +BEF2, se puede generar un informe de puesta en servicio utilizando MyDrive® Insight. El informe de puesta en servicio describe los valores establecidos para los parámetros relacionados con la seguridad en el convertidor.

1. En MyDrive® Insight, diríjase a *Configuración* > *del dispositivo y Servicio* > *Seguridad funcional* > *Validar informe*.
2. Diríjase a *Configuración* > *del dispositivo y Servicio* > *Seguridad funcional* > *Informe de puesta en servicio* para ver el informe de puesta en servicio.

   Después de la puesta en servicio de todas las funciones de seguridad, haga clic en el icono de descarga en la esquina superior derecha para descargar el informe como archivo PDF. Se recomienda guardar una copia del informe de puesta en servicio en una ubicación externa.

3. Guardar los informes de las pruebas de aceptación en el libro de registros de la máquina.

   El informe debe incluir:
   - Una descripción de la aplicación de seguridades.
   - Una descripción y revisiones de los componentes de seguridad utilizados en la aplicación de seguridades.
   - Lista de todas las funciones de seguridad que se utilizan en la aplicación de seguridades.
   - Una lista de todos los parámetros relacionados con la seguridad y sus valores. También se recomienda enumerar los parámetros y valores no relacionados con la seguridad.
   - Documentación de las actividades de puesta en marcha, con referencias a informes de fallos y resolución de los fallos.
   - Los resultados de la prueba para cada una de las funciones de seguridad, todos los valores de los parámetros de seguridad, incluido el valor CRC de la configuración de seguridad, las fechas de las pruebas y la confirmación por parte del personal encargado de las pruebas.

4. Validar el informe de puesta en servicio.
   a. Compruebe que la información de hardware y configuración sea correcta y que las versiones de software de los componentes y subsistemas relacionados con la seguridad sean correctas.
   b. Compruebe que la información del módulo puesto en servicio coincida con la información del plan de puesta en servicio y el informe de puesta en servicio.

   IMPORTANTE: Después de cada cambio o mantenimiento del sistema, se deben guardar nuevos informes de pruebas de aceptación en el libro de registros de la máquina.

9 Funcionamiento y mantenimiento

9.1 Vista general de las pruebas funcionales

Las funciones de seguridad del convertidor no requieren pruebas de ensayo programadas. Dependiendo de la configuración de las entradas de seguridad, puede ser necesario realizar pruebas periódicas para garantizar que el convertidor cumpla con las normas pertinentes.

NOTA: El circuito de entrada de seguridad solo diagnostica las discrepancias entre las entradas redundantes. Por lo tanto, se debe tener en cuenta cualquier prueba o diagnóstico para el cableado de las entradas de seguridad. Consulte las normas y requisitos específicos de la aplicación para las pruebas funcionales y de comprobación programadas.

AVISO

CONMUTACIÓN DE SEÑALES S.INA- O S.INB-

Al conmutar la señal S.INA- o S.INB-, es imprescindible realizar pruebas periódicas para garantizar el cumplimiento de la norma EN IEC 61800-5-2. Esta práctica es crucial para evitar la acumulación de posibles fallos latentes en las entradas de seguridad.

- Para mantener la integridad del sistema de seguridad, es necesario realizar pruebas periódicas de las entradas de seguridad, solicitándolas:

  Es imprescindible con PL e o SIL 3 que se realicen pruebas de funcionamiento cada 3 meses para detectar cualquier fallo o mal funcionamiento de las entradas de seguridad.

  Es imprescindible con PL d o SIL 2 que se realicen pruebas de funcionamiento cada 12 meses para detectar cualquier fallo o mal funcionamiento de las entradas de seguridad.
- Realice las pruebas siguiendo la secuencia de pruebas de puesta en servicio. Para obtener instrucciones, consulte el apartado 8.4 Prueba de puesta en servicio para funciones de seguridad STO y 8.5 Prueba de puesta en servicio de funciones de seguridad de Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t). Consulte 10.4 Lista de eventos para resolver cualquier fallo o aviso que se produzca durante las pruebas.
- Si las señales S.INA- o S.INB- están siempre conectadas a GND y no se conmutan, el convertidor de frecuencia no requiere esta comprobación periódica.

El tiempo de misión del sistema de seguridad del convertidor de frecuencia es de 20 años. Después de 20 años, se debe sustituir toda la unidad.

⚠ ADVERTENCIA

FALLO DE COMPONENTES EN FUNCIONES RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

Si se produce un fallo de un componente en funciones relacionadas con la seguridad, personal autorizado deberá reemplazar el convertidor.

- No está permitido modificar ni reparar los circuitos de seguridad de ninguna manera.

9.2 Diagnóstico

Los convertidores de frecuencia iC7 incluyen muchas funciones de diagnóstico para garantizar la integridad de las funciones de seguridad. Los diagnósticos son, por ejemplo, la monitorización de la temperatura, la monitorización de la tensión interna y la supervisión de las funciones de seguridad. El convertidor genera códigos de fallo relacionados con la seguridad funcional, si los hubiera. Para conocer los códigos de fallo relacionados con la seguridad, consulte 10.4 Lista de eventos.

El intervalo de prueba de diagnóstico (Diagnostic Test Interval, DTI) depende de las funciones de seguridad y de las funciones de diagnóstico. El DTI máximo y el tiempo de reacción ante fallos (FRT) para cada una de las funciones de seguridad se indican en 11.1 Normativas y rendimiento de seguridad funcional.

Si el diagnóstico relacionado con la seguridad funcional detecta un fallo, las funciones de seguridad relevantes siempre se establecen en un estado seguro.

Una serie de fallos de hardware no detectados puede provocar que, aunque exista una solicitud de STO externa, no se produzca la desenergización del motor. Los valores de PFH/PFD especificados en 11.2.2 Datos de PFH y PFD para módulos de sistema refrigerados por aire y convertidores en armario y 11.2.3 Datos de PFH y PFD para módulos de sistema por refrigeración líquida indican la probabilidad de que se produzca este fallo. Cualquier otro fallo interno relacionado con el STO provoca directamente una activación no solicitada de la función STO, o afecta solo a uno de los dos canales de STO redundantes.

9.3 Instalación y mantenimiento a gran altitud

Si el convertidor se utiliza a una gran altitud, deben tomarse medidas adicionales para garantizar la integridad del sistema de seguridad. Dado que el sistema de seguridad incluye controladores que se ven afectados por la radiación cósmica, debe tenerse en cuenta que el flujo de rayos cósmicos es más elevada a gran altitud. Cuanto mayor sea el flujo de rayos cósmicos, mayor será el riesgo de que la tasa de errores de software (SER) se vea afectada en los controladores.

Para mitigar este problema, el software del controlador del sistema de seguridad debe actualizarse en ciertos intervalos en función de la altitud de la instalación. La actualización del software reescribe la memoria de solo lectura (ROM) del sistema de seguridad. La memoria de acceso aleatorio (RAM) se reinicia cada vez que se enciende la unidad. Estas acciones restablecen cualquier fallo no detectado en la memoria que pudiera estar causado por rayos cósmicos.

Dado que la SER afecta a los valores PFD y PFH del convertidor, el rendimiento del sistema de seguridad se ve afectado por las grandes altitudes. Los valores de PFD y PFH se dan para diferentes altitudes y los valores dados asumen que el software del sistema de seguridad está actualizado de acuerdo con 11.2.2 Datos de PFH y PFD para módulos de sistema refrigerados por aire y convertidores en armario y 11.2.3 Datos de PFH y PFD para módulos de sistema por refrigeración líquida, y que todos los procedimientos de mantenimiento se siguen en consecuencia.

9.4 Sustitución del convertidor

Si un fallo interno provoca un defecto permanente, se debe sustituir el convertidor. Los módulos de sistema de seguridad no se pueden reparar.

Después de sustituir el convertidor averiado, debe ponerse en servicio. Consulte las guías específicas del producto para obtener detalles e instrucciones sobre la puesta en servicio del convertidor, y siga también los procedimientos descritos en el capítulo *Puesta en servicio*.

10 Resolución de problemas

10.1 LEDs de estado

Tabla 22: LEDs de estado

LED	Color	Estado	Significado
Preparado	Blanco	Apagado	Compruebe si: • El convertidor está apagado. • El convertidor no está preparado.
		Intermitente	El convertidor se pone en marcha.
		Estable	No hay fallos activos y el convertidor está listo para funcionar.
Aviso	Naranja	Apagado	No hay ningún aviso.
		Estable	El convertidor no está listo para funcionar. Compruebe si: • Configuración de seguridad necesaria. • STO activo o reconocimiento del STO necesario. • Fallo de I/O o reconocimiento de fallo de I/O necesario. • La respuesta del STO está configurada como fallo (con aplicación).
Fallo	Roja	Apagado	No hay fallos activos y el convertidor de frecuencia está listo para funcionar.
		Estable	El convertidor está en estado de fallo. La condición de fallo puede haberse activado por una de las siguientes razones: • Fallo de conexión de la unidad de potencia y de control • Errores de hardware o software en el convertidor

10.2 Ejemplos de la Función de STO y de la Salida de Feedback de STO

Tabla 23: Instancias de feedback del STO para sistemas con control modular

Estado	Estado de feedback[1]	Información adicional
Función estándar	No energizado	El motor está en marcha y no hay funciones de seguridad activas. El feedback de STO no está energizado.
Se ha logrado el estado de STO	Energizado	Se solicita la función STO y se alcanza el estado seguro. Se logra el estado de STO y se establece la conexión con todas las unidades de potencia. La salida de STO no está energizada.
Configuración necesaria	No energizado	Las entradas seguras deben tener una configuración validada para garantizar que todas las unidades de potencia hayan alcanzado un estado de entradas seguras. Las unidades de potencia conectadas forman parte de la configuración y, sin una configuración validada, la entrada segura no puede asumir si se ha establecido una conexión con todas las unidades de potencia.
Actualización del software	No energizado	Durante la actualización del software, el estado de la salida segura no es fiable. La salida de STO no está energizada.

Tabla 23: Instancias de feedback del STO para sistemas con control modular - (continuación)

Estado	Estado de feedback[1]	Información adicional
Bootloader y arranque	No energizado	El boatloader no se comunica y no conoce el estado de la salida de STO en las unidades de potencia. Al encenderse, la comunicación aún no se ha establecido y la tarjeta de entrada segura no conoce el estado de la salida segura de las unidades de potencia.
Fallo interno	No energizado	Indica un problema grave, por ejemplo, en el circuito de STO. No se puede suponer que las I/O de seguridad sepan que todas las salidas de STO estén sin tensión.
Fallo interno crítico	No energizado	Se activa cuando se produce un problema crítico interno, por ejemplo, un fallo de CPU o RAM. No se puede garantizar el funcionamiento y no se puede asumir que las salidas seguras puedan desconectarse.

*1) **Energizado**: STO_FB+ ⇨ STO_FB- circuito cerrado = paso de corriente = «0» lógico con configuración low side del driver. **No energizado**: STO_FB+ ⇨ STO_FB- circuito abierto = sin paso de corriente = «1» lógico con configuración low side del driver.*

10.3 Recuperación de fallos de funciones de seguridad

Un fallo en un circuito de seguridad puede provocar la activación del estado seguro o a prueba de fallos. La activación de la STO se determina mediante la lista de eventos de MyDrive® Insight y en el panel de control.

Con un estado a prueba de fallos, la función STO se activa y se muestra un código de fallo relevante. Realice un reset del fallo antes de llevar a cabo el funcionamiento normal.

1. Compruebe el motivo del evento en el registro de eventos de MyDrive® Insight.
2. Consulte 10.4 Lista de eventos para obtener instrucciones sobre cómo solucionar la causa del fallo.
3. Resetee el fallo.
   - Si el fallo está configurado para rearme directo: Al desactivar el botón de Paro de Emergencia, el motor se pone en funcionamiento, trabajando dentro del rango de velocidad original.
   - Si el convertidor sigue sin funcionar después de eliminar el fallo, compruebe el registro de eventos en MyDrive® Insight.
   - Si se requiere un reconocimiento seguro o no seguro, realice la confirmación a través de un canal configurado enviando una señal de reconocimiento a través de fieldbus, I/O digital o del panel de control.

     El reconocimiento se configura en los parámetros de seguridad.

Si un fallo en el sistema de seguridad o alguna de las funciones de seguridad impide la recuperación de fallos, póngase en contacto con un representante local de Danfoss. Proporcione el informe de puesta en servicio de la configuración de los parámetros de seguridad. Para obtener más información, consulte la documentación de MyDrive® Insight.

10.4 Lista de eventos

Tabla 24: Grupo 0x54FE

Número	Nombre	Motivo	Solución
4628	Función STO activada.	Se ha activado la desconexión segura de par.	Si el STO se activa involuntariamente, compruebe lo siguiente: • cableado de entrada • activación externa • Temporización de pulsos de prueba externos • parámetros de seguridad relevantes

Tabla 25: Grupo 0x61FF

Número	Nombre	Motivo	Solución
4608	Fallo interno	Se ha detectado un fallo interno en el sistema de seguridad.	Reinicie el sistema. Si el problema persiste, póngase en contacto con el servicio de atención al cliente de Danfoss.
4609	Fallo de IO detectado	Se ha detectado un fallo de IO en el sistema de seguridad. Consulte los detalles del evento para obtener más información.	Compruebe las conexiones del circuito de IO de seguridad. Si se utiliza un pulso de prueba externo, asegúrese de que la temporización esté dentro de las especificaciones. Consulte 3.3.5 Propiedades de la entrada de seguridad.
4611	SS1	Se ha activado el Paro Seguro 1, instancia 1.	Si SS1 se activa involuntariamente, compruebe lo siguiente: • cableado de entrada • activación externa • Temporización de pulsos de prueba externos • parámetros de seguridad relevantes
4612	SS1	Se ha activado el Paro Seguro 1, instancia 2.	Si SS1 se activa involuntariamente, compruebe lo siguiente: • cableado de entrada • activación externa • Temporización de pulsos de prueba externos • parámetros de seguridad relevantes
4613	Aviso detectado	Se ha detectado un fallo no crítico. Puede continuar funcionando.	Consulte los registros de eventos y los mensajes de la interfaz de usuario para obtener información adicional.

Tabla 25: Grupo 0x61FF - (continuación)

Número	Nombre	Motivo	Solución
4614	Reconocimiento de arranque necesario	Reconocimiento de arranque necesario.	Dependiendo de la configuración, el reconocimiento se puede realizar a través de: • Entrada segura • MyDrive® Insight • Interfaz de Fieldbus • Panel de control
4615	La configuración no coincide	El sistema de seguridad detectado difiere del sistema puesto en servicio.	El sistema de seguridad detectado difiere del sistema puesto en servicio. Si se reemplaza una unidad de potencia, vuelva a poner en servicio el sistema.
4616	No hay parámetros de seguridad válidos disponibles	Los parámetros de seguridad no son válidos o no están presentes en el dispositivo.	Compruebe la configuración de seguridad en MyDrive® Insight. Asegúrese de que todos los pasos de configuración se hayan verificado y validado correctamente. Es necesario volver a poner en servicio el módulo seguro.
4633	Actualización de software en el módulo de seguridad	La unidad de seguridad avanzada se encuentra en estado de actualización de software.	El dispositivo permanece en un estado seguro hasta que la actualización del software finaliza correctamente.
4634	Reset de fábrica	Acción de reset de fábrica activada por el usuario.	Después de realizar el reset de fábrica, se debe volver a establecer la configuración de seguridad.
4635	Configuración de seguridad modificada	Acción de parametrización de seguridad activada por el usuario.	Se ha modificado la configuración de seguridad. Asegúrese de que la configuración sea correcta antes de continuar. Los cambios importantes en la configuración de seguridad pueden requerir un reinicio del sistema.
4636	Reconocimiento de fallo de I/O requerido	Debido a la configuración, se necesita un reconocimiento de I/O.	Si están activadas, las funciones de seguridad pueden requerir una confirmación para continuar el funcionamiento después de que se haya resuelto un fallo de señal.
4637	Reconocimiento de STO necesario	Debido a la configuración, es necesaria la confirmación de STO.	Si están activadas, las funciones de seguridad pueden requerir un reconocimiento para continuar el funcionamiento después de que se haya eliminado una condición de STO.
4650	Fallo en las comprobaciones de dependencia de parámetros	Se ha producido un fallo en la comprobación de los parámetros de seguridad.	Asegúrese de que la configuración de seguridad sea válida. Los posibles errores pueden estar relacionados con: • asignación de las señales de entrada • asignación de las señales de salida • parámetros de temporización

Tabla 25: Grupo 0x61FF - (continuación)

Número	Nombre	Motivo	Solución
4651	Comprobación del rango de parámetros	El valor de un parámetro está fuera del rango permitido. El ID de la variable se proporciona como detalle.	Asegúrese de que el valor de la variable dada esté establecido dentro del rango permitido.
4652	Se ha producido un fallo en los pasos de parametrización	Error al intentar modificar los parámetros de seguridad.	Compruebe si hay información detallada en MyDrive® Insight. Asegúrese de que el cambio de parámetro de seguridad solicitado sea válido. Compruebe que el sistema de convertidores no tenga activas condiciones especiales no relacionadas, como la actualización de software o la puesta en servicio del convertidor. Intente reiniciar el sistema de convertidores. Si el problema persiste, póngase en contacto con el servicio de atención al cliente de Danfoss.
4730	Información	Información adicional de la unidad de seguridad avanzada. Consulte los detalles.	El módulo de seguridad ha generado una indicación que debe notificarse al usuario. Puede encontrar más información a través de los detalles del evento de MyDrive® Insight.

11 Especificaciones

11.1 Normativas y rendimiento de seguridad funcional

Todas las funciones de seguridad de los módulos de sistema iC7 cumplen con los requisitos de las normativas que aparecen indicadas en este capítulo.

Tabla 26: Normativas y rendimiento de seguridad funcional

Directiva o norma		Versión
Directivas de la Unión Europea	Directiva de máquinas (2006/42/CE)	EN ISO 13849-1:2015
		EN IEC 61800-5-2:2007
	Directiva EMC (2014/30/UE)	EN IEC 61800-3:2018 – segundo entorno
		EN IEC 61326-3-1:2017
	Directiva sobre baja tensión (2014/35/UE)	EN IEC 61800-5-1:2017
Normativas de seguridad	Seguridad de la maquinaria	EN ISO 13849-1:2023, IEC 60204-1:2018
	Seguridad funcional	IEC 61508-1:2010, IEC 61508-2:2010, EN IEC 61800-5-2:2017
Funciones de seguridad		EN IEC 61800-5-2:2017 Safe Torque Off (STO)
		IEC 60204-1:2018 Categoría de paro 0
Rendimiento de seguridad	**IEC 61508:2010**	
	Nivel de integridad de seguridad (Safety Integrity Level)	SIL 3
	Tolerancia a fallos del hardware (HFT)	1
	Clasificación de subsistemas	Tipo B
	Probabilidad media de fallos peligrosos bajo demanda (PFDavg)[(1)]	Consulte 11.2.2 Datos de PFH y PFD para módulos de sistema refrigerados por aire y convertidores en armario y 11.2.3 Datos de PFH y PFD para módulos de sistema por refrigeración líquida.
	Frecuencia media de fallos peligrosos por hora (1/h) (PFH)[(1)]	Consulte 11.2.2 Datos de PFH y PFD para módulos de sistema refrigerados por aire y convertidores en armario y 11.2.3 Datos de PFH y PFD para módulos de sistema por refrigeración líquida.
	Intervalo de prueba de evidencia (T1)	20 años
	Tiempo de misión (TM)	20 años
	ISO 13849-1:2023	
	Categoría	Cat 3
	Nivel de rendimiento (PL)	PLe
Tiempo de reacción	Tiempo de reacción frente a fallo (FRT)	< 200 ms
Tiempo de respuesta	Tiempo de respuesta (desde la entrada hasta el estado seguro)	< 100 ms

Tabla 26: Normativas y rendimiento de seguridad funcional - (continuación)

Directiva o norma		Versión
Diagnóstico	Intervalo de prueba diagnóstica (DTI)	60 s
Modo de funcionamiento		Demanda alta, demanda baja

1) Las pruebas de ensayo solo se pueden realizar en las Danfossinstalaciones cuando se ha reacondicionado el convertidor.

11.2 Datos técnicos

11.2.1 Entradas digitales, salidas y tensión auxiliar

Tabla 27: Entrada digital de 24 V para entrada segura para módulos de sistema (+BEF2)

Función	Datos
Tipo de entrada	Referenciada en un punto/flotante
Lógica	• **Activar en nivel bajo**: La función STO está activa debido a: ◆ Una solicitud externa ◆ Una vulneración de otra de las funciones de seguridad ◆ Un fallo detectado por diagnósticos internos • **Activar en nivel alto**: La función STO no está activa.
Nivel de tensión	0-24 V DC
Nivel de tensión, 0 lógico PNP	<5 V
Nivel de tensión, 1 lógico PNP	>11 V
Tensión máxima en la entrada en funcionamiento	30 V
Tensión máxima de la entrada en estado seguro	60 V
Intensidad de entrada	8 mA > I_c > 2 mA a 24 V
Resistencia de entrada equivalente	3 kΩ < Ri < 12 kΩ a 24 V
Aislamiento	Funcional
Protección contra polaridad inversa	Sí
Intensidad de entrada máxima en estado desactivado	<2 mA

Tabla 28: Salidas digitales de 24 V para feedback de STO

Función	Datos
Tipo de salida	Drenador/fuente
Tensión nominal	Colector abierto de 24 V DC / 60 V máximo
Intensidad nominal	50 mA
Aislamiento	Sí
Protección de sobrecarga	Sí
Protección contra polaridad inversa	Sí
Tensión de estado activada	>17,4 V
Corriente de fuga en estado desactivado	0,1 mA

Tabla 29: Tensiones auxiliares

Función		Datos
Salida de 24 V, seguridad funcional (X33)	Tensión de salida	24 V ±15 %
	Carga máxima	100 mA

11.2.2 Datos de PFH y PFD para módulos de sistema refrigerados por aire y convertidores en armario

Los valores de PFH y PFD varían en función del tipo de convertidor, el número de unidades de potencia en paralelo, la altitud de instalación y el intervalo de actualización del software. Los cálculos asumen que el convertidor de frecuencia se enciende y apaga al menos una vez al año. Si los valores proporcionados no son adecuados para la aplicación, póngase en contacto con Danfoss para obtener ayuda con los cálculos específicos de la altitud de instalación y el intervalo de actualización de software necesario.

Tabla 30: Valores de PHF y PFD para módulos de sistema refrigerados por aire y convertidores en armario

Datos	Altitud	Intervalo de actualización de software/reset de ROM (años)	Intervalo de reinicio del convertidor/reset de RAM (meses)	Unidades de potencia							
				1	2	3	4	5	6	7	8
PFD	Nivel del mar	20[1]	12	5.52E-05	8.92E-05	1.23E-04	1.57E-04	1.91E-04	2.25E-04	2.59E-04	2.93E-04
	1000 m (3280 ft)	20[1]	12	6.09E-05	9.80E-05	1.35E-04	1.72E-04	2.09E-04	2.46E-04	2.83E-04	3.21E-04
	2000 m (6560 ft)	20[1]	12	7.51E-05	1.20E-04	1.64E-04	2.09E-04	2.53E-04	2.98E-04	3.42E-04	3.87E-04
	3000 m (9840 ft)	15	12	7.91E-05	1.26E-04	1.72E-04	2.19E-04	2.66E-04	3.12E-04	3.59E-04	4.06E-04
	4000 m (13120 ft)	10	12	7.41E-05	1.18E-04	1.62E-04	2.06E-04	2.50E-04	2.94E-04	3.38E-04	3.82E-04
PFH	Nivel del mar	20[1]	12	1.49E-09	2.16E-09	2.83E-09	3.50E-09	4.17E-09	4.84E-09	5.51E-09	6.18E-09
	1000 m (3280 ft)	20[1]	12	1.61E-09	2.34E-09	3.08E-09	3.81E-09	4.55E-09	5.28E-09	6.01E-09	6.75E-09
	2000 m (6560 ft)	20[1]	12	1.91E-09	2.80E-09	3.69E-09	4.58E-09	5.47E-09	6.36E-09	7.26E-09	8.15E-09
	3000 m (9840 ft)	20[1]	12	2.38E-09	3.52E-09	4.66E-09	5.79E-09	6.93E-09	8.07E-09	9.20E-09	1.03E-08
	4000 m (13120 ft)	20[1]	12	3.02E-09	4.49E-09	5.97E-09	7.44E-09	8.91E-09	1.04E-08	1.19E-08	1.33E-08

1) No es necesaria ninguna actualización durante el tiempo medio de funcionamiento del convertidor.

11.2.3 Datos de PFH y PFD para módulos de sistema por refrigeración líquida

Los valores de PFH y PFD varían en función del tipo de convertidor, el número de unidades de potencia en paralelo, la altitud de instalación y el intervalo de actualización del software. Los cálculos asumen que el convertidor de frecuencia se enciende y apaga al menos una vez al año. Si los valores proporcionados no son adecuados para la aplicación, póngase en contacto con Danfoss para obtener ayuda con los cálculos específicos de la altitud de instalación y el intervalo de actualización de software necesario.

Tabla 31: Valores de PHF y PFD para módulos de sistema por refrigeración líquida

Datos	Altitud	Intervalo de actualización de software/reset de ROM (años)	Intervalo de reinicio del convertidor/reset de RAM (meses)	Unidades de potencia							
				1	2	3	4	5	6	7	8
PFD	Nivel del mar	20[1]	12	5,71E-05	1.00E-04	1.43E-04	1.86E-04	2.29E-04	2.72E-04	3.15E-04	3.58E-04
	1000 m (3280 ft)	20[1]	12	6.28E-05	1.09E-04	1.55E-04	2.01E-04	2.47E-04	2.93E-04	3.39E-04	3.85E-04
	2000 m (6560 ft)	20[1]	12	7.69E-05	1.30E-04	1.84E-04	2.38E-04	2.91E-04	3.45E-04	3.98E-04	4.52E-04
	3000 m (9840 ft)	15	12	8.10E-05	1.37E-04	1.92E-04	2.48E-04	3.03E-04	3.59E-04	4.15E-04	4.70E-04
	4000 m (13120 ft)	10	12	7.60E-05	1.29E-04	1.82E-04	2.35E-04	2.88E-04	3.41E-04	3.94E-04	4.47E-04
PFH	Nivel del mar	20[1]	12	1.57E-09	2.59E-09	3.61E-09	4.63E-09	5.65E-09	6.67E-09	7.69E-09	8.71E-09
	1000 m (3280 ft)	20[1]	12	1.69E-09	2.77E-09	3.86E-09	4.94E-09	6.03E-09	7.11E-09	8.20E-09	9.28E-09
	2000 m (6560 ft)	20[1]	12	1.99E-09	3.23E-09	4.47E-09	5.71E-09	6.96E-09	8.20E-09	9.44E-09	1.07E-08
	3000 m (9840 ft)	20[1]	12	2.46E-09	3.95E-09	5.44E-09	6.92E-09	8.41E-09	9.90E-09	1.14E-08	1.29E-08
	4000 m (13120 ft)	20[1]	12	3.10E-09	4.92E-09	6.75E-09	8.57E-09	1.04E-08	1.22E-08	1.40E-08	1.59E-08

1) No es necesaria ninguna actualización durante el tiempo medio de funcionamiento del convertidor.

11.3 Condiciones de funcionamiento

Tabla 32: Condiciones de funcionamiento para la seguridad funcional

Función	Datos
Temperatura de funcionamiento	Según las especificaciones del convertidor de frecuencia.
Temperatura de almacenamiento	De -40 °C a +80 °C (de -40 °F a +176 °F)
Humedad atmosférica	Según las especificaciones del convertidor de frecuencia (sin condensación).

Tabla 32: Condiciones de funcionamiento para la seguridad funcional - (continuación)

Función	Datos
Altitud de funcionamiento	Según las especificaciones del convertidor de frecuencia.
Condiciones ambientales	El producto debe instalarse en un entorno que cumpla la norma EN IEC 61800-5-1:2017 PD2 - sin condensación. Para entornos de condensación PD2, el producto debe instalarse en un armario IP54/ NEMA 12 según la norma EN IEC 60529 AMD 2:2013 o similar.

11.4 Especificaciones de los cables

Tabla 33: Tamaño de los cables para los conectores X31, X32

Tipo de cable	Sección transversal [mm^2 (AWG)]	Longitud de desforrado [mm (in)]
Sólido	0,5-1,5 (24-16)	10 (0,4)
Flexibles	0,5-1,5 (24-16)	10 (0,4)
Flexible con casquillo sin manguito de plástico	0,5-1,5 (24-16)	10 (0,4)
Flexible con casquillo con manguito de plástico	0,5 (24)	10 (0,4)

Danfoss Drives Oy
Runsorintie 7
FIN-65380 Vaasa
drives.danfoss.com

172K2965B
AQ477043679710es-000203

1 7 2 Z 2 6 0 9